

Razón y Revolución

Filosofía marxista y ciencia moderna

Alan Woods y Ted Grant

En memoria de Hannes Alfvén

Prefacio de los autores

Primera parte: Razón y sinrazón

1.- Introducción

Introducción

Retraso en la conciencia

La razón se vuelve sinrazón

La ciencia y la crisis de la sociedad

3.-Materialismo dialéctico

¿Qué es la dialéctica?

"Todo fluye"

Cantidad y calidad

La tabla periódica de Mendeleyev

Transiciones de fase

El todo y las partes

Orgánico e inorgánico

El proceso molecular de la revolución

Unidad y lucha de contrarios

Positivo y negativo

Fisión nuclear

¿Polos opuestos?

Negación de la negación

La dialéctica de El capital

2.- Filosofía y Religión

¿Necesitamos una filosofía?

El papel de la religión

La división del trabajo

Materialismo e idealismo

4.-La lógica formal y la dialéctica

La lógica formal y la dialéctica

¿Qué es un silogismo?

¿La lógica enseña a pensar?

Los límites de la ley de la identidad

La lógica y el mundo subatómico

Lógica moderna

Segunda parte: Tiempo, espacio y movimiento

5.- Revolución en la física

Revolución en la física

¿Ondas o partículas?

Mecánica cuántica

¿Desaparición de la materia?

¿"Ladrillos de la materia"?

6.- Indeterminación e idealismo

El principio de incertidumbre

Objetivismo versus subjetivismo

Causalidad y casualidad

Mecanicismo

El siglo XIX

¿Es posible la predicción?

Hegel: sobre la necesidad y el accidente

Determinismo y caos

Marxismo y libertad

8.- La flecha del tiempo

La segunda ley de la termodinámica

Orden en el caos

7.- La teoría de la relatividad

¿Qué es el tiempo?

Tiempo y filosofía

Newton y Hegel

Relatividad

La teoría de la relatividad general

Relaciones entre cosas

La medición del tiempo

Problema no resuelto

Interpretaciones idealistas

Mach y el positivismo

Boltzmann y el tiempo

Relatividad y agujeros negros

9.- El big bang

Cosmología

El efecto Doppler

Cómo evolucionó la teoría

La teoría de la "inflación"

¿Materia oscura?

¡El neutrino al rescate!

Problemas con la constante de Hubble

El gran crujido y el supercerebro

¿Un universo de plasma?

Einstein y el big bang

Estrellas de neutrones

Stephen Hawking

¿Existen las singularidades?

Una abstracción vacía

Pensamiento en el vacío

Los orígenes del sistema solar

Tercera parte: Vida, mente y materia

10.- La dialéctica de la geología

La dialéctica de la geología

La teoría de Wegener

¿Qué es la tectónica de placas?

Terremotos génesis de las montañas

Procesos subterráneos

11.- Como surgió la vida

Oparin y Engels

¿Como surgió la vida?

El nacimiento revolucionario de la vida

Formas de vida primitivas

Fotosíntesis y reproducción sexual

12.- El nacimiento revolucionario del hombre

La época de los dinosaurios --el Mesozoico (hace 150-65 millones de años)

¿Por qué desaparecieron los dinosaurios?

El terrorista cósmico --o cómo no formular una hipótesis

El nacimiento revolucionario del hombre

El papel de la fabricación de herramientas

Organización social

Hipótesis sobre el desarrollo humano

Engels y los orígenes del hombre

¿Pueden los simios hacer herramientas?

Los humanos y el lenguaje

14.- Marxismo y darwinismo

El gradualismo de Darwin

Falta de progreso

Marxismo y darwinismo

Darwin y Malthus

"Darwinismo social"

La explosión cámbrica

Plantas y animales

Extinciones masivas

13.- La génesis de la mente

El puzzle del cerebro

La mente -- ¿una máquina?

¿Qué es el cerebro?

La evolución del cerebro

La importancia del habla

Lenguaje y pensamiento del niño

Ojo, mano y cerebro

Vygotsky y Piaget

El surgimiento del lenguaje

Socialización del pensamiento

15.- ¿El gen egoísta?

Genética

Genes y entorno

"Inteligencia" y genes

Los tests de inteligencia

Eugenesia

Crimen y genética

Racismo y genética

El gen egoísta

El futuro de la genética

Cuarta parte: Orden en el caos

16.- Las matemáticas en la encrucijada

¿Reflejan la realidad las matemáticas?

Contradicciones en matemáticas

¿Existe el infinito?

El cálculo

Crisis en las matemáticas

Caos y complejidad

Los fractales de Mandelbrot

Cantidad y calidad

18.- La teoría del conocimiento

La teoría del conocimiento

¿Qué es el método científico?

Los límites del empirismo

Prejuicio contra la dialéctica

Caricatura estalinista

17.- La teoría del caos

La teoría del caos

División del trabajo

Caos y dialéctica

19.- Alienación y el futuro de la humanidad

El capitalismo, en un callejón sin salida

Siguen las contradicciones

El flagelo del desempleo

Alienación

Marx y la alienación

Moralidad

Posibilidades sin límite

¿Regreso al futuro?

Socialismo y estética

"Pensadores" y "hacedores"

Humanidad y universo

En memoria de Hannes Alfvén

Poco antes de terminar este libro nos llegó la triste noticia de la muerte del físico sueco y ganador del premio Nobel Hannes Alfvén. Además de sus importantes descubrimientos en el terreno de la física del plasma y de la cosmología, Alfvén libró una lucha incansable contra las tendencias idealistas y místicas de la ciencia. Publicamos a continuación un breve homenaje escrito por el físico estadounidense e investigador independiente Eric J. Lerner, autor de *The Big Bang Never Happened* (El Big Bang nunca sucedió):

Hannes Alfvén era una de las mentes destacadas del siglo XX y un día será considerado, junto con Einstein, como alguien que transformó nuestro modo de ver el universo. Es un gran privilegio haberle conocido.

Alfvén fue el fundador de la moderna física del plasma, que estudia los gases conductores de electricidad. El plasma es la forma dominante de la materia en el universo, aunque es bastante inusual en la tierra —las estrellas, las galaxias y el espacio entre ellas están llenas de plasma—. Los plasmas tienen una vasta aplicación en la tecnología, siendo la más apasionante su uso potencial en la fusión termonuclear controlada, una fuente potencial de energía limpia, barata e ilimitada. Las ideas y las investigaciones de Alfvén en este terreno se suelen utilizar de una forma rutinaria en las múltiples aplicaciones de la física del plasma, como indica la multiplicidad de conceptos que llevan su nombre —onda Alfvén, velocidad Alfvén, límite Alfvén, etc.

Sin embargo, la aportación más significativa de Alfvén a la ciencia es su reformulación audaz de la cosmología, su crítica del big bang, y su planteamiento de una alternativa, el universo del plasma, un universo en evolución sin principio ni fin.

Para Alfvén, la diferencia fundamental entre su punto de vista y el de los cosmólogos del big bang era metodológica: "Cuando los hombres empiezan a pensar acerca del universo, siempre existe un conflicto entre el enfoque mítico y el empírico-científico", explicó. "En la mitología uno intenta deducir cómo los dioses habrán tenido que crear el mundo, qué principio perfecto habrán tenido que usar". Esto, dijo, es el método de la cosmología convencional de hoy: empezar con una teoría matemática, deducir de dicha teoría cómo el universo tiene que haber empezado y seguir adelante desde el comienzo hasta el cosmos actual. El big bang

es un fracaso científico porque intenta derivar el universo actual desde un estado perfecto hipotético en el pasado. Todas las contradicciones con la observación se derivan de este fallo fundamental.

El otro método es el que empleó Alfvén. "Yo siempre he creído que la astrofísica debiera ser la extrapolación de la física de laboratorio, que hemos de empezar con el actual universo y volver hacia atrás a épocas cada vez más remotas e inciertas". Este método empieza con la observación —la observación en el laboratorio, desde naves espaciales, la observación del universo en su conjunto, derivando teorías de aquellas observaciones, y no de la teoría y de las matemáticas puras.

Según Alfvén, la evolución del universo en el pasado tiene que ser explicable en términos de los procesos que tienen lugar hoy en él; los acontecimientos que se dan en las profundidades del espacio pueden ser explicados en términos de fenómenos que estudiamos en laboratorios terrestres. Semejante enfoque descarta conceptos como el origen del universo desde la nada, el inicio del tiempo o el big bang. Puesto que no se ve en ninguna parte nada que nazca de la nada, no tenemos ninguna razón para pensar que esto haya ocurrido en un pasado distante. Por el contrario, la cosmología del plasma parte de la base de que el universo, ya que ahora lo vemos en un proceso continuo de evolución, siempre ha existido, siempre ha evolucionado y siempre existirá y evolucionará durante un tiempo infinito.

Alfvén desarrolló una amplísima crítica de la cosmología moderna desde este enfoque metodológico, situándola en un contexto histórico que solía llamar el "péndulo cosmológico": la idea de que a lo largo de milenios la cosmología ha alternado entre una visión científica y otra mitológica. Los mitos de los pueblos primitivos fueron sustituidos por los esfuerzos científicos de los jónicos de la Grecia antigua, pero después el péndulo volvió a girar hacia el mito de la perfección matemática de Ptolomeo y Platón, mezclada posteriormente con la mitología creacionista de los cristianos. Esta, a su vez, retrocedió ante el resurgimiento de la ciencia en el siglo XVI. En el siglo XX hemos presenciado un nuevo rebrote de la mitología y la batalla por una cosmología científica sigue hasta el momento actual.

Alfvén vio la fascinación de los actuales cosmólogos por la perfección matemática como la raíz de su enfoque mitológico. "La diferencia entre la mitología y la ciencia es la diferencia entre la inspiración divina de la 'razón sin más', por un lado, y las teorías desarrolladas mediante la observación del mundo real, por el otro. [Es] la diferencia entre la creencia en profetas y el pensamiento crítico, entre Credo quia absurdum (Creo porque es absurdo —Tertulio) y De omnibus est dubitandum (Hay que cuestionarlo todo —Descartes). Pretender escribir un gran drama cósmico necesariamente conduce a la mitología. Pretender que el conocimiento sustituya a la ignorancia en regiones cada vez más extensas del espacio y del tiempo, esto es ciencia".

Puesto que la aplastante mayoría del universo está compuesta de plasma, Alfvén dedujo que los fenómenos del plasma, los fenómenos de la electricidad y del magnetismo, y no sólo la gravedad, tienen que ser determinantes para la evolución del universo. Demostró con teorías concretas cómo vastas corrientes y campos magnéticos formaron el sistema solar y las galaxias. En la medida en que los telescopios a bordo de naves espaciales y sensores revelaron este universo de plasma, las ideas de las que Alfvén era pionero ganaron cada vez mayor aceptación. No obstante, hasta el día de hoy, sus conceptos cosmológicos más amplios siguen siendo los de una minoría controvertida. Sin embargo, su idea de un universo infinito en estado de evolución es la única que corresponde a lo que sabemos de la evolución a nivel físico, biológico y social.

Alfvén era un científico políticamente comprometido, muy activo en el movimiento internacional por el desarme y en el terreno de la política energética, lo cual, a menudo, igual que con su trabajo científico, le atrajo las iras de los poderes fácticos. Por ejemplo, a mediados de la década de 1960, Suecia empezó a considerar una política nacional para la investigación y desarrollo de energía nuclear, una cuestión sobre la cual Alfvén, destacado investigador en el campo de la ciencia espacial y la fusión nuclear, se consideraba bastante cualificado para opinar. Acto seguido se vio involucrado en un debate cada vez más acalorado con el gobierno. Le parecía que el plan sueco había infravalorado totalmente la aportación potencial de la fusión nuclear a la solución del problema energético y no había dedicado suficientes fondos a las investigaciones que requería. Se mostró igualmente crítico con los planes específicos para el establecimiento de una central nuclear, que él ridiculizaba como técnicamente inviables y equivocados. Se enfrentó a la burocracia local, la cual no suavizó su hostilidad hacia él cuando su crítica a la central bajo el punto de vista técnico resultó estar bien fundada. (Más tarde fue convertida en una central convencional.)

Las relaciones entre Alfvén y el gobierno alcanzaron su punto más bajo en 1966, cuando publicó una sátira científico-política breve pero hiriente llamada El gran ordenador. El argumento de la obra, escrita con el seudónimo de Olaf Johannesson, era la conquista del planeta por ordenadores. La idea general era popular entre escritores de ciencia ficción, pero Alfvén la utilizó como un vehículo no sólo para ridiculizar la obsesión creciente del gobierno y de los hombres de negocios por el poder del ordenador, sino también para castigar a una gran parte del establishment sueco. En la novela, Alfvén deja claro que fue la avaricia de los monopolios, la miopía de los burócratas gubernamentales y las ambiciones de los políticos, lo que condujo al futuro que irónicamente describe como una utopía... para los ordenadores. En la Suecia moderna, un estado dirigido por una alianza de burócratas gubernamentales, políticos y monopolistas, la sátira de Alfvén no gustó a aquellos sectores ya irritados por su aguda crítica a la política nuclear.

Ya en 1967, las relaciones de Alfvén con el establishment científico sueco habían sufrido tal deterioro, en especial sobre la cuestión nuclear, que decidió abandonar el país. "Me dijeron que cortarían radicalmente mi subvención si no apoyaba la central nuclear", recordaba. Pronto le ofrecieron cátedras en universidades, tanto en la Unión Soviética como en Estados Unidos. Tras una estancia de dos meses en la URSS, se trasladó a Norte América donde terminó en la Universidad de California en San Diego. Al final, alternó su tiempo entre Suecia y los EE.UU., permaneciendo científicamente activo hasta poco antes de su muerte, en abril de 1995.

Se admitió que Alfvén fue uno de los fundadores de la física del plasma cuando se le concedió el premio Nobel de física en 1970. Sin embargo, sus aportaciones más importantes a la cosmología y a la visión humana de nuestro universo aún no han recibido el

reconocimiento que se merecen, por estar todavía en conflicto con la ortodoxia dominante del big bang y del enfoque matemático-mitológico de la cosmología. No obstante, en su momento, Alfvén será visto como el Galileo del fin del siglo XX.

Eric J. Lerner,
Lawrenceville, New Jersey, 8 de mayo 1995

Prefacio de los autores

"Un fantasma recorre Europa". (El manifiesto comunista)

Mark Twain dijo alguna vez en broma que los rumores de su muerte habían sido exagerados. Resulta llamativa la circunstancia de que todos los años durante el último siglo y medio, el marxismo ha sido declarado difunto. No obstante, por alguna razón inexplicable, mantiene una obstinada vitalidad, cuya mejor prueba es el hecho de que los ataques contra él no sólo continúan sino que tienden a recrudecerse tanto en frecuencia como en acritud. Si es verdad que el marxismo es tan irrelevante, ¿por qué molestarse siquiera en mencionarlo? La realidad es que los detractores del marxismo todavía se sienten perseguidos por el mismo viejo fantasma. Sienten el malestar propio de aquel que es consciente de que el sistema social que defiende se encuentra en grandes dificultades y sumido en contradicciones insuperables; de que el colapso de una caricatura totalitaria de socialismo no es el final del asunto.

Desde la caída del muro de Berlín ha habido una ofensiva ideológica contra el marxismo y las ideas del socialismo en general. Francis Fukuyama llegó a proclamar el "fin de la historia". Sin embargo, la historia continúa y se vuelve cada vez más conflictiva. El monstruoso régimen estalinista en Rusia ha sido sustituido por una monstruosidad todavía mayor. La auténtica significación de la "libre empresa" en la ex Unión Soviética ha sido la de un colapso espantoso de las fuerzas productivas, la ciencia y la cultura a una escala que tan sólo se puede comparar con una derrota bélica catastrófica.

A pesar de todo esto —o, quizá, debido a ello—, los admiradores de las supuestas virtudes del capitalismo están dedicando grandes recursos a afirmar que el colapso del estalinismo demuestra la inviabilidad del socialismo. Se dice que la totalidad de las ideas elaboradas por Marx y Engels, y desarrolladas posteriormente por Lenin, Trotsky y Rosa Luxemburgo, está totalmente desacreditada. Sin embargo, un análisis más riguroso revela una crisis de la mal llamada economía de libre empresa, que, tan sólo en los países industrializados, condena a 22 millones de seres humanos a una vida de inactividad forzada, derrochando el potencial creativo de toda una generación. La sociedad occidental se encuentra en un callejón sin salida, no sólo económica, política y socialmente, sino también en el terreno de la moralidad y la cultura. La caída del estalinismo, que fue anticipada por los marxistas hace décadas, no puede disfrazar el hecho de que, en la última década del siglo XX, el sistema capitalista se encuentra en una crisis profunda a escala mundial. Los estrategas del capital miran hacia el futuro con un profundo desasosiego. Los más honestos se hacen una pregunta que no se atreven a contestar: ¿No tenía Marx razón después de todo?

Independientemente de si uno acepta o rechaza las ideas del marxismo, es imposible negar el impacto colosal que han tenido. Desde la aparición del Manifiesto comunista hasta el día de hoy, el marxismo ha sido un factor decisivo, no sólo en la palestra política, sino también en el desarrollo del pensamiento humano. No obstante, los que lucharon en su contra, se vieron obligados a tomarlo como punto de partida. A pesar de la situación actual, es un hecho indiscutible que la Revolución Rusa cambió todo el curso de la historia mundial. Por lo tanto, un conocimiento riguroso de las teorías del marxismo es una condición necesaria para cualquiera que desee comprender alguno de los fenómenos fundamentales de nuestra época.

El papel de Engels

Agosto de 1995 marca el centenario de la muerte de Federico Engels, el hombre que, junto a Carlos Marx, desarrolló una forma totalmente nueva de observar la naturaleza, la sociedad y el desarrollo humano. El papel jugado por Engels en el desarrollo del pensamiento marxista es un tema al que no se le ha hecho justicia. Esto se debe, en parte, al monumental genio de Marx, que, inevitablemente, ensombrece la contribución hecha por su amigo y compañero de toda la vida. Y, en parte, emana de la humildad innata de Engels, que siempre quitó importancia a su propia contribución y prefirió resaltar la preeminencia de Marx. Engels dio instrucciones para que a su muerte su cuerpo fuera incinerado y sus cenizas arrojadas al mar en Beachy Head en el sur de Inglaterra. No quería ningún monumento. Al igual que Marx, detestaba cualquier cosa que se asemejase remotamente a un culto a la personalidad. El único monumento que querían dejar tras de sí era el imponente conjunto de las ideas, las cuales constituyen una base ideológica completa para la lucha por la transformación socialista de la sociedad.

Muchos no se dan cuenta de que el marxismo se extiende bastante más allá de la política y la economía. La filosofía del materialismo dialéctico es la columna vertebral del marxismo. Marx tenía la intención de escribir una obra a fondo sobre el tema, pero, desgraciadamente, la tarea colosal de escribir *El capital* se lo impidió. Si excluimos sus obras tempranas, como *La sagrada familia* y *La ideología alemana*, intentos importantes, aunque preparatorios, de desarrollar una nueva filosofía, y los tres volúmenes de *El capital*, que son un ejemplo clásico de la aplicación concreta del método dialéctico a la esfera particular de la economía, entonces las obras principales de la filosofía marxista fueron todas obra de Engels. Quien quiera entender el materialismo dialéctico debe empezar con un conocimiento a fondo de *Anti-Dühring*, *Dialéctica de la naturaleza* y *Ludwig Feuerbach*.

¿Hasta qué punto los escritos filosóficos de este hombre que murió hace un siglo han superado la prueba del tiempo? Ese es el punto de partida de esta obra. Engels definió la dialéctica como "las leyes del movimiento más generales de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento humano". En la *Dialéctica de la naturaleza* en particular, Engels se basó en un estudio cuidadoso del conocimiento científico más avanzado de su tiempo, para demostrar que "en última instancia, el funcionamiento de la naturaleza

es dialéctico". Y esta es la tesis fundamental del presente trabajo: que los descubrimientos más importantes de la ciencia del siglo XX suministran una impresionante confirmación de esto.

No sorprenden tanto los ataques contra el marxismo, como la ignorancia total que de éste ostentan sus detractores. Mientras que a nadie se le ocurriría ejercer de mecánico de coches sin estudiar mecánica, todo el mundo se siente libre para expresar una opinión sobre el marxismo sin el menor conocimiento del mismo. La presente obra es un intento de explicar las ideas básicas de la filosofía marxista y mostrar la relación entre ésta y la posición de la ciencia y la filosofía en el mundo moderno. La intención de los autores es escribir una trilogía que cubra los tres componentes principales del marxismo: 1) filosofía marxista (materialismo dialéctico), 2) la teoría marxista de la historia y la sociedad (materialismo histórico) y 3) economía marxista (la teoría del valor del trabajo).

Nuestra idea original fue la de incluir una sección sobre la historia de la filosofía, pero, en vista de la extensión de esta obra, hemos decidido publicar aquella por separado. Empezamos con una reseña de la filosofía del marxismo, el materialismo dialéctico. Esto es fundamental porque es el método del marxismo. El materialismo histórico es la aplicación de este método al estudio del desarrollo de la sociedad humana; la teoría del valor del trabajo es el resultado de la aplicación del mismo método a la economía. Un entendimiento del marxismo es imposible sin una comprensión del materialismo dialéctico.

La prueba última de la dialéctica es la naturaleza misma. El estudio de la ciencia ocupó la atención de Marx y Engels toda su vida. Engels intentó escribir una obra exhaustiva, esbozando en detalle la relación entre el materialismo dialéctico y la ciencia, pero no le fue posible debido a la fuerte carga de trabajo que le supusieron los volúmenes segundo y tercero de El capital, que quedaron sin terminar a la muerte de Marx. Sus manuscritos incompletos de la Dialéctica de la naturaleza tan sólo vieron la luz en 1925. A pesar de su estado inacabado, constituyen una fuente muy importante para el estudio de la filosofía marxista y proporcionan ejemplos brillantes de la aplicación de la dialéctica a los problemas centrales de la ciencia.

Uno de los problemas con que nos hemos enfrentado al escribir esta obra es el hecho de que la mayoría de la gente sólo tiene un conocimiento de segunda mano de los escritos básicos del marxismo. Esto es una pena ya que la única manera de entender el marxismo es leyendo las obras de Marx, Engels, Lenin y Trotsky. La gran mayoría de los escritos que pretenden explicar "lo que significa Marx" carecen de todo valor. Así, pues, hemos decidido incluir un gran número de citas extensas, particularmente de Engels, en parte, para dar al lector un acceso directo a esas ideas sin ninguna "traducción" y, en parte, con la esperanza de que le estimulará a leer los originales él mismo. Este método, que no facilita la lectura del libro, es, en nuestra opinión, necesario. De la misma manera, nos hemos sentido obligados a reproducir algunas citas largas de autores con los que estamos en desacuerdo, basándonos en el principio de que siempre es mejor permitir a nuestros oponentes que hablen por ellos mismos.

Londres, 1 mayo 1995

Primera parte: Razón y sinrazón

1. Introducción

Vivimos en un período de profundo cambio histórico. Después de cuatro décadas de crecimiento económico sin precedentes, la economía de mercado está alcanzando sus límites. En su amanecer, el capitalismo, a pesar de sus crímenes bárbaros, revolucionó las fuerzas productivas estableciendo así las bases para un nuevo sistema de sociedad. La Primera Guerra Mundial y la Revolución Rusa marcaron un cambio decisivo en el papel histórico del capitalismo. Pasó de ser un medio de desarrollo de las fuerzas productivas a un freno gigantesco del desarrollo económico y social. El período de auge en Occidente entre 1948 y 1973 parecía prometer un nuevo amanecer. Incluso así, sólo se beneficiaron un puñado de países capitalistas desarrollados. Para los dos tercios de la humanidad, que viven en el Tercer Mundo, el panorama era un cuadro de desempleo masivo, pobreza, guerras y explotación en una escala sin precedentes. Este período del capitalismo finalizó con la llamada "crisis del petróleo" de 1973-74. Desde entonces, no han conseguido volver al nivel de crecimiento y empleo que habían logrado en el período de posguerra.

Un sistema social en estado de declive irreversible se expresa en decadencia cultural. Esto se refleja de diversas formas. Se está extendiendo un ambiente general de ansiedad y pesimismo de cara al futuro, especialmente entre la intelligentsia. Aquellos que ayer hablaban llenos de confianza sobre la inevitabilidad de la evolución y el progreso humanos, ahora sólo ven oscuridad e incertidumbre. El siglo XX se acerca a su final habiendo sido testigo de dos guerras mundiales terribles, del colapso económico y de la pesadilla del fascismo en el período de entreguerras. Esto ya supuso una seria advertencia de que la fase progresista del capitalismo había terminado.

La crisis del capitalismo impregna todos los niveles de la vida. No es simplemente un fenómeno económico. Se refleja en la especulación y la corrupción, la drogadicción, la violencia, el egoísmo generalizado y la indiferencia al sufrimiento de otros, la desintegración de la familia burguesa, la crisis de la moralidad, la cultura y la filosofía burguesas. ¿Cómo podría ser de otra manera? Uno de los síntomas de un sistema social en crisis es que la clase dominante intuye cada vez más que es un freno al desarrollo de la sociedad.

Marx señaló que las ideas dominantes de una sociedad son las ideas de la clase dominante. La burguesía, en su época de esplendor, no sólo jugó un papel progresista haciendo avanzar las fronteras de la civilización, sino que era plenamente consciente de ese hecho. Ahora, los estrategas del capital están saturados de pesimismo. Son los representantes de un sistema históricamente condenado, pero no pueden reconciliarse con esa situación. Esta

contradicción central es el factor decisivo que pone su sello sobre la forma de pensar de hoy de la burguesía. Lenin dijo en una ocasión que un hombre al borde de un precipicio no razona.

Retraso de la conciencia

Contrariamente a los prejuicios del idealismo filosófico, la conciencia humana en general es extraordinariamente conservadora y siempre tiende a ir por detrás del desarrollo de la sociedad, la tecnología y las fuerzas productivas. El hábito, la rutina y la tradición, como decía Marx, pesan como una losa sobre las mentes de los hombres y las mujeres, quienes, en períodos históricos "normales" y por instinto de conservación, se agarran con obstinación a los senderos bien conocidos, cuyas raíces se hallan en un pasado remoto de la especie humana. Sólo en períodos excepcionales de la historia, cuando el orden social y moral empieza a resquebrajarse bajo el impacto de presiones intolerables, la mayoría de la gente comienza a cuestionar el mundo en que ha nacido y a dudar de las creencias y los prejuicios de toda la vida.

Así fue la época del nacimiento del capitalismo, anunciado en Europa por un gran despertar cultural y la regeneración espiritual, tras una larga hibernación bajo el feudalismo. En el período de su ascenso histórico, la burguesía desempeñó un papel altamente progresista, no sólo en el desarrollo de las fuerzas productivas, que sirvió para aumentar enormemente el poderío del hombre sobre la naturaleza, sino también en la potenciación de la ciencia, la cultura y el conocimiento humano en general. Lutero, Michelangelo, Leonardo, Durero, Bacon, Kepler, Galileo y un sinnúmero de pioneros de la civilización brillan como una galaxia que ilumina el avance de la cultura humana y la ciencia, fruto de la Reforma y del Renacimiento. Sin embargo, períodos revolucionarios como éste no nacen sin traumas —la lucha de lo nuevo contra lo viejo, de lo vivo contra lo muerto, del futuro contra el pasado—.

El ascenso de la burguesía en Italia, Holanda y más tarde en Francia fue acompañado por un florecimiento extraordinario de la cultura, el arte y la ciencia. Habría que volver la mirada hacia la Atenas clásica para encontrar un precedente. Sobre todo en aquellas tierras donde la revolución burguesa triunfó en los siglos XVII y XVIII, el desarrollo de las fuerzas productivas y la tecnología se vio acompañado por un desarrollo paralelo de la ciencia y del pensamiento que minó de una forma decisiva el dominio ideológico de la Iglesia.

En Francia, el país clásico de la revolución burguesa en su expresión política, la burguesía llevó a cabo su revolución en 1789-93, bajo la bandera de la Razón. Mucho antes de derribar las formidables murallas de la Bastilla, era menester destruir las murallas invisibles pero no menos formidables de la superstición religiosa en las mentes de los hombres y las mujeres. En su juventud revolucionaria la burguesía francesa era racionalista y atea. Sólo después de haberse instalado en el poder aquellos que ostentaban la propiedad, al verse enfrentados con una nueva clase revolucionaria, se apresuraron a tirar por la borda el bagaje ideológico de su juventud.

No hace mucho, Francia celebró el bicentenario de su gran revolución. Resultó curioso ver cómo incluso la memoria de una revolución que tuvo lugar hace dos siglos provoca un hondo malestar en las filas del establishment. La actitud de la clase dominante gala hacia su propia revolución se parece a la de un viejo libertino que pretende ganar un pase a la respetabilidad —y quizá la entrada al reino de los cielos—, arrepintiéndose de los pecados de su juventud que ya no está en condiciones de repetir. Al igual que toda clase privilegiada establecida, la burguesía intenta justificar su existencia no sólo ante la sociedad sino ante sí misma. La búsqueda de puntos de apoyo ideológicos que le sirvieran para justificar el statu quo y santificar las relaciones sociales existentes, le llevó rápidamente a redescubrir los encantos de la Santa Madre Iglesia, particularmente después del terror mortal que experimentó en tiempos de la Comuna de París. La iglesia del Sacré Coeur de París es una expresión concreta del miedo de la burguesía a la revolución, traducido al lenguaje del filisteísmo arquitectónico.

Marx (1818-83) y Engels (1820-95) explicaron que la fuerza motriz fundamental de todo progreso humano reside en el desarrollo de las fuerzas productivas —la industria, la agricultura, la ciencia y la tecnología—. Esta es una generalización teórica verdaderamente profunda, sin la cual una comprensión del desarrollo de la historia humana en general resulta imposible. No obstante, esto no significa, como han intentado demostrar los detractores deshonestos o ignorantes del marxismo, que Marx "reduce todo a lo económico". El materialismo dialéctico e histórico tienen en cuenta plenamente fenómenos como la religión, el arte, la ciencia, la moralidad, las leyes, la política, la tradición, las características nacionales y todas las múltiples manifestaciones de la conciencia humana. Pero no sólo eso. También demuestra su contenido real y la forma en que se relaciona con el auténtico desarrollo social, que, en última instancia, depende claramente de su capacidad de reproducir y mejorar las condiciones materiales para su existencia. Sobre este tema, Engels escribe lo siguiente:

"Según la concepción materialista de la historia, el elemento determinante de la historia es en última instancia la producción y la reproducción en la vida real. Ni Marx ni yo hemos afirmado nunca más que esto; por consiguiente, si alguien lo tergiversa transformándolo en la afirmación de que el elemento económico es el único determinante, lo transforma en una frase sin sentido, abstracta y absurda. La situación económica es la base, pero las diversas partes de la superestructura —las formas políticas de la lucha de clases y sus consecuencias, las constituciones establecidas por la clase victoriosa después de ganar la batalla, etc.—, las formas jurídicas —y, en consecuencia, inclusive los reflejos de todas esas luchas reales en los cerebros de los combatientes: teorías políticas, jurídicas, ideas religiosas y su desarrollo ulterior hasta convertirse en sistemas de dogmas— también ejercen su influencia sobre el curso de las luchas históricas y en muchos casos preponderan en la determinación de su forma".¹

La afirmación del materialismo histórico de que la conciencia humana en general tiende a ir por detrás del desarrollo de las fuerzas productivas, a algunos le parecerá una paradoja. Sin embargo, encuentra una expresión gráfica en los Estados Unidos, el país donde los avances de la ciencia han alcanzado su más alto grado. El avance continuo de la tecnología es una condición previa para el establecimiento de la verdadera emancipación de los hombres y las mujeres, mediante la implantación de un sistema socioeconómico racional en el que los seres humanos ejerzan un control consciente sobre su vida y su entorno. Aquí, el contraste entre el desarrollo vertiginoso de la ciencia y la tecnología y el extraordinario atraso del pensamiento humano se manifiesta de la manera más llamativa.

En los EE.UU. nueve de cada diez personas creen en la existencia de un ser supremo y siete de cada diez, en una vida después de la muerte. Cuando al primer astronauta americano que logró circunnavegar la tierra en una nave espacial se le invitó a dar un mensaje a los habitantes de la Tierra hizo una elección significativa. De toda la literatura mundial eligió la primera frase del libro del Génesis: "En el principio creó Dios los cielos y la tierra". Este hombre, sentado en una nave espacial producto de la tecnología más avanzada en toda la historia, tenía la mente repleta de las supersticiones y los fantasmas heredados con pocos cambios desde los tiempos prehistóricos.

Hace 70 años, en el notorio juicio "del mono" de 1925, un maestro llamado John Scopes fue declarado culpable por haber enseñado la teoría de la evolución en contra de las leyes del Estado de Tennessee. De hecho, el tribunal confirmó las leyes antievolucionistas de dicho Estado, que no se abolieron hasta 1968, cuando el tribunal supremo de los EE.UU. dictaminó que la enseñanza de las teorías de la Creación eran una violación de la prohibición constitucional de la enseñanza de la religión en la escuela pública. Desde entonces, los creacionistas han cambiado su táctica e intentan convertir el creacionismo en una "ciencia". En este empeño gozan del apoyo no sólo de una amplia gama de la opinión pública, sino también de bastantes científicos que están dispuestos a poner sus servicios a disposición de la religión en su forma más cruda y oscurantista.

En 1981, los científicos estadounidenses hicieron uso de las leyes del movimiento planetario de Kepler para lanzar una nave espacial a un encuentro espectacular con Saturno. El mismo año, un juez norteamericano tuvo que declarar anticonstitucional una ley aprobada en el Estado de Arkansas que obligaba a las escuelas a tratar en pie de igualdad la mal llamada "ciencia de la Creación" con la teoría de la evolución. Entre otras cosas, los creacionistas exigieron el reconocimiento del Diluvio Universal como un agente geológico primario. En el transcurso del juicio los testigos de la defensa expresaron una creencia ferviente en la existencia de Satanás y en la posibilidad de que la vida hubiese sido traída a la tierra a bordo de meteoritos, explicándose la variedad de las especies por un tipo de servicio a domicilio cósmico. Al final del juicio, N. K. Wickremasinghe de la Universidad de Gales afirmó que los insectos podrían ser más inteligentes que los humanos, aunque "no sueltan prenda... porque les va estupendamente".²

El grupo de presión fundamentalista religioso en EE.UU. tiene un apoyo masivo —de senadores incluidos— y acceso a fondos ilimitados. Embusteros evangelistas se hacen ricos desde emisoras de radio con una audiencia de millones. El hecho de que en la última década del siglo XX y en el país tecnológicamente más avanzado en la historia del mundo, haya un gran número de hombres y mujeres educados, incluyendo científicos, que estén dispuestos a luchar por la idea de que el libro del Génesis es textualmente verdadero, que el universo fue creado en seis días hace aproximadamente 6.000 años, es, en sí, un ejemplo impresionante del funcionamiento de la dialéctica.

"La Razón se vuelve sinrazón"

El período en que la burguesía representaba una visión racional del mundo es sólo un vago recuerdo. En la época de la degeneración senil del capitalismo, los procesos anteriores se han vuelto lo contrario de lo que eran. En palabras de Hegel, "la Razón se vuelve Sinrazón". Es verdad que en los países industrializados la religión "oficial" está moribunda. Las iglesias están vacías y cada vez más en crisis. En su lugar, vemos una auténtica "plaga egipcia" de sectas religiosas peculiares acompañadas por un florecimiento del misticismo y de todo tipo de supersticiones. La espantosa epidemia de fundamentalismo religioso —cristiano, judío, islámico, hindú— es una manifestación gráfica del impasse de la sociedad. En vísperas del nuevo siglo somos testigos de horripilantes retrocesos a la barbarie.

Este fenómeno no se limita a Irán, India o Argelia. En los EE.UU. vimos la masacre de Waco y después el suicidio colectivo de otro grupo de fanáticos religiosos en Suiza. En otros países occidentales se observa una proliferación incontrolada de sectas religiosas, supersticiones, astrología y un sinfín de tendencias irracionales. En Francia hay, aproximadamente, 36.000 sacerdotes católicos y más de 40.000 astrólogos profesionales que declaran sus ingresos a hacienda. Hasta hace poco, Japón parecía ser una excepción a la regla. William Rees-Mogg, ex editor del Times de Londres y archiconservador, en su último libro *The Great Reckoning – How the World Will Change in the Depression of the 1990s* (El gran ajuste de cuentas. Cómo cambiará el mundo en la depresión de los años 90) escribe:

"El resurgimiento de la religión es algo que se da en todo el mundo a distintos niveles. Japón puede ser una excepción, quizás porque el orden social ahí aún no ha dado muestras de romperse..."³ Rees-Mogg habló demasiado pronto. Dos años después de escribir estas palabras, el espeluznante ataque de gas en el metro de Tokio llamó la atención del mundo sobre la existencia de grupos nutridos de fanáticos religiosos incluso en Japón, donde la crisis económica ha puesto fin al largo período de pleno empleo y estabilidad social. Todos estos fenómenos guardan un paralelismo muy llamativo con lo ocurrido en la época de declive del Imperio Romano. Que nadie objete que semejantes cosas están confinadas a sectores marginales de la sociedad. Ronald y Nancy Reagan consultaron con

regularidad astrólogos acerca de todas sus acciones, grandes o pequeñas. He aquí un par de extractos del libro de Donald Regan, Para que conste:

"Prácticamente cada decisión importante que tomaron los Reagan durante mi estancia como jefe de personal en la Casa Blanca tuvo que contar con el visto bueno de una mujer de San Francisco, la cual elaboraba horóscopos que garantizasen que los planetas estuvieran en alineamiento favorable para la empresa. Nancy Reagan parecía tener una fe absoluta en los poderes clarividentes de esta mujer, que había predicho que "algo" malo iba a ocurrirle al presidente poco antes de que fuese herido en un atentado en 1981.

"Aunque nunca conocí a esta adivinadora —la señora Reagan me pasaba sus pronósticos tras haber consultado telefónicamente con ella—, ésta se había convertido en tal factor para mi trabajo y para los asuntos más importantes del estado, que en un momento determinado mantuve encima de mi mesa un calendario con un código de color (los números marcados en tinta verde significaban días "buenos", los rojos días "malos", los amarillos días "problemáticos") para ayudarme a recordar cuándo era propicio mover al presidente de los Estados Unidos de un lugar a otro, o arreglar sus intervenciones públicas, o comenzar negociaciones con una potencia extranjera.

"Antes de mi llegada a la Casa Blanca, Mike Deaver había sido quien integraba los horóscopos de la señora Reagan en el plan de trabajo presidencial. (...) Es una medida de su discreción y lealtad el que pocos supieran en la Casa Blanca que la señora Reagan era siquiera parte del problema (de los atrasos en los planes de trabajo) —y, mucho menos, que una astróloga en San Francisco estuviese aprobando los detalles de los planes de trabajo del Presidente—. Deaver me dijo que la dependencia de la señora Reagan de lo oculto se remontaba por lo menos al período en que su marido había sido gobernador, cuando ella se fiaba de los consejos de la célebre Jeane Dixon. Posteriormente, perdió confianza en los poderes de la Dixon. Pero la fe de la Primera Dama en el talento clarividente de la mujer de San Francisco era, aparentemente, ilimitado. Según parece, Deaver había dejado de pensar que hubiese algo raro acerca de esta sesión espiritista flotante establecida. (...) Para él, era tan sólo uno de los pequeños problemas de la vida de un servidor de los grandes. 'Por lo menos', dijo, 'esta astróloga no está tan chalada como la anterior'".

La astrología fue empleada en la planificación de la cumbre Reagan-Gorbachov, según la clarividente de la familia, pero las cosas entre las dos primeras damas no salieron bien porque... ¡se desconocía la fecha de nacimiento de Raisa! El movimiento hacia una "economía de libre mercado" en Rusia desde aquel entonces ha concedido a ese país desafortunado las bendiciones de la civilización capitalista: paro masivo, desintegración social, prostitución, la mafia, una ola de crimen sin precedentes, drogas y religión. Hace poco salió a la luz que el propio Yeltsin consulta astrólogos. También en este aspecto, la naciente burguesía rusa se ha revelado como una buena aprendiz de sus maestros occidentales.

El sentido universal de desorientación y pesimismo encuentra su reflejo en muchos sentidos que no son estrictamente políticos. Esta irracionalidad general no es ningún accidente. Es el reflejo psicológico de un mundo donde el destino de la humanidad está dominado por fuerzas terroríficas y, aparentemente, invisibles. Contemplemos el pánico que cunde repentinamente en la bolsa; hombres y mujeres "respetables" se echan a correr ciegamente como hormigas cuando les rompen el hormiguero. Estos espasmos periódicos, parecidos al pánico de una estampida, son una ilustración gráfica de la anarquía del capitalismo. Y esto es lo que determina la vida de millones de personas. Vivimos en una sociedad en declive. La decadencia es evidente por todas partes. Los reaccionarios conservadores se lamentan de la desintegración de la familia y la epidemia de droga, violencia sin sentido, crímenes y demás. Su única respuesta es la intensificación de la represión estatal —más policía, más cárceles, castigos más brutales e, incluso, la investigación genética de supuestos "tipos criminales"—. Lo que no pueden o no quieren ver es que estos fenómenos son los síntomas del callejón sin salida del sistema social que ellos representan.

Estos son los defensores de las "fuerzas del mercado", las mismas fuerzas irracionales que actualmente condenan a millones de personas al desempleo. Son los profetas de la política económica del monetarismo, bien definida por John Galbraith como la teoría que afirma que los pobres tienen demasiado dinero y los ricos demasiado poco. La "moralidad" reinante es la del mercado, es decir, la moralidad de la selva. La riqueza de la sociedad se concentra en cada vez menos manos, a pesar de toda la demagogia barata de una "democracia de propietarios". Se supone que vivimos en una democracia. No obstante, un puñado de grandes bancos, monopolios y especuladores (por lo general la misma gente) decide el destino de millones. Esta pequeña minoría posee medios poderosos para manipular a la opinión pública. Disponen del monopolio de los medios de comunicación —la prensa, la radio y la televisión— y de una policía espiritual —la Iglesia, que durante generaciones ha enseñado a la gente a buscar la salvación en otro mundo—.

La ciencia y la crisis de la sociedad

Hasta hace poco, parecía que el mundo de la ciencia se mantenía por encima del declive general del capitalismo. Los milagros de la tecnología moderna conferían un prestigio colosal a los científicos, que aparentemente gozaban de cualidades casi mágicas. La autoridad que disfrutaba la comunidad científica aumentaba en la misma proporción que sus teorías se volvían más incomprensibles para la mayoría de la gente, incluida la más educada. Sin embargo, los científicos son sólo mortales que viven en el mismo mundo que nosotros. Como tales, pueden estar influidos por ideas corrientes, filosofías, política y prejuicios, por no hablar de intereses materiales a veces muy sustanciosos.

Durante mucho tiempo se suponía que los científicos —sobre todo los físicos teóricos— eran gente muy especial, muy por encima de seres humanos corrientes y dueños de los misterios del universo negados al resto de los mortales. Este mito del siglo XX se ve muy claramente en aquellas viejas películas de ciencia ficción, en las que la tierra estaba siempre amenazada con aniquilación por parte de extraterrestres (en la práctica, la amenaza para el futuro de la humanidad proviene de una fuente bastante más cercana, pero esta es otra historia). En el último momento, siempre se presentaba un hombre con bata blanca que escribía una ecuación complicada en una pizarra, solucionando así el problema.

La verdad es un tanto diferente. Los científicos y otros intelectuales no son inmunes a las tendencias generales de la sociedad. El hecho de que la mayoría de ellos se declare indiferente a la política y la filosofía sólo quiere decir que cae presa más fácilmente de los prejuicios comunes que la rodean. Con demasiada frecuencia sus ideas pueden ser utilizadas para apoyar las posturas políticas más reaccionarias. Esto queda patente con claridad meridiana en el campo de la genética, donde se ha producido una auténtica contrarrevolución, especialmente en los EE.UU. Mediante supuestas teorías científicas se intenta "demostrar" que la causa de la criminalidad está no en las condiciones sociales, sino en un "gen criminal". Se afirma que las desventajas que sufren los negros no se deben a la discriminación, sino a su composición genética. Argumentos similares se emplean para los pobres, las madres solteras, las mujeres, los homosexuales, etc. Por supuesto, semejante "ciencia" resulta altamente conveniente para un Congreso con mayoría republicana que pretende llevar a cabo recortes brutales en los gastos sociales.

Este libro trata de filosofía —más específicamente, la filosofía del marxismo, el materialismo dialéctico—. No corresponde a la filosofía decirle a los científicos lo que tienen que pensar o escribir, al menos cuando escriben de ciencia. Pero los científicos se han acostumbrado a expresar opiniones acerca de muchas cosas —filosofía, religión, política...—. Están en pleno derecho de hacerlo. Pero cuando se esconden detrás de sus credenciales científicas para defender puntos de vista erróneos y reaccionarios en el terreno de la filosofía, es hora de poner las cosas en su contexto. Estos pronunciamientos no permanecen entre un puñado de catedráticos. Son enarbolados por políticos de derechas, racistas y fanáticos religiosos que intentan cubrirse el trasero con argumentos pseudo-científicos.

Algunos científicos se quejan de que no se les entiende. No es su intención armar con argumentos a charlatanes místicos y a embusteros políticos. Quizás. Pero en este caso son culpables de una gran negligencia o, por lo menos, de una increíble ingenuidad. Por otro lado, los que se aprovechan de las opiniones filosóficas erróneas de estos científicos no pueden ser acusados de ingenuidad. Saben exactamente lo que hacen. Rees-Mogg afirma que "en un momento en que la religión del consumismo secular se está quedando atrás como un barco hundido, volverán a surgir religiones más duras que invoquen principios morales auténticos y a los dioses de la ira. Por primera vez en siglos, las revelaciones de la ciencia parecerán realzar más que minar la dimensión espiritual de la vida". Para Rees-Mogg, la religión es, junto con la policía y las cárceles, un arma útil para mantener a los oprimidos en su lugar. Su franqueza al respecto resulta encomiable:

"Cuanto menor es la posibilidad de un ascenso social, más lógico es que los pobres adopten una visión ilusoria y anticientífica del mundo. En lugar de la tecnología, recurren a la magia. En lugar de la investigación independiente, eligen la ortodoxia. En lugar de la historia, prefieren el mito. En lugar de la biografía, veneran a héroes. Y como norma, sustituyen la lealtad de grupo por la honestidad impersonal que requiere el mercado".⁴

Dejemos de lado la observación inconscientemente cómica acerca de la "honestidad impersonal" del mercado, y centremos nuestra atención en el meollo del argumento. Por lo menos Rees-Mogg no intenta ocultar sus auténticas intenciones o su postura clasista. He aquí una franqueza total en boca de un defensor de la clase dominante. La creación de una subclase de pobres y parados, principalmente negros viviendo en chabolas, representa una amenaza potencialmente explosiva para el orden existente. Afortunadamente para "nosotros", los pobres son ignorantes. Hay que mantenerles en la ignorancia y animarles en sus ilusiones religiosas y supersticiones que nosotros, las "clases educadas", naturalmente, no compartimos. Este mensaje no es nuevo. Los ricos y poderosos han cantado la misma canción durante siglos. Pero lo que es significativo es la referencia a la ciencia que según Rees-Mogg ahora se percibe por primera vez como una aliada importante de la religión.

Hace poco, el Templeton Prize para el Progreso de la Religión premió al físico teórico Paul Davies con la cantidad de 650.000 libras (130 millones de pesetas), por haber demostrado "una originalidad extraordinaria" promoviendo la comprensión de la humanidad acerca de Dios o la espiritualidad. La lista de otros premiados en el pasado incluye a Alexander Solzhenitsyn, la Madre Teresa de Calcuta, el evangelista Billy Graham y Charles Colson, uno de los antiguos ladrones del escándalo Watergate convertido en predicador. Davies, autor de libros como Dios y la nueva física, La mente de Dios y Los últimos tres minutos, insiste en que él no es "una persona religiosa en el sentido convencional" (a saber lo que quiere decir con eso), pero mantiene que "la ciencia ofrece un camino hacia Dios más seguro que la religión".⁵

A pesar de sus evasivas, es evidente que Davies representa una tendencia claramente definida que intenta inyectar el misticismo y la religión en la ciencia. Este no es un fenómeno aislado. Se está convirtiendo en algo demasiado común, sobre todo en el campo de la física teórica y la cosmología, ambas muy dependientes de modelos matemáticos abstractos que se presentan cada vez más como un sustituto de una investigación empírica del mundo real. Por cada vendedor consciente de misticismo en este terreno, hay cien científicos concienzudos que estarían horrorizados si se les identificase con semejante oscurantismo. No obstante, la única defensa real contra el misticismo idealista es una filosofía consecuentemente materialista —la filosofía del materialismo dialéctico—.

Es la intención de este libro explicar las leyes básicas del materialismo dialéctico elaboradas originalmente por Marx y Engels, demostrando la relevancia que tienen para el mundo moderno y para la ciencia en particular. No pretendemos ser neutrales. De la misma forma que Rees-Mogg defiende sin titubeos los intereses de la clase a la que pertenece, nosotros por nuestra parte nos declaramos en contra de la llamada "economía de mercado" y todo lo que representa. Somos partícipes activos en la lucha para cambiar la sociedad. Pero antes de poder cambiar el mundo hace falta comprenderlo. Es menester llevar a cabo una lucha implacable contra cualquier intento de confundir las mentes de los hombres y las mujeres con creencias místicas que tienen su origen en la turbia prehistoria del pensamiento humano. La ciencia creció y se desarrolló en la medida en que volvió la espalda a los prejuicios acumulados del pasado. Tenemos que mantenernos firmes contra estos intentos de retrasar el reloj cuatrocientos años.

Un número creciente de científicos está cada vez más insatisfecho con la actual situación, no sólo en la ciencia y la enseñanza, sino en la sociedad en su conjunto. Ven la contradicción entre el enorme potencial de la tecnología y un mundo donde millones de seres humanos viven al borde del hambre. Ven el abuso sistemático de las ciencias al servicio de las ganancias de los grandes monopolios. Están profundamente preocupados por los intentos persistentes de obligar a la ciencia a ponerse al servicio del oscurantismo religioso y de una política social reaccionaria. A muchos de ellos les repelía el carácter totalitario y burocrático del estalinismo. Pero el colapso de la Unión Soviética ha demostrado que la alternativa capitalista es peor todavía. A través de su propia experiencia, muchos científicos llegarán a la conclusión de que la única manera de salir del impasse social, económico y cultural es mediante una sociedad basada en la planificación racional, en la cual la ciencia y la tecnología se pongan a disposición de la humanidad, y no de los beneficios privados. Semejante sociedad ha de ser democrática en el auténtico sentido de la palabra, basándose en el control consciente y la participación de toda la población. El socialismo es democrático por su propia naturaleza. Como señala Trotsky, "Una economía nacionalizada y planificada necesita la democracia al igual que el cuerpo humano necesita oxígeno".

No es suficiente contemplar los problemas del mundo. Hace falta cambiarlo. Pero primero, hace falta comprender las razones de porqué las cosas están como están. Sólo el conjunto de ideas elaborado por Marx y Engels y, posteriormente, desarrollado por Lenin y Trotsky puede dotarnos de los medios adecuados para lograr esta comprensión. Creemos que los representantes más conscientes de la comunidad científica, mediante su propio trabajo y experiencia, comprenderán la necesidad de un punto de vista materialista consecuente. Esto es lo que ofrece el materialismo dialéctico. Los recientes avances de las teorías del caos y de la complejidad demuestran que un número cada vez mayor de científicos están evolucionando en el sentido del pensamiento dialéctico. Este es un fenómeno enormemente significativo. No cabe duda de que nuevos descubrimientos profundizarán y fortalecerán esta tendencia. Por nuestra parte, estamos firmemente convencidos de que el materialismo dialéctico es la filosofía del futuro.

2. Filosofía y religión.

¿Necesitamos una filosofía?

Antes de empezar, uno podría preguntarse, "¿Es realmente necesario preocuparnos de cuestiones complicadas de la ciencia y la filosofía?" Semejante pregunta admite dos respuestas. Si lo que se quiere decir es: ¿acaso hace falta saber estas cosas para la vida cotidiana? Aquí, la respuesta es, evidentemente, no. Pero si aspiramos a lograr una comprensión racional del mundo en que vivimos y de los procesos fundamentales en la naturaleza, la sociedad y nuestra propia forma de pensar, entonces la cosa se presenta de una forma totalmente distinta.

Aunque parezca mentira, todos tenemos una filosofía. Una filosofía es una manera de interpretar el mundo. Todos creemos que sabemos distinguir entre el bien y el mal. Sin embargo, esta es una cuestión harto complicada que ha ocupado la atención de las grandes mentes a lo largo de la historia. Cuando nos vemos enfrentados con el terrible hecho de la guerra fratricida en la ex Yugoslavia, o el resurgimiento del desempleo, o las masacres en Ruanda, muchos confesarán que no entienden de esas cosas y, a menudo, recurrirán a vagas referencias a la "naturaleza humana". Pero, ¿en qué consiste esta misteriosa naturaleza humana que se presenta como la fuente de todos nuestros males y se alega que es eternamente inmutable? Esta es una cuestión profundamente filosófica que pocos intentarían contestar, a no ser que tuvieran inclinaciones religiosas, en cuyo caso dirían que Dios, en Su sabiduría, nos creó así. El porqué a alguien se le ocurriría adorar a un Ser que crea a los hombres sólo para gastarles tales faenas es otro asunto.

Los que mantienen con obstinación que ellos no tienen ninguna filosofía se equivocan. La naturaleza aborrece el vacío. Las personas que carecen de un punto de vista filosófico elaborado y coherente reflejarán inevitablemente las ideas y los prejuicios de la sociedad y el entorno en que viven. Esto significa, en el contexto dado, que sus cabezas estarán repletas de las ideas que absorben de la prensa, la televisión, el púlpito y el aula, las cuales reflejan fielmente los intereses y la moralidad de la clase dominante.

Por lo común, la mayoría de la gente logra "tirar por la vida", hasta que algún gran cataclismo les obliga a reconsiderar el tipo de ideas y valores a que están acostumbrados desde su infancia. La crisis de la sociedad les obliga a cuestionar muchas cosas que dieron por supuestas. En coyunturas como estas, ideas aparentemente

remotas de repente se vuelven tremendamente relevantes. Cualquiera que desee comprender la vida, no como una serie de accidentes sin sentido ni como una rutina irreflexiva, debe de ocuparse de la filosofía, esto es, del pensamiento, a un nivel superior que de los problemas inmediatos de la vida cotidiana. Tan sólo de esta forma nos elevamos a una altura desde la que comenzamos a realizar nuestro potencial como seres humanos conscientes, dispuestos y capaces de tomar el control de nuestros destinos.

En general, se comprende que cualquier empresa que merezca la pena en la vida requiere un esfuerzo. Por su propia naturaleza, el estudio de la filosofía implica ciertas dificultades porque trata de cosas muy alejadas del mundo de la experiencia normal. Incluso la terminología utilizada presenta dificultades debido a que se emplean palabras de una manera que no necesariamente corresponden al uso común. Pero esto mismo es verdad para cualquier materia especializada, desde el psicoanálisis hasta la mecánica.

El segundo obstáculo es más grave. En el siglo pasado, cuando Marx y Engels publicaron por primera vez sus escritos sobre el materialismo dialéctico, podían dar por supuesto que muchos de sus lectores tenían por lo menos unos mínimos conocimientos de la filosofía clásica, incluido Hegel. Hoy en día no es posible hacer semejante suposición. La filosofía ya no ocupa el lugar del pasado, puesto que el papel de la especulación acerca de la naturaleza del universo y la vida hace tiempo que ha sido asumido por las ciencias naturales. La posesión de radiotelescopios potentes y naves espaciales vuelve innecesarias las conjeturas sobre la naturaleza y la extensión de nuestro sistema solar. Incluso los misterios del alma humana se están poniendo paulatinamente al descubierto mediante el progreso de la neurobiología y la psicología.

La situación en el terreno de las ciencias sociales es mucho menos satisfactoria, debido sobre todo a que el deseo de conseguir conocimientos exactos a menudo decrece en la medida en que la ciencia toca los intereses materiales poderosos que dominan las vidas de la gente. Los grandes avances realizados por Marx y Engels en el terreno del análisis sociohistórico y económico quedan fuera del ámbito de este libro. Baste con señalar que, a pesar de los ataques sostenidos y frecuentemente maliciosos a que estuvieron sometidas desde el primer momento, las teorías del marxismo en la esfera social han sido el factor decisivo en el desarrollo de las ciencias sociales modernas. En cuanto a su vitalidad, ésta está demostrada por el hecho de que los ataques no sólo continúan, sino que tienden a arreciar con el paso del tiempo.

En épocas pasadas, el desarrollo de la ciencia, que siempre ha estado estrechamente vinculado al de las fuerzas productivas, no había alcanzado un nivel suficientemente alto como para permitir que los hombres y las mujeres entendiesen el mundo en que vivían. En ausencia de un conocimiento científico, o de los medios materiales para obtenerlo, se vieron obligados a depender del único instrumento que poseían para interpretar el mundo y, así, conquistarlo: la mente humana. La lucha para comprender el mundo estaba identificada con la lucha de la humanidad para arrancarse del nivel de existencia meramente animal, para ganar el control sobre las fuerzas ciegas de la naturaleza y para liberarse en el sentido real, no legalista, de la palabra. Esta lucha es como un hilo conductor rojo que recorre toda la historia de la humanidad.

El papel de la religión

"El hombre está totalmente loco. No sabría cómo crear un gusano, y crea dioses por docenas".
(Montaigne.)

"Toda mitología supera, domina y transforma las fuerzas de la naturaleza en la imaginación y mediante la imaginación; por lo tanto desaparece con la llegada de la auténtica dominación sobre ellas".
(Marx.)

Los animales no tienen religión y, en el pasado, se decía que esto constituía la principal diferencia entre humanos y "brutos". Pero eso es sólo otra forma de decir que únicamente los seres humanos poseen conciencia en el sentido pleno de la palabra. En los últimos años ha habido una reacción contra la idea del Hombre como Creación única y especial. Indudablemente esto es correcto en el sentido de que los humanos evolucionaron de los animales y, en muchos aspectos, siguen siendo animales. No sólo compartimos muchas de las funciones corporales con otros animales, sino que la diferencia genética entre humanos y chimpancés es menor del dos por ciento. He aquí una respuesta devastadora a las tonterías de los creacionistas.

Las últimas investigaciones con los chimpancés bonobos han demostrado fuera de toda duda que los primates más afines a los humanos son capaces de un nivel de actividad mental similar en algunos aspectos al de un niño. Esto demuestra claramente el parentesco entre seres humanos y los primates más superiores, pero aquí la analogía empieza a resquebrajarse. Pese a todos los esfuerzos de los experimentadores, los bonobos cautivos no han sido capaces de hablar ni labrar una herramienta de piedra remotamente similar a los utensilios más simples creados por los homínidos primitivos. La diferencia genética del dos por ciento que separa a los humanos de los chimpancés marca el salto cualitativo del animal al humano. Esto se logró no por obra y gracia de un Creador, sino por el desarrollo del cerebro a través del trabajo manual.

La destreza para hacer incluso las herramientas de piedra más simples implica un nivel muy alto de habilidad mental y pensamiento abstracto. El poder seleccionar la piedra correcta rechazando otras, elegir el ángulo correcto para golpear y usar la cantidad de fuerza precisa, estas son acciones intelectuales altamente complicadas. Requieren un grado de planificación y previsión que no se encuentra ni en los primates más avanzados. No obstante, el uso y la

manufactura de herramientas de piedra no fue el resultado de una planificación consciente, sino algo impuesto a los ancestros del hombre por necesidad. No fue la conciencia la que creó la humanidad, sino las condiciones necesarias para la existencia humana que condujeron a un cerebro más grande, al habla y a la cultura, incluida la religión.

La necesidad de entender el mundo estaba estrechamente vinculada a la necesidad de sobrevivir. Aquellos homínidos primitivos que descubrieron el uso de raspadores de piedra para descuartizar animales muertos con pieles gruesas obtuvieron una considerable ventaja sobre aquellos que no tuvieron acceso a esta fuente abundante de grasas y proteínas. Los que perfeccionaron sus herramientas de piedra y descubrieron los mejores yacimientos tuvieron más posibilidades de sobrevivir que los que no lo hicieron. Con el desarrollo de la técnica vino la expansión de la mente y la necesidad de explicar los fenómenos naturales que gobernaban sus vidas. A través de millones de años, mediante aproximaciones sucesivas, nuestros antepasados comenzaron a establecer ciertas relaciones entre las cosas. Empezaron a hacer abstracciones, esto es, a generalizar a partir de la experiencia y de la práctica.

Durante siglos, la cuestión central de la filosofía ha sido la relación entre el pensamiento y el ser. La mayoría de las personas pasan sus vidas felizmente sin siquiera contemplar este problema. Piensan y actúan, hablan y trabajan sin la menor dificultad. Más aún, ni se les ocurriría considerar incompatibles las dos actividades humanas más básicas, que en la práctica son inseparables. Si excluimos reacciones simples biológicamente determinadas, incluso la acción más elemental exige un cierto grado de pensamiento. En cierto modo, esto es verdad no sólo en el ámbito humano sino también en el animal (pensemos en un gato apostado en espera de un ratón). No obstante, el tipo de pensamiento y planificación en el hombre tiene un carácter cualitativamente superior que cualquiera de las actividades mentales de incluso los simios más avanzados.

Este hecho está estrechamente vinculado a la capacidad del pensamiento abstracto, que permite a los humanos ir mucho más allá de la situación inmediata dada por nuestros sentidos. Podemos imaginar situaciones, no sólo en el pasado (los animales también tienen memoria, como el perro, que tiembla a la vista de un garrote) sino también en el futuro. Podemos predecir situaciones complejas, planificar y, así, determinar el resultado y, hasta cierto punto, controlar nuestros destinos. Aunque normalmente no pensamos en ello, esto representa una conquista colosal que separa a la humanidad del resto de la naturaleza. "Lo típico del razonamiento humano", dice el profesor Gordon Childe, "es que puede ir muchísimo más lejos de la situación actual, presente, que el razonamiento de cualquier otro animal".⁶ De esta capacidad nacen todas las múltiples creaciones de la civilización, la cultura, el arte, la música, la literatura, la ciencia, la filosofía, la religión. También damos por supuesto que todo esto no cae del cielo, sino que es el producto de millones de años de desarrollo.

El filósofo griego Anaxágoras (500-428 a. de J. C.), en una deducción brillante, afirmó que el desarrollo mental del hombre dependía de la emancipación de las manos. Engels, en su importante artículo El papel del trabajo en la transición del mono al hombre, demostró la forma exacta en que se logró esta transición. Demostró que la postura vertical, la liberación de las manos para el trabajo, la forma de la mano con el pulgar opuesto a los otros dedos de forma que permitía agarrar... fueron las precondiciones fisiológicas para la manufactura de herramientas, que a su vez fue el principal estímulo para el desarrollo del cerebro. Incluso el habla, que es inseparable del pensamiento, surge de las exigencias de la producción social, la necesidad de realizar funciones complicadas por la vía de la cooperación. Estas teorías de Engels se han visto confirmadas brillantemente por los últimos descubrimientos de la paleontología, que demuestran que los simios homínidos aparecieron en África bastante antes de lo que se había pensado previamente, y que tenían cerebros no más grandes que los de un chimpancé moderno. Es decir, el desarrollo del cerebro vino después de la producción de herramientas y como consecuencia de la misma. Así, no es verdad que "En el principio la Palabra existía", sino en frase del poeta alemán Goethe "En el principio el Hecho existía".

La habilidad de engarzarse en pensamientos abstractos es inseparable del habla. El célebre prehistoriador Gordon Childe comenta:

"El razonamiento y todo lo que podemos llamar pensamiento, inclusive el del chimpancé, hace intervenir en las operaciones mentales lo que los psicólogos llaman imágenes. Una imagen visual, la representación mental de una banana, por ejemplo, ha de ser siempre la representación de una banana determinada en un conjunto determinado. Una palabra, por el contrario, según lo explicado, es más general y abstracta, pues ha eliminado precisamente esos rasgos accidentales que dan individualidad a cualquier banana real. Las imágenes mentales de las palabras (representaciones del sonido o de los movimientos musculares que intervienen en su pronunciación) constituyen 'fichas' muy cómodas en el proceso del pensamiento. El pensar con su ayuda posee necesariamente esa cualidad de abstracción y generalidad que parece faltar en el pensamiento animal. Los hombres pueden pensar, lo mismo que hablar, sobre la clase de objetos llamados 'bananas'; el chimpancé nunca va más allá de: 'esa banana en ese tubo'. De tal suerte el instrumento social denominado lenguaje ha contribuido a lo que se denomina con grandilocuencia 'la emancipación del hombre de la esclavitud de lo concreto'".⁷

Los humanos primitivos, después de un largo período de tiempo, formaron la idea general de, por ejemplo, una planta o un animal. Esto surgió de la observación concreta de muchas plantas y animales particulares. Pero cuando llegamos al concepto general de "planta", ya no vemos delante de nosotros esta o aquella flor o arbusto, sino lo que es común a todos ellos. Comprendemos la esencia de una planta, su ser interior. Comparado con esto, los rasgos peculiares de plantas individuales parecen secundarios e inestables. Lo que es permanente y universal está contenido en la concepción general. Jamás podemos ver una planta como tal, opuesta a flores y arbustos

particulares. Es una abstracción de la mente. Sin embargo, es una expresión más profunda y verdadera de lo que es esencial a la naturaleza de la planta, cuando se la despoja de todos los rasgos secundarios.

No obstante, las abstracciones de los humanos primitivos distan mucho de tener un carácter científico. Eran exploraciones tentativas, como las impresiones de un niño: suposiciones e hipótesis, a veces incorrectas, pero siempre audaces e imaginativas. Para nuestros antepasados remotos, el sol era un ser supremo que unas veces les calentaba y otras les quemaba. La tierra era un gigante adormecido. El fuego era un animal feroz que les mordía cuando lo tocaban. Los humanos primitivos experimentaron los truenos y los relámpagos. Esto les habrá asustado, como todavía hoy asusta a los animales y a las personas. Pero, a diferencia de los animales, los humanos buscaron una explicación general del fenómeno. Dada la ausencia de cualquier conocimiento científico, la explicación era, inevitablemente, una sobrenatural: algún dios golpeando un yunque con su martillo. Para nosotros, semejantes explicaciones resultan simplemente divertidas, como las explicaciones ingenuas de los niños. No obstante, en ese período eran hipótesis extraordinariamente importantes —un intento de encontrar una causa racional para el fenómeno, distinguiendo entre la experiencia inmediata y lo que había detrás de ella—.

La forma más característica de las religiones primitivas es el animismo —la noción de que todo objeto, animado o inanimado, posee un espíritu—. Vemos el mismo tipo de reacción en un niño cuando pega a una mesa contra la que se ha golpeado la cabeza. De la misma manera, los humanos primitivos y ciertas tribus de hoy piden perdón a un árbol antes de talarlo. El animismo pertenece a un período en que la humanidad aún no se había separado plenamente del mundo animal y de la naturaleza. La proximidad de los humanos al mundo de los animales está demostrada por la frescura y belleza del arte rupestre, donde los caballos, ciervos y bisontes están pintados con una naturalidad que ningún artista moderno es capaz de lograr. Se trata de la infancia de la raza humana, que ha desaparecido y nunca volverá. Tan sólo podemos imaginar la psicología de nuestros antepasados remotos. Pero mediante una combinación de los descubrimientos de la paleontología y la antropología es posible reconstruir, por lo menos a grandes rasgos, el mundo del que hemos surgido.

En su estudio antropológico clásico de los orígenes de la magia y la religión, Sir James Frazer escribe:

"El salvaje concibe con dificultad la distinción entre lo natural y lo sobrenatural, comúnmente aceptada por los pueblos ya más avanzados. Para él, el mundo está funcionando en gran parte merced a ciertos agentes sobrenaturales que son seres personales que actúan por impulsos y motivos semejantes a los suyos propios y, como él, propensos a modificarlos por apelaciones a su piedad, a sus deseos y temores. En un mundo así concebido no ve limitaciones a su poder de influir sobre el curso de los acontecimientos en beneficio propio. Las oraciones, promesas o amenazas a los dioses pueden asegurarle buen tiempo y abundantes cosechas; y si aconteciera, como muchas veces se ha creído, que un dios llegara a encarnarse en su misma persona, ya no necesitaría apelar a seres más altos. Él, el propio salvaje, posee en sí mismo todos los poderes necesarios para acrecentar su propio bienestar y el de su prójimo".⁸

La noción de que el alma existe separada y aparte del cuerpo viene directamente de los tiempos más remotos del salvajismo. El origen de esta idea es evidente. Cuando dormimos, el alma parece abandonar el cuerpo y vagar en nuestros sueños. Por extensión, la similitud entre la muerte y el sueño ("gemelo de la muerte" como lo llamó Shakespeare) sugiere la idea de que el alma podría seguir existiendo después de la muerte. Así fue como los humanos primitivos concluyeron que había algo dentro de ellos que estaba separado de sus cuerpos. Este es el alma, que manda sobre el cuerpo y puede hacer todo tipo de cosas increíbles, incluso cuando el cuerpo está dormido. También observaron cómo palabras llenas de sabiduría provenían de las bocas de los ancianos y concluyeron que, mientras que el cuerpo perece, el alma sigue viviendo. Para gente acostumbrada a la idea de la migración, la muerte era vista como la migración del alma, la cual necesitaba comida y utensilios para el viaje.

Al principio estos espíritus no tenían una morada fija. Simplemente erraban, la mayoría de las veces causando molestias, lo cual obligaba a los vivientes a hacer todo lo que podían por deshacerse de ellos. He aquí el origen de las ceremonias religiosas. Finalmente, surgió la idea de que mediante la oración podría conseguirse la ayuda de estos espíritus. En esta etapa, la religión (magia), el arte y la ciencia no se diferenciaban. No teniendo los medios para conseguir un auténtico poder sobre el medio ambiente, los humanos primitivos intentaron obtener sus fines por medio de una relación mágica con la naturaleza y, así, someterla a su voluntad.

La actitud de los humanos primitivos hacia sus dioses-espíritus y fetiches era bastante práctica. La intención de los rezos era obtener resultados. Un hombre haría una imagen con sus propias manos y se postraría ante ella. Pero si no conseguía el resultado deseado, la maldecía y la golpeaba, para obtener mediante la violencia lo que no consiguió con súplicas. En este mundo extraño de sueños y fantasmas, este mundo de religión, la mente primitiva veía cada acontecimiento como la obra de espíritus invisibles. Cada arbusto y riachuelo eran una criatura viviente, amistosa u hostil. Cada suceso fortuito, cada sueño, dolor o sensación, estaba causado por un espíritu. Las explicaciones religiosas llenaban el vacío que dejaba la falta de conocimiento de las leyes de la naturaleza. Incluso la muerte no era vista como un evento natural, sino como el resultado de alguna ofensa causada a los dioses.

Durante la mayor parte de la existencia de la raza humana, las mentes de los hombres y las mujeres han estado llenas de este tipo de cosas. Y no sólo en lo que a la gente le gusta considerar como sociedades primitivas. El mismo tipo de creencias supersticiosas continúan existiendo hoy por hoy, aunque con diferente disfraz. Bajo la fina capa de la civilización se esconden tendencias e ideas irracionales primitivas que tienen su raíz en un pasado remoto que ha sido medio olvidado, pero que no está todavía superado. Tampoco estarán desarraigadas definitivamente de la

conciencia humana hasta que los hombres y las mujeres establezcan un firme control sobre sus condiciones de existencia.

La división del trabajo

Frazer señala que la división entre trabajo manual y mental en la sociedad primitiva está invariablemente vinculada a la formación de una casta de sacerdotes, hechiceros o magos:

"El progreso social, según creemos, consiste principalmente en una diferenciación progresiva de funciones; dicho más sencillamente, en una división del trabajo. La obra que en la sociedad primitiva se hace por todos igual y por todos igualmente mal o muy cerca de ello, se distribuye gradualmente entre las diferentes clases de trabajadores, que la ejecutan cada vez con mayor perfección; y así, tanto más cuanto que los productos materiales o inmateriales de esta labor especializada van siendo gozados por todos, la sociedad en conjunto se beneficia de la especialización creciente. Ahora, ya, los magos o curanderos aparecen constituyendo la clase profesional o artificial más antigua en la evolución de la sociedad, pues hechiceros se encuentran en cada una de las tribus salvajes conocidas por nosotros, y entre los más incultos salvajes, como los australianos aborígenes, es la única clase profesional que existe".⁹

El dualismo que separa el alma del cuerpo, la mente de la materia, el pensamiento del hecho, recibió un fuerte impulso con el desarrollo de la división del trabajo en una etapa dada de la evolución social. La separación entre trabajo mental y manual es un fenómeno que coincide con la división de la sociedad en clases. Señaló un gran avance en el desarrollo humano. Por primera vez, una minoría de la sociedad fue liberada de la necesidad de trabajar para obtener los medios básicos de la existencia. La posesión de la mercancía más apreciada, el ocio, significó que los hombres podían dedicar sus vidas al estudio de las estrellas. Como el filósofo materialista alemán Ludwig Feuerbach explica, la ciencia teórica auténtica comienza con la cosmología:

"El animal es sólo sensible al rayo de luz, que inmediatamente afecta a la vida; mientras que el hombre percibe la luz, para él físicamente indiferente de la estrella más remota. Tan sólo el hombre posee pasiones y alegrías desinteresadas y puramente intelectuales; sólo el ojo del hombre mantiene festivales teóricos. El ojo que contempla los cielos estrellados, que medita sobre aquella luz, al mismo tiempo inútil e inocua, no teniendo nada en común con la tierra y sus necesidades —este ojo ve en aquella luz su propia naturaleza, sus propios orígenes—. El ojo es celestial por su propia naturaleza. De aquí que el hombre se eleva por encima de la tierra sólo con el ojo; de aquí que la teoría comienza con la contemplación de los cielos. Los primeros filósofos eran astrónomos".¹⁰

Aunque en esta etapa temprana esto todavía estaba mezclado con la religión y los requerimientos e intereses de una casta sacerdotal, también significó el nacimiento de la civilización humana. Aristóteles ya lo había entendido cuando escribió:

"Además, estas artes teóricas evolucionaron en lugares donde los hombres tenían un superávit de tiempo libre: por ejemplo, las matemáticas tienen su origen en Egipto, donde una casta sacerdotal gozaba del ocio necesario".¹¹

El conocimiento es una fuente de poder. En cualquier sociedad en que el arte, la ciencia y el gobierno son el monopolio de unos pocos, esa minoría usará y abusará de su poder en su propio beneficio. La inundación anual del Nilo era un asunto de vida o muerte para los egipcios, cuyas cosechas dependían de ello. La pericia de los sacerdotes en Egipto para predecir, sobre las bases de observaciones astronómicas, cuándo se desbordaría el Nilo, debió de haber incrementado enormemente su prestigio y poder sobre la sociedad. El arte de escribir, una invención muy poderosa, era el secreto celosamente guardado de la casta sacerdotal:

"Sumeria descubrió la escritura; los sacerdotes sumerios hicieron conjeturas acerca de que el futuro pudiera estar escrito por algún procedimiento oculto en los acontecimientos que tenían lugar alrededor nuestro en el presente. Hasta llegaron a sistematizar esta creencia, mezclando elementos mágicos y racionales".¹²

La posterior profundización de la división del trabajo hizo surgir un abismo insalvable entre la elite intelectual y la mayoría de la humanidad, condenada a trabajar con sus propias manos. El intelectual, sea sacerdote babilonio o físico teórico moderno, sólo conoce un tipo de trabajo, el trabajo mental. En el curso de milenios, la superioridad de este último sobre el trabajo manual "crudo" ha echado raíces profundas y ha adquirido la categoría de prejuicio. Lenguaje, palabras y pensamientos se han dotado de poderes místicos. La cultura se ha vuelto el monopolio de una elite privilegiada, que guarda celosamente sus secretos, usando y abusando de su posición en su propio interés.

En la antigüedad, la aristocracia intelectual no hizo ningún intento de ocultar su desprecio por el trabajo físico. El siguiente extracto de un texto egipcio conocido como La sátira sobre los oficios, escrito alrededor del 2.000 a. de J. C., se supone que consiste en la exhortación de un padre a su hijo, al que quiere enviar a la Escuela de Escribanos para entrenarse como escriba:

"He visto cómo se maltrata al hombre que trabaja —deberías de poner tu corazón en la búsqueda de la escritura—. He observado cómo uno podría ser rescatado de sus deberes —¡presta oídos! no hay nada que supere a la escritura—. (...)

"He visto al metalúrgico trabajando en la boca del horno. Sus dedos eran similares a cocodrilos; olía peor que una hueva de pescado. (...)

"El pequeño constructor lleva barro. (...) Está más sucio que las viñas o los cerdos de tanto pisotear el barro. Su ropa está tiesa de la arcilla. (...)

"El fabricante de flechas, él es muy infeliz cuando entra en el desierto [en busca de pedernal]. Más grande es lo que da a su burro que lo que posteriormente [vale] su trabajo. (...)

"El lavandero que lava ropa en la orilla [del río] es el vecino del cocodrilo. (...)

"¡Presta oídos! No hay ninguna profesión sin patrón —excepto para el escriba: él es el patrón—. (...)

"¡Presta oídos! No hay ningún escriba al que le falte comida de la propiedad de la Casa del Rey —¡vida, prosperidad, salud!—. (...) Su padre y su madre alaban a dios, puesto que él está en el sendero de los vivientes. ¡Contempla estas cosas! —yo [las he puesto] ante ti y ante los hijos de tus hijos—.13

La misma actitud prevalecía entre los griegos:

"Lo que se llama las artes mecánicas", dice Jenofonte, "lleva un estigma social y con razón son despreciadas en nuestras ciudades, puesto que estas artes dañan los cuerpos de los que trabajan en ellas o de los que actúan como capataces, condenándoles a una vida sedentaria de puertas adentro y, en algunos casos, a pasar todo el día al lado de la chimenea. Esta degeneración física asimismo da pie a un deterioro del alma. Además, los que trabajan en estos oficios simplemente no tienen tiempo para dedicarse a los oficios de la amistad o de la ciudadanía. Por consecuencia, son considerados como malos amigos y malos patriotas y, en algunas ciudades, sobre todo las más guerreras, no es legal que un ciudadano se dedique al trabajo manual".14

El divorcio radical entre el trabajo mental y manual profundiza la ilusión de una existencia independiente de las ideas, los pensamientos y las palabras. Este concepto erróneo es el meollo de toda religión e idealismo filosófico.

No fue dios quien creó al hombre a su propia imagen, sino, por el contrario, el hombre quien creó dioses a su propia imagen y semejanza. Ludwig Feuerbach dijo que si los pájaros tuviesen una religión, su dios tendría alas. "La religión es un sueño en el que nuestras propias concepciones y emociones se nos presentan como existencias separadas, como seres al margen de nosotros mismos. La mente religiosa no distingue entre lo subjetivo y lo objetivo —no tiene dudas—; tiene la capacidad, no de discernir cosas diferentes a ella misma, sino de ver sus propias concepciones fuera de sí misma como seres independientes".15 Esto era algo que hombres como Jenófanes de Colofón (565 hacia 470 a. de J. C.) entendió cuando escribió: "Homero y Hesíodo han atribuido a los dioses cada acción vergonzosa y deshonesta entre los hombres: el robo, el adulterio, el engaño (...) Los etíopes hacen sus dioses negros y con nariz chata, y los tracios hacen los suyos con ojos grises y pelo rojo (...) Si los animales pudieran pintar y hacer cosas como los hombres, los caballos y los bueyes también harían dioses a su propia imagen".16

Los mitos de la Creación que existen en casi todas las religiones inevitablemente toman sus imágenes de la vida real, por ejemplo, la imagen del alfarero que da forma a la arcilla amorfa. En la opinión de Gordon Childe, la historia de la Creación en el primer libro del Génesis refleja el hecho de que en Mesopotamia la tierra estaba separada de las aguas "en el Principio", pero no mediante la intervención divina:

"La tierra sobre la cual las grandes ciudades de Babilonia se alzarían, tenía que crearse en el sentido literal de la palabra; el antepasado prehistórico de la Erech bíblica fue construido encima de un tipo de plataforma de juncos entrecruzados sobre el barro aluvial. El libro hebreo del Génesis nos ha familiarizado con una tradición bastante más antigua de la condición prístina de Sumeria —un 'caos' en el cual las fronteras entre el agua y la tierra todavía estaban fluidas—. Un incidente esencial en 'la Creación' es la separación de estos elementos. Sin embargo, no fue ningún dios, sino los propios proto-sumerios quienes crearon la tierra; cavaron canales para irrigar los campos y drenar la marisma; construyeron diques y plataformas elevadas por encima del nivel de inundación para proteger a los hombres y al ganado de las aguas; despejaron los bosques de juncos y exploraron los canales que los cruzaban. La persistencia tenaz del recuerdo de esta lucha es un indicio del grado de esfuerzo que esto supuso para los antiguos sumerios. Su recompensa era una fuente garantizada de nutritivos dátiles, una abundante cosecha de los campos que habían drenado y pastos permanentes para sus rebaños".17

Los intentos más primitivos del hombre de explicar el mundo y su lugar en él estaban mezclados con la mitología. Los babilonios creían que el dios Marduk del Caos había creado el Orden, separando la tierra del agua, y el cielo de la tierra. Los judíos tomaron de los babilonios el mito bíblico de la Creación y más tarde lo transmitieron a la cultura cristiana. La auténtica historia del pensamiento científico empieza cuando el hombre aprende a prescindir de la mitología e intenta obtener una comprensión racional de la naturaleza, sin la intervención de los dioses. A raíz de este momento comienza la auténtica lucha por la emancipación de la humanidad de la esclavitud material y espiritual.

El advenimiento de la filosofía representa una auténtica revolución en el pensamiento humano. Esto, al igual que tantos otros elementos de la civilización moderna, se lo debemos a la Grecia antigua. Si bien es verdad que los indios y los chinos, y más tarde los árabes, también hicieron avances importantes, fueron los griegos quienes llevaron la filosofía y la ciencia a su punto álgido antes del Renacimiento. La historia del pensamiento griego en los 400 años desde mediados del siglo VII a. de J. C. constituye una de las páginas más imponentes en los anales de la historia humana.

Materialismo e idealismo

Toda la historia de la filosofía desde los griegos hasta el presente consiste en una lucha entre dos escuelas de pensamiento diametralmente opuestas —el materialismo y el idealismo—. Aquí nos encontramos con un buen ejemplo de cómo los términos empleados en la filosofía difieren fundamentalmente del lenguaje cotidiano.

Cuando nos referimos a alguien como un "idealista" normalmente tenemos en mente a una persona de altos ideales y moralidad impecable. Por el contrario, se cree que un materialista es un individuo sin principios, avaricioso y egocéntrico que ostenta un exagerado apetito por manjares y otras cosas —en pocas palabras, un elemento harto indeseable—.

Esto no tiene nada que ver con el materialismo e idealismo filosóficos. En un sentido filosófico, el idealismo parte de una visión del mundo como un mero reflejo de ideas, mente, espíritu o, más correctamente, de la Idea, que existía antes del mundo físico. Las cosas materiales que conocemos mediante los sentidos, según esta escuela, son sólo copias imperfectas de esta Idea perfecta. El abogado más consecuente de esta filosofía en la antigüedad era Platón. No obstante, Platón no inventó el idealismo, que ya existía antes de él.

Los pitagóricos creían que la esencia de todas las cosas era el Número (una opinión aparentemente compartida por algunos matemáticos modernos). Mostraban un desprecio al mundo material en general y al cuerpo humano en particular, siendo visto este como una prisión en donde el alma estaba atrapada. La comparación entre esta visión y la de los monjes medievales resulta llamativa. De hecho, es probable que la Iglesia se apropiara de muchas de las ideas de los pitagóricos, platónicos y neoplatónicos. Esto no es sorprendente. Todas las religiones se basan necesariamente en una visión idealista del mundo. La diferencia reside en que la religión apela a las emociones y pretende ofrecer una comprensión intuitiva y mística del mundo ("la Revelación"), mientras que la mayoría de los filósofos idealistas intenta demostrar sus teorías mediante argumentos lógicos.

No obstante, en el fondo, las raíces de todo idealismo son religiosas y místicas. El desdén hacia el "crudo mundo material" y la elevación de lo "Ideal" nace del fenómeno que acabamos de considerar en relación a la religión. No es ningún accidente que el idealismo platónico surja en Atenas en un momento en que el sistema de la esclavitud alcanza su punto álgido. El trabajo manual en aquel entonces era visto en el sentido más literal de la palabra como el sello de la esclavitud. El único trabajo digno de respeto era el trabajo intelectual. En esencia, el idealismo filosófico es un producto de la división extrema entre el trabajo mental y manual que ha existido desde el amanecer de la historia escrita hasta el día de hoy.

Sin embargo, la historia de la filosofía occidental no empieza con el idealismo, sino con el materialismo, que afirma precisamente lo contrario: que el mundo material que conocemos y exploramos mediante la ciencia es real; que el único mundo real es el material; que los pensamientos, ideas y sensaciones son el producto de la materia organizada de una forma determinada (un sistema nervioso y un cerebro); que el pensamiento no puede derivar sus categorías a partir de sí mismo, sino sólo a partir del mundo objetivo que se nos da a conocer a través de nuestros sentidos.

Los primeros filósofos griegos se conocen como los "hilozoístas" (del griego "los que creen que la materia está viva"). He aquí una larga línea de héroes y pioneros del pensamiento humano. Los griegos descubrieron que el mundo era redondo mucho antes que Colón. Explicaron que los seres humanos habían evolucionado de los peces mucho antes que Darwin. Hicieron unos descubrimientos extraordinarios en el campo de las matemáticas, especialmente la geometría, que no avanzaron mucho en los siguientes 1.500 años. Inventaron la mecánica e, incluso, construyeron una máquina de vapor. Lo que es increíblemente nuevo en esta manera de interpretar el mundo es que no era religiosa. En contraste con los egipcios y babilonios, de quienes habían aprendido bastante, los pensadores griegos no recurren a los dioses y las diosas para explicar los fenómenos de la naturaleza. Por primera vez, el hombre intentó explicar el funcionamiento de la naturaleza puramente en términos de la naturaleza. Esta es una de las grandes revoluciones del pensamiento humano. La auténtica ciencia comienza aquí.

Aristóteles, el más grande de los filósofos de la antigüedad, puede ser considerado como materialista, aunque no era tan consecuente como los primeros hilozoístas. Hizo una serie de descubrimientos científicos importantes que formaron la base para los grandes logros de la ciencia griega del período alejandrino. La edad media, que surgió del colapso de la antigüedad, fue un desierto en el que el pensamiento científico languideció durante siglos. No por casualidad este fue un período dominado por la Iglesia. La única filosofía permitida fue el idealismo, fuese como una caricatura de Platón o como una distorsión peor todavía de Aristóteles.

La ciencia resurgió triunfante en el período del Renacimiento. Fue obligada a llevar a cabo una batalla feroz contra la influencia de la religión (por cierto, no sólo la católica, sino también la protestante). Muchos mártires pagaron con su vida el precio de la libertad científica. Giordano Bruno fue quemado vivo. La Inquisición juzgó a Galileo dos veces, obligándole a renunciar a sus opiniones bajo amenaza de tortura.

La tendencia filosófica dominante del Renacimiento fue el materialismo. En Inglaterra, éste tomó la forma del empirismo, que afirma que todo conocimiento es derivado de los sentidos. Los pioneros de esta escuela eran Francis Bacon (1561-1626), Thomas Hobbes (1588-1679) y John Locke (1632-1704). La escuela materialista emigró de Inglaterra a Francia donde adquirió un contenido revolucionario. En manos de Diderot, Rousseau, Holbach y Helvetius, la filosofía se convirtió en un instrumento para criticar la sociedad existente en su conjunto. Estos grandes pensadores prepararon el camino del derrumbamiento revolucionario de la monarquía feudal en 1789-93.

Las nuevas opiniones filosóficas estimularon el desarrollo de la ciencia, el experimento y la observación. El siglo XVIII fue testigo de un gran avance en las ciencias, sobre todo la mecánica. Pero este hecho tenía no sólo un lado positivo sino también otro negativo. El viejo materialismo del siglo XVIII era estrecho y rígido, reflejando el desarrollo limitado de la propia ciencia. Newton expresó las limitaciones del empirismo con su célebre frase "yo no hago hipótesis". Esta postura mecanicista y unilateral al fin y al cabo resultó ser fatal para el viejo materialismo. Paradójicamente, son los filósofos idealistas los que realizan los grandes avances filosóficos después de 1700.

Bajo el impacto de la revolución francesa, el idealista alemán Immanuel Kant (1724-1804) sometió toda la filosofía previa a una crítica a fondo. Kant hizo grandes descubrimientos no sólo en la filosofía y la lógica, sino también en la ciencia. Su hipótesis nebular del origen del sistema solar (a la que Laplace más tarde da una base matemática) es ahora generalmente aceptada como correcta. En el terreno de la filosofía, la obra maestra de Kant, La crítica de la razón pura, es la primera que analiza las formas de la lógica que permanecían prácticamente sin cambiar desde que Aristóteles las desarrolló. Kant demuestra las contradicciones implícitas en muchas de las proposiciones más fundamentales de la filosofía. Sin embargo, no fue capaz de solucionar estas contradicciones ("Antinomias") y, finalmente, sacó la conclusión de que el verdadero conocimiento del mundo era imposible. Si bien podemos conocer las apariencias, nunca podremos saber cómo son las cosas "en sí mismas".

Esta idea no es nueva. Es un tema que se repite muchas veces en la filosofía y generalmente se identifica con lo que llamamos el idealismo subjetivo. Antes de Kant, esta idea fue defendida por el obispo irlandés y filósofo George Berkeley y por David Hume, el último de los empíricos ingleses clásicos. Se puede resumir el argumento de la siguiente manera: "Yo interpreto el mundo mediante mis sentidos. Por lo tanto, todo lo que sé que existe son las impresiones de mis sentidos. Por ejemplo, ¿puedo afirmar que esta manzana existe? No. Todo lo que puedo decir es que la veo, la siento, la huelo, la pruebo. Por lo tanto, realmente no puedo afirmar que el mundo material existe". La lógica del idealismo subjetivo es que, si cierro los ojos, el mundo deja de existir. En última instancia conduce al solipsismo (del latín, "solus ipse" para "yo sólo"), la idea de que tan sólo yo existo.

Estas ideas nos pueden parecer absurdas, pero curiosamente han demostrado ser persistentes. De una manera u otra, los prejuicios del idealismo subjetivo han penetrado no sólo en la filosofía sino también en la ciencia durante una gran parte del siglo XX. Vamos a tratar más específicamente de esta tendencia más adelante.

La gran ruptura se produce en las primeras décadas del siglo XIX con Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831). Hegel era un idealista alemán, un hombre de un intelecto gigantesco, que prácticamente resume en sus escritos la totalidad de la historia de la filosofía.

Hegel demuestra que la única manera de superar las "Antinomias" de Kant es aceptando que las contradicciones existen realmente, no sólo en el pensamiento sino también en el mundo real. Como idealista objetivo, Hegel rechazó el argumento del idealismo subjetivo de que la mente humana no es capaz de conocer el mundo real. Las formas de pensamiento han de reflejar el mundo objetivo de la manera más exacta posible. El proceso de conocimiento consiste en una penetración cada vez más profunda en dicha realidad, pasando de lo abstracto a lo concreto, de lo conocido a lo desconocido, de lo particular a lo universal.

El método dialéctico del pensamiento había jugado un papel muy importante en la antigüedad, particularmente en los aforismos ingenuos pero brillantes de Heráclito, y también en los escritos de Aristóteles y otros. Fue abandonado en el medievo cuando la Iglesia transformó la lógica formal de Aristóteles en un dogma rígido y sin vida, y no reaparece hasta que Kant lo devuelve a un sitio de honor. No obstante, con Kant la dialéctica no recibió un desarrollo adecuado. Correspondió a Hegel llevar la ciencia del pensamiento dialéctico a su punto álgido.

La grandeza de Hegel se ve en el hecho de que él en solitario estaba dispuesto a retar a la filosofía dominante del mecanicismo. La filosofía dialéctica de Hegel trata de procesos, no de acontecimientos aislados. Trata de cosas vivas, no muertas, interrelacionadas, no aisladas una de otra. Esta es una manera increíblemente moderna y científica de interpretar el mundo. En muchos aspectos, Hegel estaba muy por delante de su época. Pero en última instancia, la filosofía hegeliana, pese a sus muchas intuiciones brillantes, era poco satisfactoria. Su principal defecto consistía precisamente en su idealismo, que le impidió aplicar el método dialéctico al mundo real de una forma científica consecuente. En vez del mundo de la materia, tenemos el mundo de la Idea Absoluta, donde las cosas reales, los procesos y las personas son sustituidos por sombras insustanciales. En palabras de Federico Engels, la dialéctica hegeliana fue el aborto más colosal de toda la historia de la filosofía. Aquí, las ideas correctas aparecen cabeza abajo. Para poner la dialéctica sobre cimientos firmes, era necesario poner a Hegel patas arriba para transformar la dialéctica idealista en materialismo dialéctico. Este fue el gran logro de Carlos Marx y Federico Engels. Nuestro estudio comienza con una breve descripción de las ideas básicas de la dialéctica materialista elaborada por ellos.

3 . Materialismo dialéctico

¿Qué es la dialéctica?

"Παντα χωρει, ουδεις μενει".

"Todo fluye y nada permanece".

(Heráclito)

La dialéctica es un método de pensamiento y de interpretación del mundo, tanto de la naturaleza como de la sociedad. Es una forma de analizar el universo que parte del axioma de que todo se encuentra en un estado de constante cambio y flujo. Pero no sólo eso. La dialéctica explica que el cambio y la moción implican contradicción, y sólo pueden darse a través de contradicciones. Así, que, en lugar de una línea suave e ininterrumpida de progreso, lo que tenemos es un línea interrumpida por períodos explosivos en los que los cambios lentos que se han ido

acumulando (cambios cuantitativos) sufren una rápida aceleración y la cantidad se transforma en calidad. La dialéctica es la lógica de la contradicción.

Hegel formuló detalladamente las leyes de la dialéctica en sus escritos, aunque de una forma mística e idealista. Marx y Engels fueron los primeros en dar una base científica, es decir, materialista, a la dialéctica. "Hegel escribió antes que Darwin y antes que Marx", escribió Trotsky. "Gracias al poderoso impulso dado al pensamiento por la Revolución Francesa, Hegel anticipó el movimiento general de la ciencia. Pero porque era solamente una anticipación, aunque hecha por un genio, recibió de Hegel un carácter idealista. Hegel operaba con sombras ideológicas como realidad final. Marx demostró que el movimiento de estas sombras ideológicas no reflejaban otra cosa que el movimiento de cuerpos materiales".¹⁸

En los escritos de Hegel hay muchos ejemplos de las leyes de la dialéctica extraídos de la historia y de la naturaleza. Pero el idealismo de Hegel, inevitablemente, imprimió a su dialéctica un carácter altamente abstracto, mistificado y, a veces, arbitrario. Para que la dialéctica encajase con la "Idea Absoluta", Hegel se vio forzado a imponer un esquema a la naturaleza y la sociedad, en flagrante contradicción con el método dialéctico, que exige deducir las leyes de un fenómeno determinado a partir de un estudio escrupuloso del sujeto, como Marx hizo en el Capital. Así, el método de Marx, lejos de ser una simple regurgitación de la dialéctica idealista de Hegel, arbitrariamente aplicado a la historia y la sociedad, como sus críticos frecuentemente afirman, fue precisamente el contrario. Como Él mismo explica:

"Mi método dialéctico, no sólo difiere en su base del hegeliano, sino que además es todo lo contrario de Éste. Para Hegel, el movimiento del pensamiento, que Él encarna con el nombre de Idea, es el demiurgo de la realidad, que no es más que la forma fenoménica de la Idea. Para mí, en cambio, el movimiento del pensamiento es la reflexión del movimiento real, transportado y traspuesto en el cerebro del hombre".¹⁹

Cuando contemplamos por primera vez el mundo que nos rodea, vemos una inmensa y sorprendente serie de fenómenos complejos; una maraña de cambios aparentemente sin final, causa y efecto, acción y reacción. La fuerza motriz de la investigación científica es el deseo de obtener una visión racional de este confuso laberinto, el deseo de entenderlo para poder conquistarlo. Buscamos leyes que puedan separar lo general de lo particular, lo accidental de lo necesario, y que nos permitan comprender las fuerzas que dan pie a los fenómenos a los que nos enfrentamos. En palabras del físico y filósofo inglés David Bohm:

"En la naturaleza nada permanece constante. Todo se encuentra en un estado perpetuo de transformación, movimiento y cambio. Sin embargo, descubrimos que no hay nada que simplemente surja de la nada sin tener antecedentes que existan previamente. De la misma forma, no hay nada que desaparezca sin dejar rastro, en el sentido de que no dé origen absolutamente a nada que exista posteriormente. Esta característica general del mundo puede ser expresada en términos de un principio que resume un enorme terreno de diferentes tipos de experiencia y que hasta la fecha no ha sido contradicho por ninguna observación o experimento, sea científica o de otro tipo; es decir, todo surge de otras cosas y da origen a otras cosas".²⁰

El principio fundamental de la dialéctica es que todo está sometido a un proceso constante de cambio, moción y desarrollo. Incluso cuando nos parece que no está pasando nada, en realidad, la materia siempre está cambiando. Las moléculas, los átomos y las partículas subatómicas están cambiando de lugar constantemente, siempre en movimiento. La dialéctica, por lo tanto, es una interpretación esencialmente dinámica de los fenómenos y procesos a todos los niveles de la materia, orgánica e inorgánica.

"A nuestros ojos, nuestros imperfectos ojos, nada cambia", dice el físico americano Richard P. Feynman, "pero si pudiéramos verlo ampliado mil millones de veces, veríamos que desde su propio punto de vista cambia continuamente: moléculas abandonan la superficie, moléculas regresan".²¹

Esta idea es tan fundamental para la dialéctica, que Marx y Engels consideraron que la moción era la característica más básica de la materia. Como en muchos otros casos, esta concepción dialéctica ya había sido anticipada por Aristóteles, que escribió: "Por lo tanto (É) la significación primaria y correcta de la 'naturaleza' es la esencia de las cosas que tienen en sí mismas (É) el principio del movimiento".²² Esta no es la concepción mecánica de la moción como algo impreso a una masa inerte por una fuerza "externa", sino un concepto totalmente diferente de la materia con movimiento propio. Para ellos, materia y moción (energía) eran la misma cosa, dos maneras de expresar la misma idea. Esta idea fue confirmada brillantemente por la teoría de Einstein de la equivalencia de masa y energía. Así es como lo explica Engels:

"El movimiento, en su sentido más general, concebido como modo de existencia, atributo inherente a la materia, abarca todos los cambios y procesos que se producen en el universo, desde el simple cambio de lugar hasta el pensamiento. La investigación de la naturaleza del movimiento es claro, debía comenzar por las formas inferiores, más simples, y aprender a entenderlas antes de llegar a una explicación de las formas más elevadas y complicadas".²³

"Todo fluye"

Todo está en un constante estado de moción, desde los neutrinos a los super-cúmulos. La tierra misma se está moviendo constantemente, rotando alrededor del sol una vez al año y girando sobre su propio eje una vez al día. El sol, a su vez, gira sobre su eje cada 26 días y, junto con las demás estrellas de nuestra galaxia, hace un viaje completo alrededor de la galaxia cada 230 millones de años. Es probable que estructuras todavía más amplias (cúmulos de galaxias) también tengan algún tipo de movimiento de rotación sobre sí mismas. Esta parece ser una

característica de la materia hasta el nivel atómico, donde los átomos que forman las moléculas giran unos alrededor de otros a diferentes velocidades. Dentro del átomo, los electrones giran alrededor del núcleo a velocidades enormes.

El electrón tiene una cualidad conocida como espín intrínseco. Es como si girase sobre su propio eje a una velocidad determinada, y no se puede parar o cambiar excepto destruyendo el electrón como tal. De hecho, si se incrementa el espín del electrón, sus propiedades cambian tan drásticamente que producen un cambio cualitativo, creando una partícula totalmente diferente. La cantidad conocida como momento angular- la medida combinada de la masa, el tamaño y la velocidad del sistema de rotación- se utiliza para medir el espín de las partículas elementales. El principio de cuantificación del espín es fundamental a nivel subatómico, pero también existe en el mundo macroscópico. Sin embargo, su efecto es tan infinitesimal que se puede ignorar. El mundo de las partículas subatómicas está en un estado de constante movimiento y fermento, en el que nunca nada es igual a sí mismo. Las partículas están constantemente convirtiéndose en su opuesto, de tal manera que, incluso, es imposible establecer su identidad en un momento determinado. Los neutrones se convierten en protones y los protones en neutrones, en un proceso incesante de cambio de identidad.

Engels define la dialéctica como "la ciencia de las leyes generales del movimiento y la evolución de la naturaleza, la sociedad humana y el pensamiento". En el Anti-Dühring y en la Dialéctica de la naturaleza, Engels explica las leyes de la dialéctica, empezando por las tres más fundamentales:

- 1) La ley de la transformación de la cantidad en calidad y viceversa,
- 2) La ley de la interpenetración de opuestos, y
- 3) La ley de la negación de la negación.

A primera vista tal pretensión puede parecer excesivamente ambiciosa. ¿Es posible realmente plantear leyes que tengan una aplicación tan general? ¿Puede haber un modelo subyacente que se repita en los procesos, no sólo de la sociedad y el pensamiento, sino de la propia naturaleza? A pesar de todas estas objeciones, cada vez está más claro que modelos de este tipo existen, y reaparecen constantemente a todo tipo de niveles y en todo tipo de formas. Existe un número creciente de ejemplos, extraídos de diferentes campos, desde las partículas subatómicas hasta los estudios de población, que tienden a confirmar la teoría del materialismo dialéctico.

El punto esencial del pensamiento dialéctico no es que se base en la idea del cambio y la moción, sino que interpreta el cambio y la moción como fenómenos basados en contradicciones. Mientras que la lógica formal intenta desterrar la contradicción, el pensamiento dialéctico se basa precisamente en ella. La contradicción es una característica fundamental del ser. Reside en el corazón de la materia. Es la fuente de todo movimiento, cambio, vida y desarrollo. La ley dialéctica que expresa esta idea es la ley de la unidad e interpenetración de opuestos. La tercera ley de la dialéctica, la negación de la negación, expresa la idea del desarrollo. En lugar de un círculo cerrado, en el que los procesos se repiten continuamente, esta ley plantea que el movimiento a través de contradicciones sucesivas lleva en realidad al desarrollo, de simple a complejo, de inferior a superior. Los procesos no se repiten exactamente de la misma manera, a pesar de que pueda parecer lo contrario. Estas, de una manera muy esquemática son las tres leyes más fundamentales de la dialéctica. De ellas surgen toda una serie de proposiciones adicionales, incluyendo la relación entre el todo y las partes, la forma y el contenido, lo finito y lo infinito, la atracción y la repulsión, etc. Intentaremos explicarlas. Empecemos con la cantidad y la calidad.

Cantidad y calidad

La ley de la transformación de la cantidad en calidad tiene una gama de aplicaciones extremadamente amplia, desde las partículas más pequeñas de la materia a nivel subatómico hasta los mayores fenómenos conocidos por el hombre. Se puede ver en todo tipo de manifestaciones y en muchos niveles diferentes. Esta importante ley aun no ha recibido el reconocimiento que se merece. Esta ley dialéctica nos sale al paso a cada momento. Los griegos megarenses ya conocían la ley de la transformación de la cantidad en calidad, que utilizaban para demostrar ciertas paradojas, a veces en forma de chistes. Por ejemplo, el de la "cabeza calva" y el del "montón de granos": ¿un pelo menos significa que estés calvo, o un grano de trigo hace un montón? La respuesta es no. ¿Y uno más? La respuesta sigue siendo no. Entonces seguimos repitiendo la pregunta hasta que tenemos una cabeza calva y un montón de granos de trigo. Nos enfrentamos a la contradicción de que pequeños cambios individuales que son incapaces de provocar un cambio cualitativo, en un punto determinado provocan precisamente eso: que la cantidad se transforme en calidad.

La idea de que, bajo ciertas condiciones, incluso pequeñas cosas pueden provocar grandes cambios, encuentra su expresión en todo tipo de dichos populares y proverbios. Por ejemplo: "la gota que colma el vaso", "tanto fue el cántaro a la fuente que al final se rompió", y muchos otros. La ley de la transformación de la cantidad en calidad ha penetrado de muchas maneras en la consciencia popular, tal y como Trotsky planteó ingeniosamente:

"Todo individuo es dialéctico en uno u otro sentido, en la mayor parte de los casos, inconscientemente. Una ama de casa sabe que cierta cantidad de sal condimenta agradablemente la sopa, pero que una cantidad mayor hace incomible la sopa. En consecuencia, una campesina ignorante se guía al hacer la sopa, por la ley hegeliana de la transformación de la cantidad en calidad. Podrían citarse infinita cantidad de ejemplos obtenidos de la vida diaria. Hasta los animales, llegan a sus conclusiones prácticas basándose no solamente en el silogismo aristotélico sino también en la dialéctica de Hegel. Así, el zorro sabe que hay aves y cuadrúpedos gustosos y nutritivos. Al acechar a una liebre, a un conejo o a una gallina, el zorro se hace esta reflexión: esta criatura pertenece al tipo nutritivo y

gustoso, y salta sobre la presa. Tenemos aquí un silogismo completo, aunque podemos suponer que el zorro no leyó nunca a Aristóteles. Cuando el mismo zorro, sin embargo, encuentra al primer animal que lo excede en tamaño, un lobo, por ejemplo, extrae rápidamente la conclusión de que la cantidad se transforma en calidad y procede a huir. Evidentemente, las patas del zorro están equipadas con tendencias hegelianas, aunque no conscientes.

"Todo esto demuestra, dicho sea de paso, que nuestros métodos de pensamiento, tanto la lógica formal como la dialéctica, no son construcciones arbitrarias de nuestra razón sino más bien, expresiones de las verdaderas interrelaciones que existen en la naturaleza misma. En este sentido, el universo entero está saturado de dialéctica 'inconsciente'. Pero la naturaleza no se detuvo allí. Se produjo un no pequeño desarrollo antes de que las relaciones internas de la naturaleza pasaran al lenguaje de la conciencia de zorros y hombres, y que el hombre llegara a ser capaz de generalizar esas formas de conciencia transformándolas en categorías lógicas (dialécticas), creando así la posibilidad de conocer más profundamente el mundo que nos rodea".²⁴

A pesar del carácter aparentemente trivial de estos ejemplos, en realidad nos revelan una verdad profunda sobre la manera en que funciona el mundo. Tomemos el ejemplo del montón de granos. Algunas de las investigaciones más recientes sobre la teoría del caos se han centrado en el punto crítico en el que una serie de pequeñas variaciones producen un cambio de estado. (En terminología moderna esto se llama "el borde del caos".) El trabajo del físico, danés de nacimiento, Per Bak y otros sobre la "criticalidad auto-organizada" utiliza precisamente el ejemplo de un montón de arena para ilustrar los profundos procesos que tienen lugar a muchos niveles de la naturaleza, y que se corresponden precisamente a la ley de la transformación de la cantidad en calidad.

Uno de los ejemplos de esto es el del montón de arena -una analogía del montón de granos de los megarenses-. Dejamos caer granos de arena uno a uno sobre una superficie llana. El experimento se ha llevado a cabo muchas veces, tanto con montones de arena reales sobre mesas, como en simulaciones informáticas. Durante un tiempo se irán apilando uno encima de otro hasta formar una pequeña pirámide. Una vez que se llegue a este punto, cualquier otro grano de arena adicional o bien encontrará un sitio en la pila, o desequilibrará uno de sus lados justo lo suficiente para provocar que otros granos caigan en avalancha. Dependiendo de cómo estén situados los otros granos, la avalancha puede ser muy pequeña o devastadora, llevándose gran cantidad de granos. Cuando el montón llega a este punto crítico, incluso un solo grano puede afectar dramáticamente todos los demás a su alrededor. Este ejemplo aparentemente trivial es un excelente "modelo al borde-del-caos", con un amplio espectro de aplicaciones, desde los terremotos a la evolución; desde las crisis de la bolsa a las guerras.

El montón de arena se va haciendo más y más grande, con el exceso de arena deslizándose por los lados. Cuando todo el exceso de arena ha caído, el montón de arena resultante se dice que está "auto-organizado". En otras palabras, nadie le ha dado conscientemente esa forma. Se "organiza a sí mismo", de acuerdo con sus leyes inherentes, hasta que llega a un estado crítico, en el que los granos de arena de su superficie son a duras penas estables. En este estado crítico, incluso añadir un solo grano de arena puede provocar resultados imprevisibles. Puede causar un pequeño cambio más, o puede desencadenar una reacción en cadena que provoque una avalancha catastrófica que destruya el montón.

Según Per Bak, se puede dar una expresión matemática a este fenómeno, según la cual la frecuencia media de una avalancha de determinado tamaño es inversamente proporcional a una potencia de su tamaño. También plantea que este comportamiento ("power-law") es extremadamente común en la naturaleza, como en la masa crítica del plutonio, en el que la reacción en cadena se da en el punto en que provoca una explosión nuclear. Por debajo del nivel crítico, la reacción en cadena dentro de la masa del plutonio se desvanecerá, mientras que por encima del nivel crítico la masa explotará. Se puede ver un fenómeno similar en los terremotos, donde las rocas de ambos lados de una falla, en un punto de la tierra en el que están a punto de deslizarse, se superponen. La falla sufre una serie de pequeños y grandes deslizamientos, que mantienen la tensión en el punto crítico durante un tiempo hasta que al final colapsa en un terremoto.

Aunque los que abogan por la teoría del caos parecen no saberlo, todos estos son ejemplos de la ley de la transformación de la cantidad en calidad. Hegel inventó la línea nodal de relaciones de medida, en la cual pequeños cambios cuantitativos en un momento dado dan lugar a un salto cualitativo. A menudo se utiliza el ejemplo del agua, que hierve a 100°C en condiciones normales de presión atmosférica. A medida que la temperatura se acerca al punto de ebullición, el incremento de calor no provoca inmediatamente que las moléculas de agua se separen. Hasta que no llega al punto de ebullición, el agua mantiene su volumen. Sigue siendo agua, debido a la atracción que las moléculas ejercen unas sobre otras. Sin embargo, el cambio constante de temperatura tiene como efecto un aumento en la velocidad de las moléculas. El volumen entre los átomos aumenta gradualmente, hasta el punto en que la fuerza de atracción es insuficiente para mantener juntas las moléculas. Precisamente a 100°C, cualquier incremento en la energía calórica hará que las moléculas se separen, produciendo vapor.

El mismo proceso también se puede ver al revés. Cuando el agua se enfría desde 100°C a 0°C, no se congela gradualmente, convirtiéndose en una gelatina y luego en un sólido. El movimiento de los átomos se ralentiza gradualmente en la medida en que disminuye la energía calórica hasta que, a 0°C, se llega a un punto crítico, en el cual las moléculas se organizan de acuerdo con cierto modelo, es decir, el hielo. Todo el mundo puede comprender la diferencia cualitativa entre un sólido y un líquido. El agua se puede utilizar para determinados fines, como lavar o saciar la sed, para los cuales el hielo no sirve. Técnicamente hablando, la diferencia es que, en un sólido, los átomos están organizados en un orden cristalino. No tienen una posición azarosa a grandes distancias, es decir, que la posición de los átomos en un lado del cristal está determinado por los átomos en el otro lado. Por eso podemos

mover la mano libremente a través del agua mientras que el hielo es rígido y ofrece resistencia. De esta manera, estamos describiendo un cambio cualitativo, un cambio de estado, que surge de una acumulación de cambios cuantitativos. Una molécula de agua es una cuestión relativamente sencilla: un átomo de oxígeno unido a dos átomos de hidrógeno gobernados por ecuaciones de física atómica bien comprendidas. Sin embargo, cuando combinamos un gran número de moléculas, adquieren propiedades que ninguna de ellas tienen aisladamente $\frac{3}{4}$ liquidez $\frac{3}{4}$. Este tipo de propiedad no está implícita en las ecuaciones. En el lenguaje de la complejidad, liquidez es un fenómeno "emergente".

"Por ejemplo, si enfriamos estas moléculas líquidas de agua un poco, a 32°F dejarán de dar volteretas azarosas de una forma repentina. Por el contrario, experimentarán una 'transición de fase', encerrándose en una formación cristalina ordenada llamada hielo. Si vamos al sentido contrario, calentando el líquido, las mismas moléculas de agua volteantes repentinamente se separarán, experimentando una transición de fase al convertirse en vapor. Ninguna de las dos transiciones de fase tendría significación en el caso de una molécula aislada".25

La frase "transición de fase" no es ni más ni menos que un salto cualitativo. Se pueden observar procesos similares en fenómenos tan variados como el tiempo, las moléculas de ADN y en la propia mente. Esta propiedad de liquidez es bien conocida en base a nuestra experiencia diaria. También en la física, el comportamiento de los líquidos es bien comprendido y perfectamente predecible hasta cierto punto. Las leyes del movimiento de los fluidos (gases y líquidos) distinguen claramente entre el flujo laminar suave, que es predecible y bien definido, y el flujo turbulento que sólo se puede expresar, en el mejor de los casos, aproximadamente. Se puede predecir exactamente el movimiento del agua alrededor de un embarcadero en un río en base a las ecuaciones normales de los fluidos, siempre y cuando se mueva lentamente. Incluso si incrementamos la velocidad del flujo, provocando remolinos, todavía podemos predecir su comportamiento. Pero si incrementamos la velocidad del flujo más allá de cierto punto, se hace imposible predecir dónde se van a formar los remolinos e, incluso, decir algo sobre el comportamiento del agua en su conjunto. Ha pasado a ser caótico.

La tabla periódica de Mendeleyev

La existencia de cambios cualitativos en la materia era conocida bastante antes de que los seres humanos empezasen a pensar en la ciencia, pero no fue comprendida realmente hasta la llegada de la teoría atómica. Previamente, los físicos consideraban los cambios de estado de sólido a líquido y a gas como algo que sucedía sin que nadie supiese exactamente porqué. Sólo ahora empezamos a comprender correctamente estos fenómenos.

La ciencia de la química hizo enormes progresos durante el siglo XIX. Se descubrieron gran cantidad de elementos. Pero, de una forma bastante parecida a las situación de la física de partículas hoy en día, reina el caos. El gran científico ruso Dimitri Ivanovich Mendeleyev fue el que puso la casa en orden cuando, en 1869, en colaboración con el químico alemán Julius Meyer, elaboró la tabla periódica de los elementos, que mostraba la repetición periódica de propiedades químicas similares.

La existencia del peso atómico fue descubierta en 1862 por Cannizzaro. Pero el genio de Mendeleyev consistió en que no trató los elementos desde un punto de vista meramente cuantitativo, es decir, no consideró la relación entre los diferentes átomos simplemente en términos de peso. Si lo hubiese hecho, no hubiera sido posible la ruptura que realizó. Desde un punto de vista puramente cuantitativo, por ejemplo, el elemento telurio (peso atómico = 127,61) debería de venir después del yodo (peso atómico = 126,91) en la tabla periódica, sin embargo, Mendeleyev lo colocó justo delante del yodo, debajo del selenio, al que se parece más, y colocó el yodo debajo del elemento relacionado, el bromo. El método de Mendeleyev fue confirmado en el siglo XX cuando la investigación de rayos X demostró que está colocación era correcta. El nuevo número atómico para el telurio fue el 52, mientras que el del yodo es 53.

Toda la tabla periódica de Mendeleyev está basada en la ley de la cantidad en calidad, deduciendo diferencias cualitativas en los elementos a partir de diferencias cualitativas en sus pesos atómicos. Engels en su día ya lo reconoció:

"Por último, la ley hegeliana vale, no sólo para las sustancias compuestas, sino también para los propios elementos químicos. Sabemos que 'las propiedades químicas de los elementos son una función periódica de sus pesos atómicos' (...) y que, por consiguiente, su calidad la determina la cantidad de su peso atómico. Y la demostración de esto es brillante. Mendeleyev probó que las distintas brechas que ocurren en las series de elementos emparentados, ordenados según los pesos atómicos, indicaban que en ellas había nuevos elementos que descubrir. Describió por anticipado las propiedades químicas generales de uno de esos elementos desconocidos, que llamó eka-aluminio, porque sigue al aluminio en la serie que se inicia con éste, y predijo su peso atómico y específico aproximados, así como su volumen atómico. Unos años después, Lecoq de Boisbaudran descubrió ese elemento, y las predicciones de Mendeleyev coincidían, con muy leves discrepancias. El eka-aluminio fue, a partir de entonces, el galio (...) Por medio de la aplicación $\frac{3}{4}$ inconsciente $\frac{3}{4}$ de la ley de Hegel, de transformación de la cantidad en calidad, Mendeleyev realizó una hazaña científica que no es excesiva audacia equiparar con la de Leverrier, cuando calculó la órbita del planeta Neptuno, hasta entonces desconocido".26

La química implica cambios tanto cualitativos como cuantitativos, cambios de grado y de estado. Esto se puede ver claramente en el cambio de estado de gas a líquido o a sólido, que en general está relacionado con cambios de temperatura y presión. En Anti-Dühring, Engels da una serie de ejemplos de como, en química, la simple adición cuantitativa de elementos crea cuerpos totalmente diferentes. Desde los tiempos de Engels, el sistema químico de denominaciones ha cambiado, pero este ejemplo expresa exactamente el cambio de cantidad en calidad:

		Punto de ebullición	Punto de fusión
CH_2O_2	ácido fórmico	100°	1°
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$	ácido acético	118°	17°
$\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$	ácido propiónico	140°	-
$\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$	ácido butírico	162°	-
$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$	ácido valeriánico	175°	-

y así sucesivamente hasta $\text{C}_{30}\text{H}_{60}\text{O}_2$, el ácido melísico, que no se funde hasta los 80; y no tiene punto de ebullición, porque no se puede pasar al estado de vapor sin descomponerlo".²⁷

El estudio de los gases y vapores constituye una rama especial de la química. El pionero de la química inglesa, Faraday, creía que era imposible licuar seis gases, a los que denominó gases permanentes $\frac{3}{4}$ hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, monóxido de carbono, óxido nítrico y metano $\frac{1}{4}$. Pero en 1877, el químico suizo R. Pictet consiguió licuar el oxígeno a -140°C bajo una presión de 500 atmósferas. Más tarde, también el nitrógeno, el oxígeno y el monóxido de carbono fueron licuados a temperaturas todavía más bajas. En 1900, se licuó el hidrógeno a -240°C , y a temperaturas todavía más bajas se consiguió incluso solidificarlo. Finalmente, el desafío más difícil de todos, la licuefacción del helio, se consiguió a -255°C . Estos descubrimientos tuvieron importantes aplicaciones prácticas. Hoy en día, el hidrógeno y el oxígeno líquidos se utilizan en grandes cantidades en cohetes. La transformación de cantidad en calidad se demuestra por el hecho de que cambios de temperatura provocan importantes cambios de propiedades. Esta es la clave del fenómeno de la superconductividad. A temperaturas enormemente bajas, ciertas sustancias, empezando con el mercurio, no ofrecen ninguna resistencia a las corrientes eléctricas.

El estudio de temperaturas extremadamente bajas fue desarrollado a mediados del siglo XIX por el inglés William Kelvin (más tarde Lord), estableciendo el concepto del cero absoluto (la temperatura más baja posible) que calculó en -273°C . A esta temperatura, creía, la energía de las moléculas se hundiría a cero. Esta temperatura se llama el cero Kelvin y se utiliza como base para la escala de medidas de temperaturas muy bajas. Sin embargo, incluso al cero absoluto, el movimiento no desaparece del todo. Todavía hay algo de energía, que no se puede hacer desaparecer. A efectos prácticos, se puede decir que la energía es cero, pero en realidad no es así. Materia y movimiento, como Engels planteó, son absolutamente inseparables, incluso al "cero absoluto".

Hoy en día se consiguen temperaturas increíblemente bajas de forma rutinaria, y juegan un papel importante en la producción de superconductores. El mercurio se convierte en superconductor a exactamente $4,12^\circ\text{K}$; el plomo a $7,22^\circ\text{K}$; el estaño a $3,73^\circ\text{K}$; el aluminio a $1,2^\circ\text{K}$; el uranio a $0,8^\circ\text{K}$; el titanio a $0,53^\circ\text{K}$. Unos 1.400 elementos y aleaciones tienen esta cualidad. El punto de ebullición del nitrógeno líquido es $20,4^\circ\text{K}$. El helio es el único elemento conocido que no se puede congelar, incluso al cero absoluto. Es la única sustancia que posee la propiedad conocida como superfluidez. Sin embargo, también en este caso, cambios de temperatura provocan saltos cualitativos. A $2,2^\circ\text{K}$, el comportamiento del helio sufre un cambio tan fundamental que se conoce como helio-2, para diferenciarlo del helio líquido por encima de esa temperatura (helio-1). Utilizando nuevas técnicas se han conseguido temperaturas de $0,000001^\circ\text{K}$, aunque se cree que no puede llegar al cero absoluto.

Hasta ahora nos hemos concentrado en cambios químicos en el laboratorio y en la industria. Pero no deberíamos olvidar que estos cambios se producen a una escala mucho más grande en la naturaleza. La composición química del carbón, dejando de lado las impurezas, y la de los diamantes es la misma $\frac{3}{4}$ carbono $\frac{1}{4}$. La diferencia es el resultado de una presión colosal que, en un punto determinado, transforma los contenidos de un saco de carbón en el collar de una duquesa. Para convertir grafito común en diamante se necesitaría una presión de por lo menos 10.000 atmósferas durante un largo período de tiempo. Este proceso se da de forma natural bajo la superficie de la tierra. En 1955, el monopolio GEC consiguió convertir grafito en diamante a una temperatura de 2.500°C y a una presión de 100.000 atmósferas. En 1962 se consiguió el mismo resultado a una temperatura de 5.000°C y a una presión de 200.000 atmósferas, convirtiendo el grafito directamente en diamante, sin la ayuda de un catalizador. Estos son diamantes sintéticos, que no se utilizan para adornar los cuellos de las duquesas, sino con fines mucho más productivos, como herramientas de corte en la industria.

Transiciones de fase

Un importante campo de investigación es el que se refiere a lo que se conoce como transiciones de fase: el punto crítico en el que la materia cambia de sólido a líquido, o de líquido a vapor; o el cambio de no magnético a magnético; o de conductor a superconductor. Todos estos procesos son diferentes, pero se ha demostrado sin lugar a dudas que son similares, tanto que las matemáticas que se aplican a uno de estos experimentos se pueden utilizar a muchos otros. Este es un ejemplo muy claro de un salto cualitativo, como demuestra esta cita de James Gleick:

"Como tantas otras cosas del caos, las transiciones de fase incluyen un comportamiento macroscópico, difícil de predecir con el estudio de los detalles microscópicos. Las moléculas de un sólido calentado vibran con la energía adicional. Fuerzan sus límites hacia el exterior y hacen que la sustancia se expanda. Cuanto más alto sea el calor, tanto más intensa será la expansión. Pero, a temperatura y presión determinadas, el cambio se vuelve repentino y discontinuo. Se ha tirado de una cuerda y se rompe. La forma cristalina se deshace y las moléculas se apartan unas

de otras. Obedecen a leyes de los fluidos que hubieran sido imposibles de inferir de cualquier aspecto del sólido. El promedio de energía atómica casi no ha cambiado, pero la materia $\frac{3}{4}$ ahora líquida, o un imán, o un superconductor $\frac{3}{4}$ ha entrado en un reino nuevo".²⁸

La dinámica de Newton era suficiente para explicar fenómenos a gran escala, pero se hizo inservible para sistemas de dimensiones atómicas. De hecho, la mecánica clásica es válida para la mayoría de operaciones que no implican grandes velocidades o procesos que se dan en el nivel subatómico. Trataremos en detalle sobre la mecánica cuántica en otra sección. Esta representa un salto cualitativo en la ciencia. Su relación con la mecánica clásica es similar a la que existe entre las matemáticas superiores y clásicas, y entre la dialéctica y la lógica formal. Puede explicar hechos que la mecánica clásica no puede explicar, como la transformación radioactiva, la transformación de materia en energía. Da lugar a nuevas ramas de la ciencia $\frac{3}{4}$ la química teórica, capaz de resolver problemas que eran insolubles $\frac{3}{4}$. La teoría del magnetismo metálico provocó un cambio fundamental, haciendo posible brillantes descubrimientos en el flujo de electricidad a través de metales. Una vez que se aceptó el nuevo punto de vista, toda una serie de dificultades teóricas quedaron eliminadas. Pero durante un largo período de tiempo se encontró con una feroz resistencia, precisamente porque sus resultados chocaban de frente con el método de pensamiento tradicional y las leyes de la lógica formal.

La física moderna nos da una gran cantidad de ejemplos de las leyes de la dialéctica, empezando por la cantidad y calidad. Tomemos, por ejemplo, la relación entre los diferentes tipos de ondas electromagnéticas y sus frecuencias, es decir, su velocidad de pulsación. El trabajo de Maxwell, en el que Engels estaba muy interesado, demostró que las ondas electromagnéticas y las ondas lumínicas eran del mismo tipo. La mecánica cuántica demostró más tarde que la situación es mucho más compleja. Pero a bajas frecuencias, la teoría de las ondas se puede aplicar bastante bien.

Las propiedades de las ondas están determinadas por el número de oscilaciones por segundo. La diferencia es en la frecuencia de las ondas, la velocidad de pulsación, el número de vibraciones por segundo. Es decir, cambios cuantitativos dan lugar a diferentes tipos de señales de onda. Trasladado a colores, el rojo indica ondas lumínicas de baja frecuencia. Un aumento de la frecuencia de vibración convierte el color en naranja-amarillo, luego violeta, después en invisibles rayos ultravioleta y rayos X, y finalmente en rayos gamma. Si vamos al otro extremo del proceso pasamos de infrarrojos y rayos calóricos a radio ondas. Es decir, el mismo fenómeno se manifiesta de maneras diferentes según sea la frecuencia mayor o menor. Cambios cuantitativos que pasan a ser cualitativos.

El espectro electromagnético

Frecuencia en oscilaciones/seg.	Nombre	Comportamiento aproximado
10^2	Perturbación eléctrica	Campo
$5 \times 10^5 - 10^6$	Radiodifusión	} Ondas
10^8	FM - TV	
10^{10}	Radar	
$5 \times 10^{14} \text{ ñ } 10^{15}$	Luz	

10^{18}	Rayos X	} Partícula
10^{21}	Rayos y nucleares	
10^{24}	Rayos y artificial	
10^{27}	Rayos y en rayos cósmicos	

Fuente: R. P. Feynman, Lectures on Physics, capítulo 2, p. 7, tabla 2-1.

Orgánico e inorgánico

La ley de la cantidad y calidad también sirve para aclarar uno de los aspectos más controvertidos de la física moderna, el llamado "principio de indeterminación", que examinaremos más en detalle en otra sección. Aunque es imposible conocer la posición y velocidad exactas de una partícula subatómica en concreto, es posible predecir bastante exactamente el comportamiento de un gran número de partículas. Un ejemplo más: los átomos radioactivos decaen de tal manera que hacen imposible una predicción detallada. Sin embargo, un gran número de átomos decae con una frecuencia tan estadísticamente fiable que los científicos los utilizan como "relojes" para calcular la edad de la tierra, el sol y las estrellas. El mero hecho de que las leyes que gobiernan el comportamiento de las partículas subatómicas sean tan diferentes de las que se aplican en el mundo "normal" es en sí mismo un ejemplo de la

transformación de la cantidad en calidad. El punto exacto en el que las leyes de los fenómenos a pequeña escala dejan de aplicarse fue definido por la acción cuántica planteada por Max Planck en 1900.

En un punto determinado, la concatenación de circunstancias provoca un salto cualitativo en el que la materia orgánica surge de la materia inorgánica. La diferencia entre materia orgánica e inorgánica es sólo relativa. La ciencia moderna ha avanzado bastante en el proceso de conocer exactamente cómo surge la una de la otra. La vida en sí misma consiste en átomos organizados de determinada manera. Todos nosotros somos un conjunto de átomos, pero no "simplemente" un conjunto de átomos. En la increíblemente complicada organización de nuestros genes tenemos un número de posibilidades infinito. La tarea de permitir que cada individuo las desarrolle hasta su máxima expresión es la auténtica tarea del socialismo.

Los biólogos moleculares conocen ahora la secuencia completa del ADN de un organismo, pero no pueden deducir de esto cómo se organiza el organismo durante su desarrollo, de la misma manera que el conocimiento de la estructura del H₂O no nos da una comprensión de las cualidades de la liquidez. Un análisis de los componentes químicos y células del cuerpo no nos da una fórmula de la vida. Lo mismo se aplica a la mente. Los neurocientíficos tienen una gran cantidad de información de lo que hace el cerebro. El cerebro humano se compone de 10.000 millones de neuronas, cada una de las cuales tiene una media de mil conexiones con otras neuronas. El ordenador más veloz es capaz de realizar alrededor de mil millones de operaciones por segundo. El cerebro de una mosca posada en una pared realiza 100.000 millones de operaciones en ese mismo tiempo. Esta comparación nos da una idea de la enorme diferencia entre el cerebro humano y el ordenador más avanzado.

La enorme complejidad del cerebro humano es una de las razones por las que los idealistas han intentado rodear el fenómeno de la mente con una aura mística. El conocimiento de los detalles de las neuronas, axones y sinapsis individuales no es suficiente para explicar los fenómenos del pensamiento y las emociones. Sin embargo, no hay en ello nada místico. En el lenguaje de la teoría de la complejidad, tanto mente como vida son fenómenos emergentes. En el lenguaje de la dialéctica el salto de cantidad a calidad significa que el todo posee cualidades que no pueden ser deducidas de la suma de las partes ni reducidas a ellas. Ninguna de las neuronas es consciente en sí misma. Pero sí lo son la suma de las neuronas y sus interconexiones. Las redes neuronales son sistemas no lineales. Es la actividad compleja y las interacciones entre las neuronas lo que produce el fenómeno que llamamos consciencia.

Podemos ver el mismo tipo de fenómeno en grandes cantidades o sistemas multicomponentes en las esferas más variadas. Los estudios de colonias de hormigas en la Universidad de Bath han demostrado cómo comportamientos que no se ven en hormigas individuales aparecen en una colonia. Una hormiga sola, dejada a su suerte, dará vueltas sin rumbo, buscando comida y descansando a intervalos irregulares. Sin embargo, cuando pasamos a observar la colonia en su conjunto inmediatamente se hace claro que son activas en intervalos completamente regulares. Se cree que esto maximiza la efectividad de su trabajo: si trabajan todas a la vez es improbable que una hormiga repita la tarea que acaba de realizar otra. El grado de coordinación de una colonia de hormigas es tal que algunos las consideran como un sólo animal, más que como una colonia. Esto también es una representación mística de un fenómeno que existe a muchos niveles de la naturaleza y en la sociedad humana y animal, y que sólo se puede entender en términos de la relación dialéctica entre el todo y la parte.

Podemos ver la aplicación de la transformación de la cantidad en calidad cuando consideramos la evolución de las especies. En términos biológicos "especie" o "raza" animal se define por su capacidad de entrecruzarse. Pero en la medida en que las modificaciones evolutivas alejan a un grupo del otro, llega un punto en que ya no pueden entrecruzarse. En este punto se ha formado una nueva especie. Los paleontólogos Steven J. Gould y Niles Eldridge han demostrado que estos procesos a veces son lentos y prolongados, y otras veces extremadamente rápidos. De cualquier manera, demuestran cómo una acumulación gradual de pequeños cambios en un momento dado provoca un cambio cualitativo. El equilibrio puntuado es el término utilizado por estos biólogos para describir largos períodos de estabilidad interrumpidos por explosiones repentinas de cambio. Cuando Gould y Eldridge, del Museo Americano de Historia Natural, propusieron esta idea en 1972, provocaron un agrio debate entre biólogos, para los cuales, hasta entonces, la evolución darwiniana era sinónimo de gradualismo.

Durante mucho tiempo se creyó que la evolución excluía este tipo de cambios drásticos. Se había planteado como un cambio lento y gradual. Sin embargo, el registro fósil, aunque incompleto, presenta una imagen totalmente diferente, con largos períodos de evolución gradual puntuados por explosiones violentas, acompañadas de extinciones masivas de algunas especies y el rápido surgimiento de otras. Sea cierto o no que los dinosaurios se extinguieran debido a la colisión de un meteorito con la tierra, es bastante improbable que la mayoría de las grandes extinciones hayan tenido esta misma causa. Los fenómenos externos, incluyendo impactos de meteoritos o cometas, pueden jugar un papel como "accidentes" en el proceso evolutivo, pero es necesario buscar una explicación a la evolución como resultado de sus propias leyes internas. La teoría del "equilibrio puntuado", que hoy en día cuenta con el apoyo de la mayoría de los paleontólogos, representa una ruptura decisiva con la vieja interpretación gradualista del darwinismo, y presenta una visión dialéctica de la evolución, en la que largos períodos de estabilidad se ven interrumpidos por saltos bruscos y cambios catastróficos de todo tipo.

Hay un número inacabable de ejemplos de la ley de la transformación de la cantidad en calidad, abarcando un amplio espectro. ¿Es posible seguir dudando de la validez de esta ley extremadamente importante sobre bases científicas? ¿Está justificado continuar ignorándola, o descartarla como una invención subjetiva, que ha sido aplicada arbitrariamente a diferentes fenómenos sin ninguna relación entre sí? Vemos como en la física el estudio de transiciones de fase ha llevado a la conclusión de que cambios aparentemente sin relación entre ellos, de la

ebullición de los líquidos y la magnetización de metales, todos se rigen por las mismas reglas. Es sólo una cuestión de tiempo el que se encuentren conexiones similares que revelarán sin lugar a dudas que la ley de la transformación de la cantidad en calidad es, efectivamente, una de las leyes más fundamentales de la naturaleza.

El todo y las partes

Según la lógica formal, el todo es igual a la suma de las partes. Sin embargo, si lo examinamos más atentamente veremos que esto no es cierto. En el caso de los organismos vivos claramente no lo es. Un conejo troceado en un laboratorio y reducido a sus partes constituyentes, ¡deja de ser un conejo! Los defensores de la teoría del caos y la complejidad han comprendido este hecho. Mientras que la física clásica con sus sistemas lineales, aceptaba que el todo era exactamente la suma de sus partes constituyentes, la lógica no lineal de la complejidad mantiene la afirmación contraria, completamente de acuerdo con la dialéctica:

"El todo casi siempre equivale a bastante más que la suma de sus partes constituyentes", dice Waldrop. "Y la expresión matemática de dicha propiedad $\frac{3}{4}$ en la medida en que semejantes sistemas pueden ser descritos por las matemáticas en general $\frac{3}{4}$ es una ecuación no lineal: una cuyo gráfico es curvo".²⁹

Ya hemos citado ejemplos de cambios cualitativos en química utilizados por Engels en el Anti-Dühring. Aunque esos ejemplos siguen siendo válidos, no nos dan una visión completa del fenómeno. Engels estaba limitado por el conocimiento científico de su tiempo. Hoy en día es posible llegar mucho más lejos. La teoría atómica clásica de la química parte de la idea de que cualquier combinación de átomos en una unidad más grande sólo puede ser un agregado de esos átomos, es decir, una relación puramente cuantitativa. La unión de átomos en moléculas era vista como una simple yuxtaposición. Fórmulas químicas como H₂O, H₂SO₄, etc., presuponen que cada uno de esos átomos sigue siendo básicamente el mismo, incluso cuando entra en una nueva combinación para formar una molécula.

Esto reflejaba precisamente la manera de pensar de la lógica formal, que plantea que el todo es sólo la suma de las partes. En la medida en que el peso molecular es igual a la suma de los pesos de los átomos respectivos, se daba por supuesto que los átomos seguían siendo los mismos, habiendo entrado en una relación puramente cuantitativa. Sin embargo, muchas de las propiedades del compuesto no se podían determinar de esta manera. De hecho, muchas de las propiedades químicas de los compuestos difieren considerablemente de las de los elementos de que se componen. El llamado "principio de yuxtaposición" no explica estos cambios. Es unilateral, inadecuado, en una palabra, incorrecto.

La teoría atómica moderna ha demostrado la incorrección de esta idea. Aunque aquella acepta que las estructuras complejas se pueden explicar en términos de agregados de factores más elementales, ha demostrado que las relaciones entre estos elementos no son simplemente indiferentes y cuantitativas, sino dinámicas y dialécticas. Las partículas elementales que forman los átomos están en constante interacción, pasando de ser una cosa a otra. No son constantes fijas, sino que a cada momento son ellas mismas y otra cosa al mismo tiempo. Estas relaciones dinámicas son precisamente lo que da a las moléculas resultantes su naturaleza particular, propiedades e identidad específica.

En esta nueva combinación, los átomos son y no son ellos mismos. Se combinan de forma dinámica produciendo una entidad totalmente diferente, una relación diferente que, a su vez, determina el comportamiento de las partes componentes. No estamos tratando simplemente con una "yuxtaposición" inanimada, un agregado mecánico, sino con un proceso. Por lo tanto, para comprender la naturaleza de una entidad, es totalmente insuficiente reducirla a sus componentes atómicos individuales. Es necesario entender sus interrelaciones dinámicas, es decir, llegar a un análisis dialéctico, no formal.

David Bohm fue uno de los pocos que dio una alternativa teórica elaborada a la subjetivista "interpretación de Copenhague" de la mecánica cuántica. El análisis de Bohm, claramente influenciado por el método dialéctico, defiende un replanteamiento radical de la mecánica cuántica y un nuevo punto de vista de la relación entre el todo y las partes. Plantea que la interpretación corriente de la mecánica cuántica no da una idea precisa del alcance de la revolución que supuso en la física moderna.

"De hecho", dice Bohm, "cuando se extiende esta interpretación a las teorías de los campos, no sólo las interrelaciones de las partes, sino hasta su existencia surge de la ley del conjunto. Por lo tanto, no queda nada del esquema clásico en el que el todo se deriva de las partes preexistentes relacionadas de maneras predeterminadas. Más bien, lo que tenemos es algo similar a la relación del todo y las partes de un organismo, en el que cada órgano crece y se sostiene de una manera que depende crucialmente del conjunto".³⁰

Una molécula de azúcar se puede dividir en los átomos individuales que la constituyen, pero entonces deja de ser azúcar. Una molécula no se puede reducir a sus partes componentes sin perder su identidad. Este es precisamente el problema cuando intentamos tratar un fenómeno complejo desde un punto de vista puramente cuantitativo. La super simplificación resultante nos lleva a una visión unilateral y distorsionada del mundo natural, en la medida en que no tenemos en cuenta el aspecto cualitativo. Es precisamente a través de la calidad que podemos distinguir una cosa de otra. La calidad es la base de toda nuestra comprensión del mundo, porque expresa la realidad fundamental de todas las cosas, mostrando las fronteras críticas que existen en el nivel de la realidad material. El punto exacto en el que pequeños cambios de grado dan lugar a cambios de estado es uno de los problemas más fundamentales de la ciencia. Es una cuestión que ocupa un lugar central en el materialismo dialéctico.

El todo y las partes

Según la lógica formal, el todo es igual a la suma de las partes. Sin embargo, si lo examinamos más atentamente veremos que esto no es cierto. En el caso de los organismos vivos claramente no lo es. Un conejo troceado en un laboratorio y reducido a sus partes constituyentes, ¡deja de ser un conejo! Los defensores de la teoría del caos y la complejidad han comprendido este hecho. Mientras que la física clásica con sus sistemas lineales, aceptaba que el todo era exactamente la suma de sus partes constituyentes, la lógica no lineal de la complejidad mantiene la afirmación contraria, completamente de acuerdo con la dialéctica:

"El todo casi siempre equivale a bastante más que la suma de sus partes constituyentes", dice Waldrop. "Y la expresión matemática de dicha propiedad -n la medida en que semejantes sistemas pueden ser descritos por las matemáticas en general- es una ecuación no lineal: una cuyo gráfico es curvo".²⁹

Ya hemos citado ejemplos de cambios cualitativos en química utilizados por Engels en el Anti-Dühring. Aunque esos ejemplos siguen siendo válidos, no nos dan una visión completa del fenómeno. Engels estaba limitado por el conocimiento científico de su tiempo. Hoy en día es posible llegar mucho más lejos. La teoría atómica clásica de la química parte de la idea de que cualquier combinación de átomos en una unidad más grande sólo puede ser un agregado de esos átomos, es decir, una relación puramente cuantitativa. La unión de átomos en moléculas era vista como una simple yuxtaposición. Fórmulas químicas como H_2O , H_2SO_4 , etc., presuponen que cada uno de esos átomos sigue siendo básicamente el mismo, incluso cuando entra en una nueva combinación para formar una molécula.

Esto reflejaba precisamente la manera de pensar de la lógica formal, que plantea que el todo es sólo la suma de las partes. En la medida en que el peso molecular es igual a la suma de los pesos de los átomos respectivos, se daba por supuesto que los átomos seguían siendo los mismos, habiendo entrado en una relación puramente cuantitativa. Sin embargo, muchas de las propiedades del compuesto no se podían determinar de esta manera. De hecho, muchas de las propiedades químicas de los compuestos difieren considerablemente de las de los elementos de que se componen. El llamado "principio de yuxtaposición" no explica estos cambios. Es unilateral, inadecuado, en una palabra, incorrecto.

La teoría atómica moderna ha demostrado la incorrección de esta idea. Aunque aquella acepta que las estructuras complejas se pueden explicar en términos de agregados de factores más elementales, ha demostrado que las relaciones entre estos elementos no son simplemente indiferentes y cuantitativas, sino dinámicas y dialécticas. Las partículas elementales que forman los átomos están en constante interacción, pasando de ser una cosa a otra. No son constantes fijas, sino que a cada momento son ellas mismas y otra cosa al mismo tiempo. Estas relaciones dinámicas son precisamente lo que da a las moléculas resultantes su naturaleza particular, propiedades e identidad específica.

En esta nueva combinación, los átomos son y no son ellos mismos. Se combinan de forma dinámica produciendo una entidad totalmente diferente, una relación diferente que, a su vez, determina el comportamiento de las partes componentes. No estamos tratando simplemente con una "yuxtaposición" inanimada, un agregado mecánico, sino con un proceso. Por lo tanto, para comprender la naturaleza de una entidad, es totalmente insuficiente reducirla a sus componentes atómicos individuales. Es necesario entender sus interrelaciones dinámicas, es decir, llegar a un análisis dialéctico, no formal.

David Bohm fue uno de los pocos que dio una alternativa teórica elaborada a la subjetivista "interpretación de Copenhague" de la mecánica cuántica. El análisis de Bohm, claramente influenciado por el método dialéctico, defiende un replanteamiento radical de la mecánica cuántica y un nuevo punto de vista de la relación entre el todo y las partes. Plantea que la interpretación corriente de la mecánica cuántica no da una idea precisa del alcance de la revolución que supuso en la física moderna.

"De hecho", dice Bohm, "cuando se extiende esta interpretación a las teorías de los campos, no sólo las interrelaciones de las partes, sino hasta su existencia surge de la ley del conjunto. Por lo tanto, no queda nada del esquema clásico en el que el todo se deriva de las partes preexistentes relacionadas de maneras predeterminadas. Más bien, lo que tenemos es algo similar a la relación del todo y las partes de un organismo, en el que cada órgano crece y se sostiene de una manera que depende crucialmente del conjunto".³⁰

Una molécula de azúcar se puede dividir en los átomos individuales que la constituyen, pero entonces deja de ser azúcar. Una molécula no se puede reducir a sus partes componentes sin perder su identidad. Este es precisamente el problema cuando intentamos tratar un fenómeno complejo desde un punto de vista puramente cuantitativo. La super simplificación resultante nos lleva a una visión unilateral y distorsionada del mundo natural, en la medida en que no tenemos en cuenta el aspecto cualitativo. Es precisamente a través de la calidad que podemos distinguir una cosa de otra. La calidad es la base de toda nuestra comprensión del mundo, porque expresa la realidad fundamental de todas las cosas, mostrando las fronteras críticas que existen en el nivel de la realidad material. El punto exacto en el que pequeños cambios de grado dan lugar a cambios de estado es uno de los problemas más fundamentales de la ciencia. Es una cuestión que ocupa un lugar central en el materialismo dialéctico.

Organismos complejos

La vida misma surge de un salto cualitativo de materia inorgánica a materia orgánica. La explicación de los procesos mediante los cuales se produce este salto constituye uno de los problemas más emocionantes e importantes de la

ciencia de hoy en día. Los avances de la química, analizando detalladamente las estructuras de moléculas complejas, prediciendo con gran precisión su comportamiento, e identificando el papel de moléculas concretas en sistemas vivos, prepararon el camino para el surgimiento de nuevas ciencias, la bioquímica y la biofísica, que se ocupan respectivamente de las reacciones químicas en los organismos vivos y las implicaciones de los fenómenos físicos en los procesos vivos. Estas a su vez se han unido en la biología molecular, que ha experimentado sus avances más sorprendentes en los últimos años.

De esta manera, las viejas divisiones fijas que separaban la materia orgánica de la inorgánica han sido completamente abolidas. En otros tiempos los químicos establecieron una distinción rígida entre las dos. Gradualmente se fue comprendiendo que las mismas leyes químicas se aplican a moléculas orgánicas e inorgánicas. Todas las sustancias que contienen carbono (con la posible excepción de unos pocos compuestos simples como el dióxido de carbono) se definen como orgánicas. El resto son inorgánicas. Sólo los átomos de carbono pueden formar largas cadenas, posibilitando de esta manera una infinita variedad de moléculas complejas.

Los químicos del siglo XIX analizaron las propiedades de las sustancias "albuminosas" (de la palabra latina que significa clara de huevo). A partir de eso se descubrió que la vida dependía de proteínas, moléculas grandes compuestas de aminoácidos. A principios del siglo XX, cuando Planck estaba revolucionando la física, Emil Fischer estaba intentando unir aminoácidos en cadenas, de tal manera que el grupo carboxílico de un aminoácido siempre estaba vinculado al grupo amino del siguiente. Hacia 1907 ya había conseguido sintetizar una cadena de dieciocho aminoácidos. Fischer llamó estas cadenas péptidos, de la palabra griega "digerir", ya que pensaba que las proteínas se rompían en cadenas de este tipo en el proceso de la digestión. Esta teoría fue finalmente demostrada por Max Bergmann en 1932.

Estas cadenas todavía eran demasiado simples como para producir las complejas cadenas polipéptidas necesarias para crear proteínas. Es más, la tarea de descifrar la estructura de una molécula proteínica era increíblemente difícil. Las propiedades de cada proteína dependen de la relación exacta de aminoácidos en la cadena molecular. También aquí, la cantidad determina la calidad. Esto planteaba un problema aparentemente insuperable para los bioquímicos, en la medida en que el número de combinaciones posibles para diecinueve aminoácidos en una cadena se acerca a 120.000 billones. Por lo tanto, una proteína del tamaño del serum albúmina, compuesta de más de 500 aminoácidos tiene un número de combinaciones posibles de 10600, es decir, un 1 seguido de 600 ceros. La estructura completa de una proteína clave $\frac{3}{4}$ la insulina $\frac{3}{4}$ fue establecida por primera vez por el bioquímico británico Fredrich Sanger en 1953. Utilizando el mismo método, otros científicos consiguieron descifrar la estructura de toda una serie de proteínas. Más adelante, consiguieron sintetizar proteínas en un laboratorio. Actualmente es posible sintetizar gran cantidad de proteínas, incluyendo algunas tan complejas como la hormona del crecimiento humano, lo que implica una cadena de 188 aminoácidos.

La vida es un sistema complejo de interacciones, que implica una gran cantidad de reacciones químicas que se producen continua y rápidamente. Cada reacción en el corazón, la sangre, el sistema nervioso, los huesos y el cerebro interacciona con todas las demás partes del cuerpo. El funcionamiento del organismo vivo más pequeño es mucho más complicado que el ordenador más avanzado, permitiendo movimientos rápidos, reacciones inmediatas al más mínimo cambio en el entorno, ajustes constantes a las condiciones cambiantes, internas y externas. Aquí, incluso con más Énfasis, el todo es más que la suma de las partes. Cada parte del cuerpo, cada reacción muscular y nerviosa, depende de todo lo demás. Aquí tenemos una relación dinámica y compleja, en otras palabras, dialéctica, que por sí sola es capaz de crear y mantener el fenómeno que conocemos con el nombre de vida.

El proceso del metabolismo significa que en cada momento determinado, el organismo vivo está constantemente cambiando, absorbiendo oxígeno, agua, comida (hidratos de carbono, grasas, proteínas, minerales y otras materias primas), negándolos y transformándolos en materiales necesarios para mantener y desarrollar la vida, y excretando los productos desechables. La relación dialéctica entre el todo y las partes se manifiesta en los diferentes niveles de complejidad de la naturaleza, que tienen su reflejo en las diferentes ramas de la ciencia.

- a) Las interacciones atómicas y las leyes de la química determinan las leyes de la bioquímica, pero la vida en sí es cualitativamente diferente.
- b) Las leyes de la bioquímica "explican" todos los procesos de la interacción humana con el entorno. Sin embargo, la actividad humana y el pensamiento son cualitativamente diferentes a los procesos biológicos que la constituyen.
- c) Cada persona individual a su vez, es el producto de su desarrollo físico y ambiental. Sin embargo, las interacciones complejas de la suma total de individuos que conforman la sociedad también son cualitativamente diferentes. En cada uno de estos casos, el todo es mayor que la suma de las partes y obedece leyes diferentes.

En última instancia toda la existencia y actividad humana se basa en las leyes del movimiento de los átomos. Nosotros somos parte del universo material, que es un todo continuo, que se rige por sus propias leyes inherentes. Sin embargo, cuando pasamos de a) a c), realizamos toda una serie de saltos cualitativos, y debemos operar con leyes diferentes a "niveles" diferentes; c) se basa en b) y b) se basa en a). Pero nadie en su sano juicio intentaría explicar los complejos movimientos de la sociedad humana en términos de fuerzas atómicas. Por la misma razón, es absolutamente fútil reducir el problema del crimen a las leyes de la genética.

Un ejército no es simplemente la suma total de sus soldados individuales. El mero hecho de combinarse en una fuerza masiva, organizada en líneas militares, transforma al soldado individual, tanto física como moralmente. Mientras se mantenga la cohesión de un ejército, este representa una fuerza formidable. Esto no es sólo una

cuestión numérica. Napoleón era plenamente consciente de la importancia de la moral en la guerra. Como parte de una fuerza combatiente numerosa y disciplinada, el soldado individual se transforma, siendo capaz de llevar a cabo actos de heroísmo y sacrificio en situaciones de extremo peligro, que, en condiciones normales, como individuo aislado, ni siquiera podría imaginar. Y, sin embargo, es la misma persona que antes. En el momento en que la cohesión del ejército se rompe bajo el impacto de una derrota, el todo se disuelve en sus "átomos" individuales, y el ejército se convierte en una chusma desmoralizada.

Engels estaba muy interesado en táctica militar, por lo cual las hijas de Marx le sacaron el mote de "el General". Siguió de cerca el desarrollo de la Guerra Civil Americana y de la Guerra de Crimea, sobre las cuales escribió muchos artículos. En el Anti-Dühring, demuestra cómo la ley de la cantidad y calidad tiene su aplicación en la táctica militar, por ejemplo, en relación a la capacidad combativa de los altamente disciplinados soldados de Napoleón y la caballería egipcia (mamelucos):

"Para terminar, vamos a apelar a otro testimonio más de la mutación de cantidad en calidad, a saber, Napoleón. este describe el combate de la caballería francesa, de jinetes malos, pero disciplinados, contra los mamelucos, indiscutiblemente la mejor caballería de la Época en el combate individual, pero también indisciplinada:

"Dos mamelucos eran sin discusión superiores a tres franceses; 100 mamelucos equivalían a 100 franceses; 300 franceses eran en general superiores a 300 mamelucos, y 1.000 franceses aplastaban siempre a 1.500 mamelucos'.

"Igual que en Marx una determinada magnitud mínima variable de la suma de valor de cambio era necesaria para posibilitar su transformación en capital, así también es, según Napoleón, necesaria una determinada dimensión mínima de la sección de caballería para permitir a la fuerza de la disciplina, que reside en el orden cerrado y la aplicación según un plan, manifestarse y llegar hasta la superioridad incluso sobre masas mayores de caballería irregular, mejor montadas y de mejores jinetes y guerreros, y por lo menos del mismo valor personal".³¹

El proceso molecular de la revolución

El proceso de una reacción química implica cruzar una barrera decisiva, conocida como estado de transición. En este punto, antes de que los reactantes se conviertan en productos, no son ni una cosa ni la otra. Algunos de los viejos vínculos se están rompiendo y se están formando otros nuevos. La energía necesaria para sobrepasar este punto crítico se conoce como la energía Gibbs. Para que una molécula pueda reaccionar, necesita una cierta cantidad de energía, que en un punto determinado le lleva a un estado de transición. A temperaturas normales, sólo una pequeña fracción de las moléculas reactantes tiene suficiente energía. A temperaturas mayores una proporción más grande de las moléculas tendrá esta energía. Por esto, el calor es una de las maneras de acelerar una reacción química. Se puede facilitar el proceso con la utilización de catalizadores, ampliamente utilizados en la industria. Sin catalizadores, muchos procesos, aunque seguirían dándose, lo harían tan lentamente que serían antieconómicos. El catalizador no puede cambiar ni la composición de las sustancias implicadas, ni alterar la energía Gibbs de los reactantes, pero puede facilitar el camino entre ambos.

Hay ciertas analogías entre este fenómeno y el papel del individuo en la historia. Es una distorsión bastante común el pensar que el marxismo no deja lugar para el papel del individuo a la hora de moldear su propio destino. Según esta caricatura, la concepción materialista de la historia lo reduce todo a "las fuerzas productivas". Los seres humanos son vistos como meros agentes ciegos de las fuerzas económicas, o marionetas danzando al son de la inevitabilidad histórica. Este punto de vista mecánico del proceso histórico (determinismo económico) no tiene nada que ver con la filosofía dialéctica del marxismo.

El materialismo histórico parte de la proposición elemental que los hombres y las mujeres hacen su propia historia. Pero, al contrario que la concepción idealista de los seres humanos como agentes absolutamente libres, el marxismo explica que están limitados por las condiciones materiales reales de la sociedad en la que han nacido. Estas condiciones están moldeadas fundamentalmente por el nivel de desarrollo de las fuerzas productivas, que es en última instancia la base en que descansa toda la cultura, política y religión humanas. Sin embargo, estas cosas no están directamente determinadas por el desarrollo económico, sino que pueden tener, y de hecho tienen, una vida propia. Las relaciones extremadamente complejas entre todos estos factores tienen un carácter dialéctico, no mecánico. Los individuos no escogen las condiciones en las que nacen. Les vienen "dadas". Tampoco es posible, como se imaginan los idealistas, que los individuos impongan su voluntad sobre la sociedad, simplemente debido a la grandeza de su intelecto o la fuerza de su carácter. La teoría según la cual la historia la hacen los "grandes hombres" es un cuento de hadas para entretener a niños de cinco años. Tiene más o menos el mismo valor científico que la "teoría conspiratoria" de la historia, que atribuye las revoluciones a la maligna influencia de "agitadores".

Todo obrero sabe que las huelgas no las provocan los agitadores, sino las malas condiciones laborales y salariales. Las huelgas, contrariamente a la impresión que quieren transmitir algunos periódicos sensacionalistas, no son hechos normales. Una fábrica puede estar durante años en un estado de calma aparente. Puede ser que los trabajadores no reaccionen, incluso cuando sus condiciones salariales y de trabajo son atacadas. Esto es especialmente verdad en condiciones de paro masivo o cuando los dirigentes sindicales no se ponen al frente de la lucha. Esta indiferencia aparente de la mayoría frecuentemente desmoraliza a la minoría de activistas. Sacan la conclusión equivocada de que el resto de los trabajadores son "atrasados" y nunca van a hacer nada. Pero por debajo de la superficie de tranquilidad aparente, se están produciendo cambios. Mil pequeños incidentes, injusticias, agravios, ofensas, gradualmente van dejando su marca en la conciencia de los trabajadores. Trotsky describió

apropiadamente este proceso como el "el proceso molecular de la revolución". Es el equivalente a la energía Gibbs en una reacción química.

Tanto en la vida real como en la química, los procesos moleculares tardan su tiempo. Ningún químico se quejaría nunca de que la reacción esperada estuviese tardando demasiado, especialmente si no se dan las condiciones para una reacción rápida (alta temperatura, etc.). Pero en un momento determinado se alcanza el estado de transición químico. Llegado a este punto, la presencia de un catalizador es de gran ayuda a la hora de llevar el proceso a un desenlace exitoso, del modo más rápido y económico. De la misma manera, en un momento dado, el descontento acumulado en la fábrica explota. La situación cambia radicalmente en el espacio de 24 horas. Si los activistas no están preparados, si se han dejado decepcionar por el ambiente superficial, el movimiento les pillarán con la guardia baja.

En la dialéctica, más pronto o más tarde, las cosas se transforman en su contrario. En las palabras de la Biblia, "los primeros serán los últimos y los últimos serán los primeros". Lo hemos visto muchas veces, especialmente en la historia de las grandes revoluciones. Secciones previamente atrasadas y pasivas pueden ponerse al día de golpe. La conciencia se desarrolla mediante saltos bruscos. Esto se puede ver en cualquier huelga. Y en cada huelga podemos ver elementos de una revolución, aunque en un estado embrionario, no desarrollado. En este tipo de situaciones, la presencia de una minoría consciente y audaz puede jugar un papel similar al de un catalizador en una reacción química. En algunos casos, incluso un solo individuo puede jugar un papel absolutamente decisivo.

En noviembre de 1917, el destino de la Revolución Rusa estuvo determinado en última instancia por el papel de dos hombres - Lenin y Trotsky-. No hay duda de que sin ellos la revolución hubiese sido derrotada. Los demás dirigentes, Zinoviev, Kámenev y Stalin capitularon bajo la presión de otras clases. Aquí no se trata de "fuerzas históricas" en abstracto, sino el grado concreto de preparación, previsión, coraje personal y habilidad de los dirigentes. Después de todo, estamos hablando de una lucha de fuerzas vivas, no de una simple ecuación matemática.

¿Quiere esto decir que la interpretación idealista de la historia es correcta? ¿Lo deciden todos los grandes hombres? Dejemos que los hechos hablen por sí mismos. Durante un cuarto de siglo antes de 1917, Lenin y Trotsky habían pasado la mayor parte de sus vidas más o menos aislados de las masas, las más de las veces trabajando con grupos de gente muy pequeños. ¿Por qué no pudieron tener el mismo papel decisivo, por ejemplo, en 1916? ¿O en 1890? Porque no se daban las condiciones objetivas. De la misma manera, un activista sindical que estuviese llamando continuamente a la huelga cuando no hubiera un ambiente para la lucha, acabaría por ser el hazmerreír de la fábrica. Igualmente, cuando la revolución quedó aislada en condiciones de atraso económico extremo y el balance de fuerzas entre las clases había cambiado, ni Lenin ni Trotsky pudieron evitar el auge de la contrarrevolución burocrática, encabezada por un hombre $\frac{3}{4}$ Stalin $\frac{1}{4}$ que era, en todos los sentidos, inferior a ellos. Aquí podemos ver la relación dialéctica entre los factores subjetivo y objetivo en la historia.

Unidad y lucha de contrarios

Miremos donde miremos en la naturaleza, podemos ver la coexistencia dinámica de tendencias opuestas. Esta tensión creativa es la que da vida y movimiento. Heráclito comprendió esto hace 2.500 años. Incluso, está presente de forma embrionaria en ciertas religiones orientales, como la idea del yin y el yang en China, y en el budismo. Aquí la dialéctica aparece de una forma mistificada, que sin embargo representa una intuición del funcionamiento de la naturaleza. La religión hindú contiene el germen de una idea dialéctica cuando plantea tres fases: de creación (Brahma), mantenimiento u orden (Vishnu) y destrucción o desorden (Shiva). En su interesante libro sobre las matemáticas del caos, Ian Stewart señala que la diferencia entre los dioses Shiva "el Indómito" y Vishnu no es el antagonismo entre el bien y el mal, sino que los dos principios de armonía y discordia juntos son la base de toda existencia.

"De la misma forma", escribe, "los matemáticos empiezan a ver el orden y el caos como dos manifestaciones diferentes de un determinismo subyacente. Y ninguna de las dos cosas existe en aislamiento. El sistema típico puede existir en una variedad de estados, algunos ordenados, algunos caóticos. En vez de dos polos opuestos hay un espectro continuo, de la misma manera que la armonía y la discordia se combinan en la belleza de la música, el orden y el caos se combinan en la belleza matemática".³²

En Heráclito todo esto estaba en forma de intuición inspirada. Ahora esta hipótesis ha sido confirmada por una enorme cantidad de ejemplos. La unidad de contrarios está presente en el corazón del átomo, y todo el universo está formado por moléculas, átomos y partículas subatómicas. La cuestión fue claramente planteada por el físico americano R. P. Feynman: "Todas las cosas, aun nosotros mismos, están hechas de partes positivas y negativas finamente granuladas que interactúan de manera enormemente fuerte, todas perfectamente compensadas".³³

La pregunta es: ¿cómo puede ser que un más y un menos estén "perfectamente compensados"? ¡Esta es una idea contradictoria! En matemáticas elementales, un más y un menos no se "compensan". Se anulan el uno al otro. La física moderna ha sacado a la luz las tremendas fuerzas que residen en el interior del átomo. ¿Por qué las fuerzas contradictorias de electrones y protones no se cancelan unas a otras? ¿Por qué el átomo no se desintegra? La explicación actual se refiere a la "fuerza fuerte" que mantiene el átomo unido. Pero el hecho es que la unidad de contrarios sigue estando en la base de toda realidad.

Dentro del núcleo de un átomo hay dos fuerzas opuestas, atracción y repulsión. Por un lado, hay repulsiones eléctricas que, si no fuesen frenadas, harían pedazos el núcleo. Por otra parte, hay fuerzas de atracción muy

potentes que mantienen unidas las partículas nucleares. Sin embargo, esta fuerza de atracción tiene sus límites, más allá de los cuales es incapaz de mantenerlas unidas. Las fuerzas de atracción, a diferencia de las de repulsión, son de corto alcance. En un núcleo pequeño pueden controlar las fuerzas disgregadoras. Pero en un núcleo mayor, no se pueden dominar tan fácilmente las fuerzas de repulsión.

Más allá de cierto punto crítico, los lazos se rompen y tiene lugar un salto cualitativo. Al igual que una gota de agua demasiado grande, está al borde de la ruptura. Cuando se añade un neutrón de más al núcleo, la tendencia a romperse aumenta rápidamente. El núcleo se rompe, formando dos núcleos más pequeños, que se separan violentamente liberando una enorme cantidad de energía. Esto es lo que sucede en la fisión nuclear. Podemos ver efectos similares a muchos niveles de la naturaleza. Tomemos por ejemplo la caída de gotas de agua sobre una superficie lisa. Se romperán en un complejo esquema de gotitas. Esto es porque entran en juego dos fuerzas opuestas: la gravedad, que intenta extender el agua en una fina película sobre toda la superficie, y la tensión superficial, la atracción de una gota de agua sobre otra, que intenta mantener el líquido unido, formando glóbulos compactos.

La naturaleza parece funcionar por pares. Tenemos las fuerzas "fuerte" y "débil" a nivel subatómico; atracción y repulsión; norte y sur en el magnetismo; positivo y negativo en electricidad; materia y antimateria; masculino y femenino en biología; pares y nones en matemáticas; incluso el concepto de "hacia la derecha y hacia la izquierda" en el espín de las partículas subatómicas. Hay una cierta simetría en la que tendencias contradictorias, para citar a Feynman, "están compensadas", o, para utilizar la expresión más poética de Heráclito, "están de acuerdo en la diferencia, como las tensiones opuestas de las cuerdas y el arco de un instrumento musical". Hay dos tipos de materia, que se pueden llamar positiva y negativa. Los iguales se repelen y los contrarios se atraen.

Positivo y negativo

En realidad, el positivo no tiene sentido sin el negativo. Son necesariamente inseparables. Hegel explicó hace tiempo que el "ser puro" (sin ningún tipo de contradicción) es lo mismo que la nada pura, es decir, una abstracción vacía. De la misma manera, si todo fuese blanco, para nosotros sería lo mismo que si todo fuera negro. En el mundo real todo contiene positivo y negativo, ser y no ser, porque todo está en un estado de movimiento y cambio constante. Por cierto, las matemáticas demuestran que cero no es igual a nada.

"El cero", escribe Engels, "no carece de contenido porque sea la negación de una cantidad definida. Por el contrario, posee un contenido muy definido. Como línea divisoria entre todas las magnitudes positivas y negativas, como único número en verdad neutral, que no puede ser negativo ni positivo, no sólo es un número muy definido, sino, además, por sí mismo, tiene más importancia que todos los otros números unidos por Él. En verdad, el cero es más rico en contenido que cualquier otro número. Colocado a la derecha de cualquier otro, otorga a Éste, en nuestro sistema de números, un valor décuple. En lugar de cero puede usarse aquí cualquier otro signo, pero sólo a condición de que dicho signo, tomado por sí mismo, signifique cero, = 0. De ahí que forme parte de la naturaleza del cero mismo el hecho de que encuentre esta aplicación, y que sólo Él pueda aplicarse de esa manera. El cero anula todos los otros números con los cuales se lo multiplica; unido a cualquier otro número como divisor o dividendo, en el primer caso lo vuelve infinitamente grande, en el segundo infinitamente pequeño; es el único número que se encuentra en relación de infinito con cualquier otro número. 0/0 puede expresar cualquier número entre $-^{\circ}$ $+^{\circ}$, y en cada caso representa una magnitud real."³⁴

Las magnitudes negativas en álgebra sólo tienen significado en relación a las magnitudes positivas, sin las cuales no tienen ningún tipo de realidad. La relación dialéctica entre el ser y el no ser es especialmente clara en el cálculo diferencial. Hegel trata a fondo este aspecto en su Ciencia de la Lógica. Se divertiría bastante acerca de la perplejidad de los matemáticos tradicionales, que estaban escandalizados por la utilización de cantidades infinitesimalmente pequeñas y "no pueden sobrevivir sin la sugerencia que una cierta cantidad no equivale a cero pero es tan insignificante que podría ser ignorada." Y que no obstante siempre consigue un resultado exacto.³⁵

Es más, todo está en constante relación con otras cosas. Incluso a través de grandes distancias, estamos afectados por la luz, radiación, gravedad. Aunque nuestros sentidos no lo detecten, existe un proceso constante de interacción que causa una serie de cambios continuos. La luz ultravioleta puede "evaporar" electrones de superficies metálicas de manera parecida a como los rayos solares evaporan agua de la superficie del océano. Banesh Hoffmann escribe: "Es un pensamiento extraño y sorprendente que de esta manera tú y yo estamos involucrados en un proceso de intercambio rítmico de partículas los unos con los otros, y con la tierra y con los animales de la tierra, con el sol, la luna y las estrellas, hasta la galaxia más remota".³⁶

La ecuación de Dirac para la energía de un electrón individual implica dos respuestas $\frac{3}{4}$ una positiva y una negativa $\frac{3}{4}$. Es similar a la raíz cuadrada de un número, que puede ser tanto positiva como negativa. Aquí sin embargo la respuesta negativa implica una idea contradictoria: energía negativa. Esto parece ser un concepto absurdo desde el punto de vista de la lógica formal. En la medida en que masa y energía son equivalentes, energía negativa implica masa negativa. El propio Dirac estaba inquieto con las implicaciones de su teoría. Se vio obligado a predecir la existencia de partículas que serían idénticas al electrón, pero con carga eléctrica positiva, algo de lo que no se había oído hablar previamente.

El 2 de Agosto de 1932, Robert Millikan y Carl D. Anderson del California Institute of Technology descubrieron una partícula cuya masa era claramente la de un electrón pero que se movía en dirección contraria. No era ni un electrón, ni un protón, ni un neutrón. Anderson la describió como "electrón positivo" o positrón. Este era el nuevo tipo de

materia $\frac{3}{4}$ antimateria $\frac{3}{4}$ predicha por las ecuaciones de Dirac. Más adelante se descubrió que los electrones y positrones, cuando se encuentran, se eliminan mutuamente, produciendo dos fotones (dos estallidos de luz). De la misma manera, cuando un fotón atraviesa materia puede dividirse formando un electrón virtual y un positrón.

Este fenómeno de oposición existe en física, donde, por ejemplo, cada partícula tiene su antipartícula (electrón y positrón, protón y anti-protón, etc.). No son meramente diferentes, sino opuestos en el sentido más literal de la palabra ya que son idénticos en todo, excepto en una cosa: tienen cargas eléctricas opuestas $\frac{3}{4}$ positiva y negativa $\frac{3}{4}$. Por cierto, no importa cuál es positiva y cuál es negativa, lo importante es la relación entre ambas.

Cada partícula tiene una cualidad denominada espín, expresada con un más o un menos, dependiendo de su dirección. Aunque pueda parecer extraño, el fenómeno opuesto de "hacia la derecha" o "hacia la izquierda", que juega un papel decisivo en biología, también tiene su equivalente en el nivel subatómico. Las partículas y las ondas se contradicen unas a otras. No hay duda de esto. Bohr se refirió a ello, bastante confusamente, como "conceptos complementarios", con lo cual quería decir que se excluían mutuamente.

Las investigaciones más recientes sobre física de partículas están clarificando el nivel más profundo de la materia descubierto hasta el momento $\frac{3}{4}$ los quarks $\frac{3}{4}$. Estas partículas también tienen "cualidades" opuestas que no son comparables con las formas normales, obligando a los físicos a crear nuevas cualidades artificiales para poder describirlas. Así tenemos up-quarks (quarks-arriba), down-quarks (quarks-abajo), charm-quarks (quarks-encantados), strange-quarks (quarks-extraños), y demás. Aunque todavía hay que explorar a fondo las cualidades de los quarks, una cosa es clara: que la propiedad de la oposición existe a los niveles más fundamentales conocidos por la ciencia hasta el momento.

En realidad, este concepto universal de la unidad de contrarios es la fuerza motriz de todo desarrollo y moción en la naturaleza. Es la razón por la cual no es necesario introducir el concepto de impulso externo para explicar el movimiento y el cambio $\frac{3}{4}$ la debilidad fundamental de todas las teorías mecanicistas $\frac{3}{4}$. El movimiento, que en sí mismo implica una contradicción, sólo es posible como resultado de las tendencias en conflicto y las tensiones internas que residen en el corazón de todas las formas de la materia.

Pueden existir tendencias opuestas en un estado de equilibrio inestable durante largos períodos de tiempo, hasta que algún cambio, incluso un pequeño cambio cuantitativo, destruye el equilibrio, dando paso a un estado crítico, que puede provocar una transformación cualitativa. En 1936, el físico danés Niels Bohr, comparó la estructura del núcleo a la de una gota de un líquido, por ejemplo, una gota de lluvia balanceándose en una hoja. Aquí la fuerza de la gravedad lucha contra la tensión superficial, que mantiene unidas las moléculas de agua. La adición de sólo unas pocas moléculas más al líquido lo hace inestable. La gota, de mayor tamaño, empieza a estremecerse, la tensión superficial ya no puede mantener la masa en la hoja, y todo se precipita.

Fisión nuclear

Se puede trazar una analogía bastante exacta entre este ejemplo, aparentemente simple, que se puede observar miles de veces en la vida cotidiana, con los procesos de la fisión nuclear. El propio núcleo no está en descanso, sino en un estado de cambio constante. En una mil billonésima fracción de segundo, se producen miles de millones de colisiones de partículas al azar. Constantemente están entrando y saliendo partículas del núcleo. Sin embargo, el núcleo se mantiene unido por lo que a menudo se describe como la fuerza "fuerte". Se mantiene en un estado de equilibrio inestable, "al borde del caos", en palabras de la teoría del caos.

Como en una gota de líquido que se estremece en la medida en que las moléculas se mueven en su interior, las partículas están constantemente moviéndose, transformándose, intercambiando energía. Y como en una gota que ha aumentado de tamaño, en un núcleo más grande, el vínculo entre las partículas es menos estable, y es más probable que se rompa. La constante liberación de partículas alfa de la superficie del átomo reduce su tamaño y lo hace más firme. Como resultado puede pasar a ser estable. Pero se descubrió que bombardeando un núcleo grande con neutrones se puede provocar su estallido, liberando parte de la enorme cantidad de energía encerrada en el átomo. Este es el proceso de fisión nuclear. Este proceso puede tener lugar incluso sin la introducción de partículas del exterior. El proceso de fisión espontánea (descomposición radio activa) está en funcionamiento en todo momento. En un segundo en una libra de uranio se producen cuatro fisiones espontáneas, y unos ocho millones de núcleos emiten partículas alfa. Cuanto más pesado es el núcleo, más probable es el proceso de fisión.

En el mismo corazón de la vida se encuentra la unidad de contrarios. Cuando se descubrieron los espermatozoos, se creía que eran "homunculae", seres humanos perfectamente formados en miniatura, que $\frac{3}{4}$ cómo Flopsy en La cabaña del Tío Tom $\frac{3}{4}$ simplemente crecían. En realidad, el proceso es mucho más complejo y dialéctico. La reproducción sexual depende de la combinación de un solo espermatozoo y un óvulo, en un proceso en el que ambos son destruidos y preservados al mismo tiempo, transmitiendo toda la información genética necesaria para la creación de un embrión. Después de pasar por toda una serie de transformaciones, que guardan una sorprendente similitud con la evolución de toda la vida desde la división de la célula, al final tiene como resultado un individuo totalmente nuevo. Es más, el resultado de esta unión contiene los genes de ambos progenitores, pero de tal forma que es diferente de ambos. Lo que tenemos aquí no es una simple reproducción, sino un desarrollo real. La creciente variedad que esto permite es una de las grandes ventajas de la reproducción sexual.

Encontramos contradicciones a todos los niveles de la naturaleza, y presagian infortunio para aquellos que traten de negarlas. Un electrón no sólo puede estar en dos o más sitios a la vez, sino que también se puede mover simultáneamente en diferentes direcciones. Así que por desgracia no nos queda más remedio que afirmar con Hegel:

son y no son. Las cosas se transforman en su contrario. Electrones con carga negativa se transforman en positrones de carga positiva. Un electrón que se une a un protón no se destruye, como cabría esperar, sino que produce una nueva partícula, un neutrón, con carga neutra.

Las leyes de la lógica formal han sufrido una derrota aplastante en el campo de la física moderna, en el que han demostrado ser totalmente incapaces de tratar los procesos dialécticos que se dan a nivel subatómico. Partículas que se desintegran tan rápidamente que es difícil decir si existen o no, plantean un problema insoluble para un sistema que intenta prohibir toda contradicción de la naturaleza y del pensamiento. Esto lleva inmediatamente a nuevas contradicciones de carácter insoluble. El pensamiento se encuentra en oposición a hechos establecidos y repetidamente confirmados mediante experimentos y observación. La unidad de un protón y un electrón es un neutrón. Pero si un positrón se uniese con un neutrón, el resultado sería el desprendimiento de un electrón y el neutrón cambiaría en un protón. El universo, por medio de este proceso incesante, se hace y rehace una y otra vez. No hay, pues, necesidad de ninguna fuerza externa, ni "primer impulso", como en la física clásica. No hay necesidad de nada en absoluto, excepto el movimiento infinito e incesante de la materia según sus propias leyes objetivas.

¿Polos opuestos?

La polaridad es una característica recurrente en la naturaleza. No sólo existe en los polos Norte y Sur de la tierra (que, aunque son polos opuestos, a veces cambian de posición, como han demostrado los geólogos, el Norte convirtiéndose en Sur y viceversa). También podemos encontrar la polaridad en el sol y la luna, y en todos los planetas. También existe en el nivel subatómico donde los núcleos se comportan precisamente como si tuvieran no uno, sino dos pares de polos magnéticos.

"La dialéctica", escribió Engels, "demostró, con los resultados obtenidos hasta ahora de nuestra experiencia de la naturaleza, que todas las fuerzas polares en general las determinan la acción mutua de los dos polos opuestos; que la separación y oposición de éstos existen sólo dentro de su conexión y unión mutuas, y, a la inversa, que su unión sólo existe en su separación, y su conexión sólo en su oposición. Una vez establecido esto, ya no es posible hablar de una anulación final de la repulsión y la atracción, o de una división final entre una forma de movimiento en una mitad de la materia y la otra forma en la otra mitad; en consecuencia, no puede hablarse de penetración mutua o de separación absoluta de los dos polos. Ello equivaldría a exigir, en el primer caso, que los polos norte y sur de un imán se anularan entre sí, o, en el segundo, que la división de un imán por el medio entre los dos polos, produzca por un lado una mitad norte sin polo sur, y por el otro una mitad sur sin polo norte".³⁷

La gente considera que hay algunas cosas que son contrarios absolutos e inmutables. Por ejemplo, cuando queremos expresar la noción de extrema incompatibilidad, utilizamos el término de "polos opuestos" -tomamos el norte y el sur como fenómenos totalmente fijos y opuestos-. Durante más de mil años, los marineros han depositado su fe en el compás, que les ha guiado a través de océanos desconocidos, siempre señalando a ese punto misterioso llamado el polo norte. Pero si lo analizamos más de cerca veremos que el polo norte no es ni fijo ni estable. La tierra está rodeada por un poderoso campo magnético (un eje bipolar geocéntrico), como si un enorme imán estuviese situado en el centro de la tierra, alineado paralelamente al eje terrestre. Esto está relacionado con la composición metálica del núcleo terrestre, que está formado principalmente de hierro. En los 4.600 millones de años que han pasado desde que se formó el sistema solar, las rocas de la tierra se han formado y vuelto a formar muchas veces. Y no sólo las rocas sino todo lo demás. Se ha comprobado más allá de toda duda mediante investigaciones y mediciones cuidadosas, que los polos magnéticos están cambiando continuamente. Actualmente se mueven muy lentamente 0.3 grados cada millón de años. Este fenómeno es el reflejo de los cambios complejos que se dan en la tierra, la atmósfera y el campo magnético solar.

Esta variación es tan pequeña que durante siglos no se detecta. Sin embargo, incluso este proceso imperceptible de cambio da lugar a un salto brusco y espectacular, en el que el polo norte pasa a ser el polo sur y el sur pasa a ser el norte. Los cambios en la posición de los polos van acompañados de fluctuaciones en la potencia del propio campo magnético. Este proceso gradual, que se caracteriza por un debilitamiento del campo magnético, culmina en un salto cualitativo en el que los polos se dan la vuelta. Cambian sus posiciones, convirtiéndose literalmente el uno en el otro. Después de esto, el campo empieza a recuperarse y a acumular fuerza de nuevo.

Este cambio revolucionario ha tenido lugar muchas veces durante nuestra historia en la tierra. Se ha calculado que se han producido más de 200 cambios polares de este tipo en los últimos 65 millones de años; y por lo menos unos cuatro en los últimos cuatro millones de años. De hecho, hace 700.000 años, el polo norte magnético estaba situado en algún lugar de la Antártida, el actual polo sur geográfico. Actualmente, estamos en un proceso de debilitamiento del campo magnético de la tierra, que inevitablemente culminará en una nueva inversión. El estudio de la historia magnética de la tierra es el campo especial de una rama totalmente nueva de la ciencia -el paleomagnetismo- que trata de construir mapas de todas las inversiones de los polos en la historia de nuestro planeta.

Los descubrimientos del paleomagnetismo nos han dado pruebas concluyentes de la teoría de la deriva continental. Cuando las rocas (especialmente rocas volcánicas) crean minerales ricos en hierro, estos responden al campo magnético terrestre existente en ese momento, de la misma manera que trozos de hierro reaccionan ante un imán, de tal manera que sus átomos se orientan alineándose en relación al eje del campo. En realidad se comportan como un compás. Comparando las orientaciones de los minerales en rocas de la misma era en diferentes continentes, es posible trazar los movimientos de los continentes, incluyendo los que ya no existen, o de los que sólo quedan unos pocos restos.

En la inversión de los polos podemos ver uno de los ejemplos más gráficos de la ley dialéctica de la unidad y lucha de contrarios. Norte y sur $\frac{3}{4}$ polos opuestos en el sentido más literal de la palabra $\frac{3}{4}$ no sólo están inseparablemente unidos, sino que están determinados el uno por el otro mediante un proceso complejo y dinámico, que culmina en un salto repentino en el que fenómenos supuestamente fijos e inmutables se convierten en su contrario. Y este proceso dialéctico no es la invención arbitraria y caprichosa de Hegel y Engels, sino que está concluyentemente demostrado por los más recientes descubrimientos del paleomagnetismo. Ciertamente es que "cuando los hombres callan, las rocas gritan".

Atracción y repulsión es una extensión de la ley de unidad y lucha de contrarios. Es una ley que se puede encontrar en toda la naturaleza, desde los fenómenos más pequeños a los más grandes. En el átomo existen enormes fuerzas de atracción y repulsión. El átomo de hidrógeno, por ejemplo, se compone de un protón y un electrón unidos por la atracción eléctrica. La carga de la partícula puede ser positiva o negativa. Cargas iguales se repelen, mientras que cargas opuestas se atraen. Así, dentro del núcleo, los protones se repelen, pero el núcleo se mantiene unido por la fuerza nuclear. Sin embargo, en un núcleo muy pesado, la fuerza de repulsión eléctrica puede alcanzar un punto en el que sobrepase la fuerza nuclear, desintegrando el núcleo.

Engels hace hincapié en el papel universal de la atracción y repulsión en el siguiente pasaje:

"Todo movimiento consiste en el juego recíproco de atracción y repulsión. Pero el movimiento sólo es posible cuando cada una de las atracciones queda compensada por una repulsión correspondiente en algún otro lugar. De lo contrario, con el tiempo predominaría un lado sobre el otro y al cabo terminaría todo movimiento. De ahí que todas las atracciones y repulsiones del universo tengan que equilibrarse entre sí. Así, la ley de la indestructibilidad e increabilidad del movimiento se expresa en la forma de que cada movimiento de atracción del universo debe tener como complemento uno equivalente de repulsión, y viceversa. O, como lo expresaba la filosofía antigua -mucho antes de la formulación, por las ciencias naturales, de la ley de conservación de la fuerza o la energía- : la suma de todas las atracciones del universo es igual a la suma de todas las repulsiones".

En los tiempos de Engels la idea predominante de la moción se derivaba de la mecánica clásica, en la que la moción es imprimida por una fuerza externa que sobrepasa la inercia. Engels criticaba bastante severamente la expresión "fuerza", ya que la consideraba unilateral e insuficiente para describir los procesos reales en la naturaleza. "Todos los procesos naturales," escribió, "son bilaterales, se basan por lo menos en la relación de dos partes actuantes, la acción y la reacción. Pero la idea de fuerza, debido a que tiene su origen en la acción del organismo humano sobre el mundo exterior, y más aun en la mecánica terrestre, implica que sólo una parte es activa, actuante, en tanto que la otra es pasiva, receptiva".³⁸

Engels estaba muy por delante de su tiempo al criticar este concepto, que ya Hegel había atacado. En su Historia de la Filosofía, Hegel señala que "Es mejor [decir] que un imán tiene alma [como lo expresa Tales], y no que posee fuerza de atracción. La fuerza es una especie de propiedad que, separable de la materia, se postula como predicado, en tanto que el alma, por otro lado, es ese movimiento mismo, idéntico a la naturaleza de la materia". Este comentario de Hegel, citado favorablemente por Engels, contiene una idea profunda $\frac{3}{4}$ que la moción y la energía son inherentes a la materia $\frac{3}{4}$. La materia se mueve por sí misma y se autoorganiza.

Incluso la palabra "energía" no era, en opinión de Engels, totalmente acertada, aunque preferible a "fuerza". Su objeción era que "Todavía hace parecer como si la 'energía' fuese algo exterior a la materia, algo implantado en ella. Pero en cualquier circunstancia es preferible a la expresión 'fuerza'".³⁹ La relación real ha sido demostrada por la teoría de la equivalencia de la masa y la energía de Einstein, que demuestra que la materia y la energía son la misma cosa. Este era precisamente el punto de vista del materialismo dialéctico, como lo expresó Engels e, incluso, como lo anticipó Hegel, según demuestra la cita anterior.

Negación de la negación

Toda ciencia tiene su propio vocabulario, palabras que frecuentemente no coinciden con su uso en la vida cotidiana. Esto puede llevar a dificultades y malentendidos. La palabra "negación" normalmente se entiende que significa simplemente destrucción, o aniquilación. Es importante entender que en la dialéctica tiene un contenido totalmente diferente. Significa negar y preservar al mismo tiempo. Se puede negar una semilla simplemente pisándola. La semilla es negada, ¡pero no en el sentido dialéctico de la palabra! Sin embargo, si dejamos esa semilla, en condiciones favorables germinará. De esa manera se habrá negado como semilla, y se desarrollará en una planta, que más adelante morirá, produciendo nuevas semillas.

Aparentemente esto representa una vuelta al punto de partida. Pero, como los jardineros profesionales saben, semillas aparentemente iguales varían de generación en generación, dando lugar a nuevas especies. Los jardineros también saben que se pueden provocar ciertas tendencias mediante reproducción selectiva. Precisamente esta selección artificial dio a Darwin la clave del proceso de la selección natural que tiene lugar espontáneamente en la naturaleza, y que es la clave para entender el desarrollo de todas las plantas y animales. Lo que tenemos aquí no es simplemente cambio, sino desarrollo real, que normalmente pasa de formas simples a más complejas, incluyendo las moléculas complejas de la vida, que en un momento determinado surge de la materia inorgánica.

Consideremos el siguiente ejemplo de negación en la mecánica cuántica. ¿Qué sucede cuando un electrón se une a un fotón? El electrón sufre un "salto cualitativo" y el fotón desaparece. El resultado no es ningún tipo de unidad mecánica o compuesto. Es el mismo electrón que antes, pero en un nuevo estado de energía. Lo mismo cuando un electrón se une a un protón. El electrón se desvanece y hay un salto en el estado de la energía y de la carga del

protón. El protón es el mismo que antes, pero en un nuevo estado de energía y carga. Ahora es eléctricamente neutro, y se convierte en un neutrón. Dialécticamente hablando, el electrón se ha negado y preservado al mismo tiempo. Ha desaparecido pero no se ha aniquilado. Entra en una nueva partícula y se expresa como un cambio de energía y carga.

Los antiguos griegos estaban familiarizados con la discusión dialéctica. En un debate llevado correctamente, se plantea una idea (la Tesis), y entonces se la contrapone al punto de vista contrario (la Antítesis) que la niega. Finalmente, a través de un proceso completo de discusión, que explora el asunto en cuestión desde todos los puntos de vista, descubriendo todas las contradicciones ocultas, llegamos a una conclusión (la Síntesis). Podemos llegar o no a un acuerdo, pero en el mismo proceso de discusión, hemos profundizado nuestro conocimiento y comprensión, y hemos elevado toda la discusión a un plano superior.

Es bastante evidente que casi ninguno de los críticos del marxismo se ha tomado la molestia de leer a Marx y Engels. Frecuentemente se supone que la dialéctica consiste en "Tesis-Antítesis-Síntesis", que Marx supuestamente habría copiado de Hegel (que a su vez lo habría copiado de la Santísima Trinidad), y aplicado a la sociedad. De hecho, el materialismo dialéctico de Marx, no sólo es lo contrario de la dialéctica idealista de Hegel, sino que la dialéctica de Hegel es bastante diferente de la de los filósofos de la Grecia clásica.

Plejanov, correctamente, criticó el intento de reducir el imponente edificio de la dialéctica hegeliana a la "simple tríada" de Tesis-Antítesis-Síntesis. La avanzada dialéctica de Hegel guarda aproximadamente la misma relación con la de los griegos, que la química moderna con las primitivas investigaciones de los alquimistas. Es cierto que la de los griegos preparó el camino para la dialéctica hegeliana, pero de ahí a decir que son "básicamente lo mismo" es simplemente ridículo. Hegel volvió a Heráclito, pero a un nivel cualitativamente superior, enriquecido por 2.500 años de avances científicos y filosóficos. De esta manera el desarrollo de la dialéctica es en sí mismo un proceso dialéctico. Hoy en día la palabra "alquimia" se utiliza como sinónimo de charlatanería. Conjura todo tipo de imágenes de maleficios y magia negra. Estos elementos estaban presentes en la historia de la alquimia, pero sus actividades no se limitaban de ninguna manera a esto. En la historia de la ciencia, la alquimia jugó un papel muy importante. Alquimia es una palabra árabe, que se utiliza para cualquier ciencia de los materiales. Había charlatanes, ¡pero también muy buenos científicos! Y química es la palabra occidental para la misma cosa. De hecho, muchos términos químicos son de origen árabe: ácido, alcalino, alcoholé y muchos más.

Los alquimistas partían de la idea de que era posible la transmutación de los elementos. Durante siglos trataron de descubrir la "piedra filosofal", que les iba a permitir transformar metal base (plomo) en oro. Si lo hubiesen conseguido, no habrían ganado mucho, ya que el precio del oro se hubiera desplomado rápidamente hasta alcanzar el precio del plomo. Pero eso es otra historia. Dado el nivel de desarrollo de la técnica en ese tiempo, los alquimistas estaban tratando de hacer lo imposible. Al final se vieron obligados a llegar a la conclusión de que la transmutación de los elementos era imposible. Sin embargo, sus esfuerzos no fueron en vano. En su búsqueda de una hipótesis acientífica (la piedra filosofal) hicieron un trabajo pionero muy valioso, desarrollando el arte de la experimentación, inventando instrumentos que todavía se utilizan en los laboratorios de hoy en día, y describiendo y analizando una amplia gama de reacciones químicas. De esta manera, la alquimia preparó el terreno para el desarrollo de la química.

La química moderna solamente pudo desarrollarse repudiando la hipótesis básica de los alquimistas $\frac{3}{4}$ la transmutación de los elementos $\frac{3}{4}$. Desde finales del siglo XVIII en adelante, la química se desarrolló sobre bases científicas. Dejando atrás las intenciones grandiosas del pasado, hizo enormes pasos adelante. Entonces, en 1919, el científico inglés Rutheford llevó a cabo un experimento que implicaba bombardear el núcleo del nitrógeno con partículas alfa. Esto llevó a la ruptura del núcleo atómico por primera vez. De esta manera había conseguido transmutar un elemento (nitrógeno) en otro (oxígeno). La larga búsqueda de los alquimistas se había resuelto, ¡pero de una manera totalmente diferente a lo que ninguno de ellos podía haber previsto!

Veamos este proceso un poco más de cerca. Empezamos con la tesis: a) la transmutación de los elementos; esta es negada por la antítesis b) es imposible la transmutación de los elementos; esta a su vez es superada por una segunda negación c) la transmutación de los elementos. Aquí debemos resaltar tres cosas. En primer lugar, cada negación marca un avance definido, y, de hecho, un salto cualitativo. En segundo lugar, cada avance niega el estadio anterior, reacciona en su contra, pero al mismo tiempo preserva todo lo que de útil y necesario hay en Él. Y por último, el estadio final $\frac{3}{4}$ la negación de la negación $\frac{3}{4}$ no significa una vuelta a la idea original (en este caso, la alquimia), sino la reaparición de las formas primitivas a un nivel cualitativamente superior. Por cierto, sería posible convertir plomo en oro, pero sería tan caro que no vale la pena.

La dialéctica considera los procesos fundamentales del universo, la sociedad y la historia de las ideas, no como un círculo cerrado, en el que los mismos procesos simplemente se repiten en un ciclo mecánico sin final, sino como una especie de espiral abierta de desarrollo, en la que nada se repite nunca de la misma manera. Este proceso lo podemos ver claramente en la historia de la filosofía y de la ciencia. Toda la historia del pensamiento consiste en un proceso inacabable de desarrollo mediante contradicciones.

Para explicar cierto fenómeno se plantea una teoría. Esta va ganando aceptación gradualmente, tanto a través de la acumulación de evidencia que la apoya, como por la ausencia de una alternativa satisfactoria. Llega un punto en el que aparecen ciertas discrepancias, que al principio habían sido consideradas como excepciones sin mayor importancia. Entonces surge una nueva teoría que contradice a la vieja y que parece explicar mejor los hechos observados. Después de un período de lucha la nueva teoría sustituye la ortodoxia existente. Pero de esta surgen

nuevas preguntas a las que hay que dar respuesta. En muchos casos parece que se vuelve a las ideas que habían quedado desacreditadas. Pero eso no significa volver al punto de partida. Lo que tenemos es un proceso dialéctico, que implica un conocimiento cada vez más profundo del funcionamiento de la naturaleza, la sociedad y de nosotros mismos. Esta es la dialéctica de la historia, de la filosofía y de la ciencia.

Joseph Dietzgen dijo una vez que un hombre viejo que eche un vistazo atrás puede ver su vida como una serie inacabable de errores, que, si pudiese volver atrás, sin duda trataría de eliminar. Pero entonces se encuentra con la contradicción dialéctica de que sólo a través de esos errores ha podido llegar a la sabiduría que le ha permitido juzgarlos como tales errores. Así, tal y como Hegel observó profundamente, las mismas afirmaciones en los labios de un joven no tienen el mismo peso que cuando son pronunciadas por un hombre al que la experiencia de la vida ha llenado de conocimientos. Son las mismas, pero no son lo mismo. Lo que al principio era un pensamiento abstracto, con poco o ningún contenido, ahora es el producto de una reflexión madura.

Fue el genio de Hegel el que comprendió que la historia de las diferentes escuelas filosóficas era en sí misma un proceso dialéctico. Lo compara con la vida de una planta, que pasa por diferentes etapas, que se niegan las unas a las otras, pero que en su totalidad representan la vida de la planta:

"La mente normal, cuanto más toma como fija la oposición entre verdadero y falso, más se acostumbra a esperar acuerdo o contradicción con un determinado sistema filosófico, y a ver razón sólo en uno u otro en cualquier declaración explicativa en relación a tal sistema. No concibe la diversidad de sistemas filosóficos como la evolución progresiva de la verdad; en lugar de eso sólo ve contradicción en esa variedad. El capullo desaparece cuando sale la flor, y podríamos decir que el primero es refutado por la segunda; de la misma manera cuando surge la fruta, se puede explicar la flor como una forma falsa de la existencia de la planta, ya que la fruta parece ser su existencia real en lugar de la flor. Estos estadios no son meramente diferentes; se suplantán el uno al otro en la medida en que son incompatibles entre sí. Pero la actividad incesante de su propia naturaleza inherente les convierte al mismo tiempo en momentos de una unidad orgánica, donde no se contradicen simplemente los unos a los otros, sino que uno es tan necesario como el otro; y esta necesidad igual de todos los momentos constituye por sí solo y de esa manera la vida del conjunto".⁴⁰

La dialéctica de El Capital

En los tres volúmenes de El capital, Marx nos da un ejemplo brillante de cómo se puede utilizar el método dialéctico para analizar los procesos más fundamentales de la sociedad. De esta manera revolucionó la ciencia de la economía política, un hecho reconocido por los economistas actuales, incluso los que se oponen totalmente al punto de vista de Marx. El método dialéctico de la obra de Marx es tan importante, que Lenin llegó a decir que era imposible comprender El Capital, especialmente el primer capítulo, sin haberse leído toda la Lógica de Hegel. Esto es sin duda una exageración. Pero lo que Lenin quería resaltar era el hecho de que El Capital de Marx es en sí mismo una lección monumental de cómo debería aplicarse la dialéctica.

"Si Marx no dejó detrás suyo una 'Lógica' (con mayúsculas), dejó la lógica de El Capital, y esta tiene que ser utilizada plenamente en esta cuestión. En El Capital, Marx aplicó a una sola ciencia la lógica, la dialéctica, y la teoría del conocimiento del materialismo (no son necesarias tres palabras: son la misma cosa) que ha tomado todo lo que de valor había en Hegel y lo ha desarrollado más allá".⁴¹

¿Que método utilizó Marx en El Capital? No impuso las leyes de la dialéctica a la economía, sino que las derivó de un largo y riguroso estudio de todos los aspectos del proceso económico. No planteó un esquema arbitrario, y después intentó encajar los hechos en él, sino que partió de sacar a la luz las leyes del movimiento de la producción capitalista a través de un análisis cuidadoso del propio fenómeno. En su Introducción a la Crítica de la Economía Política, Marx explica su método:

"Aunque había esbozado una introducción general, prescindiendo de ella, pues, bien pensada la cosa, creo que el adelantar los resultados que han de demostrarse, más bien sería un estorbo, y el lector que quiera realmente seguirme deberá estar dispuesto a remontarse de lo particular a lo general".⁴²

El Capital representa una ruptura no sólo en el terreno de la economía, sino en el de las ciencias sociales en general. Tiene una relevancia clara para el tipo de discusiones que están teniendo lugar entre los científicos hoy en día. Estas discusiones ya habían empezado en vida de Marx. En ese momento, los científicos estaban obsesionados con la idea de separar las cosas y examinarlas en detalle. Este método se conoce como "reduccionismo", aunque Marx y Engels, que eran muy críticos de él, lo denominaron "método metafísico". Los mecanicistas dominaron la física durante 150 años. Sólo ahora está empezando a tomar cuerpo la reacción contra el reduccionismo. Una nueva generación de científicos se está planteando la tarea de superar esta herencia y avanzar hacia una nueva formulación de principios, en lugar de las viejas aproximaciones.

Gracias a Marx la tendencia reduccionista en la economía se hundió a mediados del siglo pasado. Después de El Capital, un punto de vista de ese tipo era impensable. El método de "Robinson Crusoe" de explicar la economía política ("imaginémonos dos hombres en una isla desierta") resurge de vez en cuando en malos libros de texto o intentos de vulgarización, pero no se pueden tomar en serio. ¡Las crisis económicas y las revoluciones no se producen entre dos individuos en una isla desierta! Marx analiza la economía capitalista, no como la suma total de los actos individuales de intercambio, sino como un sistema complejo, dominado por sus propias leyes tan poderosas como las leyes de la naturaleza. De la misma manera, los físicos están discutiendo ahora la idea de la complejidad, en el sentido de un sistema en que el todo no es sólo una colección de partes elementales. Por supuesto que es útil

saber qué leyes rigen cada parte individual, pero el sistema complejo se regirá por leyes que no son simplemente una extensión de estas. Este es precisamente el método de Marx en *El Capital*: el método del materialismo dialéctico.

Marx empieza su obra con un análisis de la célula básica de la economía capitalista, la mercancía. A partir de aquí explica cómo surgen todas las contradicciones de la sociedad capitalista. El reduccionismo trata como mutuamente incompatibles y excluyentes cosas como el todo y las partes, lo particular y lo universal, cuando en realidad son completamente inseparables y se determinan unas a otras. En el primer volumen de *El Capital*, Marx explica el carácter dual de las mercancías, como valores de uso y como valores de cambio. La mayor parte de la gente ve las mercancías exclusivamente como valores de uso, objetos concretos y útiles para la satisfacción de los deseos humanos. En todo tipo de sociedad humana siempre se han producido valores de uso.

Sin embargo, la sociedad capitalista hace cosas extrañas con los valores de uso. Los convierte en valores de cambio $\frac{3}{4}$ bienes que se producen no para el consumo directo sino para su venta $\frac{3}{4}$. Cada mercancía por lo tanto tiene dos caras: la cara familiar y casera de valor de uso y la cara misteriosa y oculta de valor de cambio. El primero está vinculado directamente a las propiedades físicas de una mercancía en concreto (llevamos una camiseta, bebemos café, conducimos un coche, etc.). Pero el valor de cambio no se puede ver, llevar, ni comer. No tiene ningún tipo de entidad material. Y, sin embargo, es la característica esencial de una mercancía bajo el capitalismo. La expresión última del valor de cambio es el dinero, el equivalente universal a través del cual todas las mercancías expresan su valor. Estos pequeños trozos de papel verde no tienen ningún tipo de relación con las camisetas, café o coches como tales. No se pueden comer, llevar ni conducir. Sin embargo, tal es el poder que contienen y éste está tan universalmente reconocido, que la gente mata por ellos.

El carácter dual de la mercancía expresa la contradicción central de la sociedad capitalista $\frac{3}{4}$ el conflicto entre el trabajo asalariado y el capital. El obrero piensa que vende su trabajo al empresario, pero en realidad le vende su fuerza de trabajo, que el capitalista utiliza como mejor le parece. La plusvalía que se extrae de esta manera es el trabajo no pagado de la clase obrera, la fuente de la acumulación de capital. Es este trabajo no pagado el que mantiene a todos los miembros de la sociedad que no trabajan, a través de la renta, el interés, el beneficio y los impuestos. La lucha de clases es realmente la lucha por la apropiación de la plusvalía.

Marx no inventó la idea de la plusvalía, que ya era conocida por economistas anteriores como Adam Smith y Ricardo. Pero, al descubrir la contradicción central que implica, revolucionó completamente la economía política. Este descubrimiento se puede comparar a un proceso similar que tuvo lugar en la historia de la química. Hasta finales del siglo XVIII se asumía que la esencia de la combustión consistía en la separación de las sustancias que se quemaban de una cosa hipotética llamada flogisto. Esta teoría servía para explicar la mayor parte de los fenómenos químicos conocidos en ese momento. Entonces, en 1774, el científico inglés Joseph Priestley descubrió algo que llamó "aire desflogistado", que más tarde se descubrió que desaparecía cuando una sustancia se quemaba en él.

De hecho, Priestley había descubierto el oxígeno. Pero él y otros científicos fueron incapaces de comprender las implicaciones revolucionarias de estos descubrimientos. Hasta mucho tiempo después continuaron pensando de la vieja manera. Más tarde, el químico francés Lavoisier descubrió que este nuevo tipo de aire era en realidad un producto químico, que no desaparecía en el proceso de la combustión, sino que se combinaba con la sustancia que se quemaba. Aunque otros habían descubierto el oxígeno, no saben qué habían descubierto. Este fue el gran descubrimiento de Lavoisier. Marx jugó un papel similar en la economía política.

Los predecesores de Marx habían descubierto la existencia de la plusvalía, pero su auténtico carácter seguía en la oscuridad. Sometiendo todas las teorías anteriores, empezando por Ricardo, a un análisis profundo, Marx descubrió el carácter real y contradictorio del valor. Examinó todas las relaciones de la sociedad capitalista, empezando por la forma más simple de producción e intercambio de mercancías, y continuando el proceso a través de todas sus múltiples transformaciones, siguiendo un método estrictamente dialéctico.

Marx demostró la relación entre la mercancía y el dinero, y fue el primero a plantear un análisis exhaustivo del dinero. Demostró cómo el dinero se transformaba en capital, demostrando cómo este cambio se produce a través de la compra y venta de la fuerza de trabajo. Esta distinción fundamental entre trabajo y fuerza de trabajo era la clave para descifrar los misterios de la plusvalía, un problema que Ricardo había sido capaz de resolver. Estableciendo la diferencia entre capital constante y variable, Marx trazó todo el proceso de formación del capital en detalle, y de esta manera lo explicó, lo que ninguno de sus predecesores había sido capaz de ser.

El método de Marx es de arriba a bajo rigurosamente dialéctico, y sigue bastante de cerca las líneas principales trazadas por la Lógica de Hegel. Esto se reconoce explícitamente en el epílogo a la segunda edición alemana, en el que Marx rinde tributo a Hegel:

"Cuando define con tanta exactitud lo que llama mi método de investigación, y con tanta benevolencia lo que se refiere a la aplicación que hago de éste, ¿qué ha definido el autor, sino el método dialéctico? Por cierto que el procedimiento de exposición debe distinguirse formalmente del de investigación. A ésta le corresponde apropiarse de la materia en todos sus detalles, analizar sus distintas formas de desarrollo y descubrir sus vínculos íntimos. Una vez cumplida esta tarea $\frac{3}{4}$ pero sólo entonces $\frac{3}{4}$ puede exponerse el movimiento real en su conjunto. Si esto se logra, de modo que la ida de la materia se refleje en su reproducción ideal, ese espejismo puede hacer creer en una construcción a priori (É)

"Yo critiqué el aspecto místico de la dialéctica hegeliana hace casi treinta años, en una Época en que todavía estaba de moda. [Pero en el momento mismo en que redactaba el primer volumen de Das Kapital, los epígonos [Epígono] gruñones, presuntuosos y mediocres, que hoy dictan la ley en la Alemania culta, se complacían en tratar a Hegel, como el bueno de Moses Mendelssohn, en tiempos de Lessing, había tratado a Spinoza, es decir, como 'perro muerto'. Por consiguiente, me declaré abiertamente discípulo de ese gran pensador, y en el capítulo sobre la teoría del valor llegué inclusive a coquetear con su manera peculiar de expresarse.] Pero si bien, debido a su confusión, Hegel desfigura a la dialéctica por medio del misticismo, es, sin embargo, el primero que expone su movimiento de conjunto. En Él se encuentra cabeza abajo; basta con ponerla sobre sus pies para encontrarle su fisonomía en todo sentido racional.

"En su aspecto místico, la dialéctica se convirtió en una moda en Alemania, porque parecía glorificar las cosas existentes. En su aspecto racional es un escándalo y una abominación para las clases dirigentes y sus ideólogos doctrinarios, porque en la comprensión positiva de las cosas existentes incluye a la vez el conocimiento de su negación fatal, de su destrucción necesaria; porque el captar el movimiento mismo, del cual todas las formas acabadas son apenas una configuración transitoria, nada puede detenerla; porque en esencia es crítica y revolucionaria".⁴³

4. La lógica formal y la dialéctica

La capacidad de hombres y mujeres para pensar lógicamente es el fruto de un proceso prolongado de evolución social. Precede a la invención de la lógica formal, no en miles sino en millones de años. Locke ya había expresado esa idea en el siglo XVII cuando escribió : "Dios no ha sido tan ahorrador con los hombres como para hacerlos meras criaturas de dos patas, y dejarle a Aristóteles la tarea de hacerlos racionales". Detrás de la lógica, según Locke, está "una capacidad ingenua de percibir la coherencia o incoherencia de sus ideas".⁴⁴

Las categorías de la lógica formal no caen del cielo. Han tomado forma en el curso del desarrollo socio-histórico del género humano. Son generalizaciones elementales de la realidad, reflejadas en las mentes de hombres y mujeres. Se deducen del hecho de que cualquier objeto tiene ciertas cualidades que le distinguen de los demás objetos; que cualquier cosa existe en cierta relación con las otras cosas; que los objetos forman categorías más amplias, en las que comparten propiedades específicas; que ciertos fenómenos provocan otros fenómenos, etc.,

Hasta cierto punto, como resaltó Trotsky, incluso los animales poseen la capacidad de razonar y sacar ciertas conclusiones de una situación dada. En los mamíferos superiores, y especialmente en los simios, esta capacidad está bastante avanzada, como demuestran sorprendentemente las investigaciones recientes con chimpancés bonobo. Sin embargo, aunque la capacidad de razonamiento no es exclusiva de la especie humana, no hay duda que, por lo menos en nuestra pequeña esquina del universo, la capacidad de pensar racionalmente ha alcanzado su punto más alto hasta el momento en el desarrollo del intelecto humano.

La abstracción es absolutamente necesaria. Sin ella el pensamiento en general sería imposible. La cuestión es: ¿qué tipo de abstracción? Cuando hago abstracción de la realidad, me concentro en determinados aspectos de un fenómeno dado, y dejo de lado otros aspectos. Un buen cartógrafo, por ejemplo, no es aquel que reproduce cada detalle de cada casa y cada adoquín de la calle, y cada coche aparcado. Tal cantidad de detalles destruiría el objetivo del mapa que es el de proporcionar un esquema útil de una ciudad u otra área geográfica. De manera parecida, el cerebro aprende desde muy temprano a ignorar cierto sonidos y a concentrarse en otros. Si no fuésemos capaces de hacerlo, la cantidad de información que llega a nuestros oídos de todas partes colapsaría totalmente la mente. El propio lenguaje presupone un alto nivel de abstracción.

La capacidad de hacer abstracciones correctas, que reflejen adecuadamente la realidad que queremos entender y describir, es el prerrequisito esencial del pensamiento científico. Las abstracciones de la lógica formal son adecuadas para expresar el mundo real sólo dentro de unos límites bastante estrechos. Pero son unilaterales y estáticas, y son totalmente inservibles a la hora de expresar procesos complejos, especialmente movimiento, cambio y contradicciones. La concreción de un objeto consiste en la suma total de sus aspectos e interrelaciones, determinados por sus leyes subyacentes. La tarea de la ciencia es descubrir estas leyes, y llegar lo más cerca posible de esta realidad concreta. El propósito del conocimiento es reflejar el mundo objetivo y sus leyes subyacentes y relaciones necesarias tan fielmente como sea posible. Como planteó Hegel "la verdad siempre es concreta".

Pero aquí tenemos una contradicción. No es posible llegar a una comprensión del mundo concreto de la naturaleza sin recurrir primero a la abstracción. La palabra abstracto viene del latín "tomar de". Por un proceso de abstracción tomamos ciertos aspectos del objeto en consideración que pensamos que son importantes, dejando de lado otros. El conocimiento abstracto es necesariamente unilateral porque expresa solamente una cara particular del fenómeno en estudio, aislado de lo que determina la naturaleza específica del todo. De esta manera, las matemáticas tratan solamente con relaciones cuantitativas. En la medida en que la cantidad es un aspecto extremadamente importante de la naturaleza, las abstracciones matemáticas han demostrado ser una poderosa herramienta para indagar en sus secretos. Por esto es tentador olvidarse de su auténtico carácter y sus limitaciones. Pero siguen siendo unilaterales, como todas la abstracciones. Y es peligroso olvidarlo.

La naturaleza conoce tanto la cantidad como la calidad. Es absolutamente necesario determinar la relación precisa entre ambas, y demostrar como, en un punto crítico, la una se convierte en la otra si queremos entender uno de los procesos más fundamentales de la naturaleza. Este es uno de los conceptos más básicos del pensamiento dialéctico en oposición al pensamiento meramente formal, y una de sus aportaciones más importantes a la ciencia. Sólo ahora se empieza a comprender y valorar la visión profunda que proporciona este método, que fue despreciada hace tiempo como "misticismo". El pensamiento abstracto unilateral, tal y como se manifiesta en la lógica formal, le hizo un flaco a favor a la ciencia *excomulgando* la dialéctica. Pero los resultados reales de la ciencia demuestran que, en última instancia, el pensamiento dialéctico está mucho más cerca de los procesos reales de la naturaleza que las abstracciones lineales de la lógica formal.

Es necesario adquirir una comprensión concreta del objeto como un sistema integral, no como fragmentos aislados; con todas sus interconexiones necesarias, no fuera de su contexto, como una mariposa clavada en el panel de un coleccionista; en su vida y movimiento, no como algo estático y sin vida. Este tipo de interpretación está en contradicción abierta con las llamadas "leyes" de la lógica formal, la expresión más absoluta de pensamiento dogmático que nunca se haya concebido, representando una especie de *rigor mortis* mental. Pero la naturaleza vive y respira, y resiste tozudamente el acoso del pensamiento formal. "A" no es igual a "A". Las partículas subatómicas son y no son. Los procesos lineales terminan en caos. El todo es mayor que la suma de sus partes. La cantidad se transforma en calidad. La propia evolución no es un proceso gradual, sino que está interrumpido por saltos y catástrofes repentinos. ¿Y que le vamos a hacer? Hechos son hechos.

Sin abstracción es imposible penetrar el objeto en "profundidad", comprender su carácter esencial y las leyes de su movimiento. A través del trabajo mental de la abstracción, somos capaces de ir más allá de la información inmediata que nos proporcionan nuestros sentidos (percepción sensorial), e indagar más profundamente. Podemos dividir el objeto en sus partes constituyentes, aislarlas y estudiarlas en detalle. Podemos llegar a una concepción idealizada, general del objeto como una forma "pura", despojada de todas sus características secundarias. Este es la tarea de la abstracción, una etapa totalmente necesaria del proceso de conocimiento.

"El pensamiento pasando de lo concreto a lo abstracto", escribe Lenin, " $\frac{3}{4}$ teniendo en cuenta que sea *correcto* (y Kant, como todos los filósofos, habla de pensamiento correcto) $\frac{3}{4}$ no se aleja de la realidad sino que se acerca. La abstracción de la *materia*, de una *ley* de la naturaleza, la abstracción del *valor*, etc. en resumen, *todas* las abstracciones científicas (correctas, serias, no absurdas) reflejan la naturaleza más profundamente, verdaderamente y *completamente*. De la percepción viva al pensamiento abstracto, y *de este a la práctica*, $\frac{3}{4}$ este es el camino dialéctico del conocimiento de la *verdad*, del conocimiento de la realidad objetiva $\frac{3}{4}$ ".⁴⁵

Una de las principales características del pensamiento humano es que no se limita a lo que es, sino que también trata de lo que debe ser. Estamos haciendo constantemente todo tipo de asunciones lógicas sobre el mundo en el que vivimos. Esta lógica no se aprende de los libros, sino que es el producto de un largo proceso de evolución. Experimentos detallados han demostrado que los rudimentos de la lógica los adquiere el bebé a una edad muy temprana, a través de la experiencia. Razonamos que si algo es cierto, entonces otra cosa, de la que no tenemos evidencia inmediata, también tiene que ser cierta. Procesos de pensamiento lógico de este tipo tienen lugar millones de veces en nuestras horas de vigilia sin que ni siquiera seamos conscientes de ello. Adquieren la fuerza de la costumbre, e incluso las acciones más simples en la vida no serían posibles sin ellos.

La mayoría de la gente da por supuestas las reglas elementales de pensamiento. Son una parte familiar de la vida, y se reflejan en muchos proverbios, como "no se puede hacer una tortilla sin romper los huevos" ¡una lección bastante importante! Llegados a cierto punto se escribieron y sistematizaron estas leyes. Este es el origen de la lógica formal, que hay que atribuir a Aristóteles, como tantas otras cosas. Esto tuvo un enorme valor, ya que sin el conocimiento de las normas elementales de la lógica, el pensamiento corre el riesgo de hacerse incoherente. Es necesario distinguir blanco de negro, y conocer la diferencia entre una afirmación que es cierta y una que es falsa. Por lo tanto, el valor de la lógica formal no está en discusión. El problema es que las categorías de la lógica formal, deducidas de una cantidad de observaciones y experiencias bastante limitadas, realmente sólo son válidas dentro de estos límites. De hecho, cubren una gran cantidad de fenómenos de la vida diaria, pero son bastante inadecuados para tratar con fenómenos más complejos que impliquen movimiento, turbulencia, contradicción, y cambio de cantidad en calidad.

En un interesante artículo titulado *The Origins of Inference* (Los orígenes de la inferencia), que apareció en la antología *Making Sense* (Con sentido), sobre la construcción infantil del mundo, Margaret Donaldson llama la atención sobre uno de los problemas de la lógica ordinaria, su carácter estático:

"La mayoría de las veces el razonamiento verbal se trata aparentemente de 'las cosas tal como son' $\frac{3}{4}$ el mundo visto de manera estática, en un segmento del tiempo $\frac{3}{4}$. Y considerado de esta manera, el universo parece no contener ninguna incompatibilidad: las cosas son tal como son. Ese objeto de allí es un árbol; esa taza es azul; ese hombre es más alto que ese otro. Por supuesto que estos estados de las cosas excluyen otras posibilidades infinitas, pero ¿cómo nos hacemos conscientes de ello? ¿Cómo surge en nuestras mentes esta idea de incompatibilidad? Ciertamente no directamente de nuestras impresiones de las cosas-tal-como-son".

El mismo libro plantea la idea correcta que el proceso de conocimiento no es pasivo, sino activo:

"No nos quedamos pasivamente sentados esperando que el mundo nos impresione su 'realidad'. En lugar de eso, tal y como ahora se reconoce ampliamente, conseguimos la mayor parte de nuestro conocimiento a través de nuestras acciones".⁴⁶

El pensamiento humano es esencialmente concreto. La mente no asimila fácilmente conceptos abstractos. Nos sentimos más cómodos con lo que tenemos delante de nuestros ojos, o por lo menos con cosas que se pueden representar de manera concreta. Es como si la mente necesitase una muleta en forma de imágenes. Sobre esto Margaret Donaldson resalta que "incluso los niños de preescolar a menudo pueden razonar correctamente sobre acontecimientos que pasan en cuentos. No obstante, cuando pasamos más allá de los límites de la sentido humano se produce una notable diferencia. El pensamiento que va más allá de estos límites, de tal manera que ya no opera dentro de un contexto de apoyo de acontecimientos comprensibles, a menudo se denomina 'formal' o 'abstracto'".⁴⁷

Por lo tanto el proceso inicial va de lo concreto a lo abstracto. Se desmembra y analiza el objeto para obtener un conocimiento detallado de sus partes. Pero esto encierra peligros. No se pueden entender correctamente las partes aisladas de su relación con el todo. Es necesario volver al objeto como un sistema integral, y entender la dinámica subyacente que lo condiciona *como todo*. De esta manera el proceso de conocimiento vuelve de lo abstracto a lo concreto. Esta es la esencia del método dialéctico que combina análisis y síntesis, inducción y deducción.

La estafa del idealismo se deriva de una comprensión incorrecta del carácter de la abstracción. Lenin señala que la posibilidad del idealismo es inherente en toda abstracción. El concepto abstracto de una cosa se contrapone artificialmente a la cosa en sí. Se supone, no sólo que tiene una existencia propia, sino que se afirma que es superior a la cruda realidad material. Se presenta lo concreto como si fuera de alguna manera defectuoso, imperfecto e impuro, en oposición a la Idea que es perfecta, absoluta y pura. De esta manera se pone la realidad patas arriba.

La capacidad de pensar en abstracciones marca una conquista colosal del intelecto humano. No sólo la ciencia "pura", sino también la ingeniería serían imposibles sin el pensamiento abstracto, que nos eleva por encima de la realidad inmediata y finita del ejemplo concreto, y da al pensamiento un carácter universal. El rechazo del pensamiento abstracto y de la teoría indica el tipo de mentalidad estrecha y filisteo, que se imagina ser "práctica", pero que en realidad es impotente. En última instancia, los grandes avances en la teoría llevan a grandes avances en la práctica. Sin embargo, todas las ideas se derivan de una u otra manera del mundo físico y, en última instancia, se aplican de nuevo a este. La validez de cualquier teoría, más tarde o más temprano, se tiene que demostrar en la práctica.

En los últimos años ha habido una reacción sana contra el *reduccionismo* mecánico, contraponiéndole la necesidad de un punto de vista *holístico* de la ciencia. El término holístico es desafortunado debido a sus connotaciones místicas. Sin embargo al intentar ver las cosas en sus movimientos e interconexiones, la teoría del caos sin duda se acerca a la dialéctica. La relación real entre la lógica formal y la dialéctica es la que hay entre un tipo de pensamiento que toma las cosas por separado, y las observa por separado, y el que es capaz de volver a unir las y hacerlas funcionar de nuevo. Si el pensamiento se tiene que corresponder a la realidad, debe ser capaz de comprenderla como un todo viviente, con todas sus contradicciones.

¿Qué es un silogismo?

"El pensamiento lógico, el pensamiento lógico formal en general", dice Trotsky, "está construido sobre la base de un método deductivo, que procede de un silogismo más general a través de un número de premisas para llegar a la conclusión necesaria. Tal cadena de silogismos se llama *sorites*".⁴⁸

Aristóteles fue el primero en escribir una explicación completa tanto de la dialéctica como de la lógica formal como métodos de razonamiento. El objetivo de la lógica formal era proporcionar un punto de referencia para distinguir argumentos válidos de los que no lo eran. Esto lo hizo en forma de silogismos. Existen diferentes tipos de silogismos que en realidad son variaciones sobre el mismo tema.

Aristóteles en su *Organon*, nombra diez categorías: sustancia, cantidad, calidad, relación, lugar, tiempo, posición, estado, acción, pasión, que forman la base de la *lógica dialéctica*, a la que más tarde se dio expresión completa en los escritos de Hegel. Frecuentemente se ignora este aspecto del trabajo de Aristóteles sobre la lógica. Bertrand Russell, por ejemplo, considera que estas categorías no tienen sentido. Pero en la medida en que los positivistas lógicos, como el propio Russell, han descartado prácticamente toda la historia de la filosofía (con la excepción de algunos retales que coinciden con sus dogmas) considerándola "sin sentido", esto no tendría que sorprendernos ni preocuparnos mucho.

El silogismo es un método de razonamiento lógico, que se puede describir de muchas maneras. Aristóteles lo describe de esta manera: "Un discurso en el que, habiendo afirmado ciertas cosas, se deduce necesariamente de su ser otra cosa diferente de lo afirmado". La definición más simple nos la da A. A. Luce: "*Un silogismo es una tríada de proposiciones conectadas, relacionadas de tal forma que una de ellas, llamada la Conclusión, se deduce necesariamente de las otras dos, llamadas Premisas*".⁴⁹

Los escolásticos medievales centraron su atención en este tipo de lógica formal que Aristóteles desarrolló en la analítica anterior y posterior. En esta forma la lógica de Aristóteles llegó a la Edad Media. En la práctica, el silogismo se compone de dos premisas y una conclusión. El sujeto de la conclusión se encuentra en una de las premisas y el predicado en la otra, junto a un tercer término (*el medio*) que se encuentra en ambas premisas, pero no en la conclusión. El predicado de la conclusión es el *término mayor*; la premisa que lo contiene es la *premisa mayor*; el sujeto de la conclusión es el *término menor*; y la premisa que lo contiene es la *premisa menor*. Por ejemplo:

- a) Todos los hombres son mortales. (*Premisa mayor*)
- b) César es un hombre. (*Premisa menor*)
- c) Por lo tanto, Cesar es mortal (*Conclusión*)

Esto se denomina *declaración afirmativa categórica*. Da la impresión de ser un cadena lógica de argumentación, en la que cada estadio se deduce inexorablemente del anterior. Pero en realidad esto no es así, porque "Cesar" ya está incluido en "todos los hombres". Kant, como Hegel, consideraba el silogismo (esa "doctrina tediosa" como Él la llamó) con desprecio. Para Él no era "más que un artificio" 50 en el que las conclusiones ya se habían introducido subrepticamente en las premisas para dar una falsa apariencia de razonamiento.

Otro tipo de silogismo tiene forma condicional (si entonces), por ejemplo: "Si un animal es un tigre, entonces es carnívoro". Es otra forma de decir lo mismo que la declaración afirmativa categórica, es decir, todos los tigres son carnívoros. Lo mismo en relación a su forma negativa ó "Si es un pez, no es un mamífero" es sólo otra manera de decir "Ningún pez es mamífero"ó. La diferencia formal esconde el hecho de que realmente no hemos avanzado un solo paso.

Lo que esto revela realmente son las conexiones internas entre las cosas, no sólo en el pensamiento sino también en el mundo real. "A" y "B" están relacionados de cierta manera con "C" (*el medio*) y las premisas, por lo tanto, están relacionadas entre sí en la conclusión. Con gran profundidad, Hegel demostró que lo que el silogismo mostraba era la relación de lo particular con lo universal. En otras palabras, el silogismo en sí mismo es un ejemplo de la unidad de contrarios, la contradicción por excelencia, y que, en realidad, todas las cosas son un "silogismo".

La Época de mayor esplendor del silogismo fue la Edad Media, cuando los escolásticos dedicaban toda su vida a discusiones interminables sobre todo tipo de cuestiones teológicas oscuras, como el sexo de los ángeles. Las construcciones laberínticas de la lógica formal hacían parecer que estaban realmente implicados en una discusión muy profunda, cuando, en realidad, *no estaban discutiendo nada*. La razón de esto reside en la propia naturaleza de la lógica formal. Como su nombre sugiere se trata de la forma. El contenido no cuenta para nada. Este es precisamente el principal defecto de la lógica formal, su talón de Aquiles.

Al llegar al Renacimiento, la Época del gran despertar del espíritu humano, la insatisfacción con la lógica aristoteliana era generalizada. Había una creciente reacción contra Aristóteles, que realmente no era justa con este gran pensador, pero que partía del hecho de que la Iglesia Católica había suprimido todo lo que valía la pena de su filosofía, conservando solamente una caricatura muerta. Para Aristóteles, el silogismo era sólo una parte del proceso de razonamiento, y no necesariamente la más importante. Aristóteles también escribió sobre la dialéctica, pero este aspecto fue olvidado. Se privó a la lógica de toda vida, y se la convirtió, en palabras de Hegel, en "los huesos sin vida de un esqueleto".

La reacción contra este formalismo inerte tuvo su reflejo en un movimiento hacia el empirismo, que dio un enorme impulso a la investigación científica y el experimento. Sin embargo no es posible dejar al margen todas las formas de pensamiento, y el empirismo llevaba desde el principio la semilla de su propia destrucción. La única alternativa viable a los métodos inadecuados e incorrectos de razonamiento es desarrollar métodos adecuados y correctos.

A finales de la Edad Media el silogismo estaba desacreditado en todas partes, y se le ridiculizaba e insultaba. Rabelais, Petrarca y Montaigne, todos lo denunciaban. Pero seguía arrastrándose especialmente en los países católicos que no habían sido afectados por los vientos frescos de la Reforma. A finales del siglo XVIII la lógica estaba en tan mal estado que Kant se sintió obligado a lanzar una crítica general de las viejas formas de pensamiento en su *Crítica de la razón pura*.

Hegel fue el primero a someter las leyes de la lógica formal a un análisis crítico completo. Al hacerlo estaba completando el trabajo que había empezado Kant. Pero mientras que Kant sólo demostraba las deficiencias inherentes y contradicciones de la lógica tradicional, Hegel fue mucho más allá, desarrollando un método totalmente diferente a la lógica, un método dinámica, que incluía el movimiento y la contradicción, que la lógica formal es incapaz de tratar.

¿La lógica enseña a pensar?

La dialéctica no pretende enseñar a la gente a pensar. Esta es la pretensión de la lógica formal, a lo que Hegel replicó irónicamente que la lógica no te enseña a pensar, ¡de la misma manera que la fisiología no te enseña a digerir! Los hombres y mujeres pensaban, e incluso pensaban dialécticamente, mucho antes de que hubiesen oído hablar de la lógica. Las categorías de la lógica, y también de la dialéctica, se deducen de la experiencia real. A pesar de todas sus pretensiones, las categorías de la lógica formal no están por encima del mundo de la cruda realidad material, sino que sólo son abstracciones vacías tomadas de la realidad entendida de una manera unilateral y estática, y posteriormente aplicadas arbitrariamente de nuevo a la realidad.

En contraste, la primera ley del método dialéctico es *objetividad absoluta*. en cada caso es necesario descubrir las leyes de la moción de un fenómeno dado estudiándolo desde todos los puntos de vista. El método dialéctico es de gran valor a la hora de aproximarse correctamente a las cosas, evitando disparates filosóficos elementales, y construyendo hipótesis científicas sólidas. A la vista de la increíble cantidad de misticismo que ha surgido a partir de hipótesis arbitrarias, sobre todo en la física teórica, ¡esta no es una ventaja secundaria! Pero el método dialéctico siempre busca derivar sus categorías de un estudio cuidadoso de los hechos y los procesos, no forzar los hechos en una camisa de fuerza preconcebida:

"Todos admitimos", escribió Engels, "que en todos los campos de la ciencia, tanto en las naturales como en la histórica, hay que partir de los *hechos* dados, y por lo tanto, en las ciencias naturales, de las distintas formas materiales y las diversas formas de movimiento de la materia; que, por consiguiente, tampoco en las ciencias sociales hay que encajar las interrelaciones en los hechos, sino que es preciso descubrirlas en ellos, y cuando se las descubre, verificarlas, hasta donde sea posible, por medio de la experimentación".⁵¹

La ciencia se basa en la búsqueda de leyes generales que puedan explicar el funcionamiento de la naturaleza. Tomando la experiencia como punto de partida, no se limita a una mera recopilación de hechos, sino que intenta generalizar, yendo de lo particular a lo universal. La historia de la ciencia se caracteriza por un proceso cada vez más profundo de aproximación. Cada vez nos acercamos más a la verdad, sin llegar nunca a conocer "*toda la verdad*". En última instancia la prueba de la verdad científica es el experimento. "El experimento", dice Feynman, "es el *único juez* de la 'verdad' científica".⁵²

La validez de las formas de pensamiento, en última instancia, debe depender de si se corresponden a la realidad del mundo físico. Esto no se puede establecer a priori, sino que se tiene que demostrar a través de la experimentación y la observación. La lógica formal, en contraste con todas las ciencias naturales, no es empírica. La ciencia deriva sus datos de la observación del mundo real. La lógica se supone que es a priori, a diferencia de todos los sujetos con los que trata. Existe una contradicción flagrante entre forma y contenido. La lógica se supone que no se deriva del mundo real y sin embargo se aplica constantemente a fenómenos del mundo real. ¿Cuál es la relación entre los dos lados?

Hace tiempo que Kant planteó que las formas de la lógica formal deben reflejar la realidad objetiva, o sino no tendrán sentido en absoluto:

"Cuando tenemos razones para considerar un juicio como necesariamente universal (É) también debemos considerarlo objetivo, es decir, que no expresa meramente una referencia a nuestra percepción a un sujeto, sino una calidad del objeto. Porque no habría otra razón para que los juicios de otros hombres coincidiesen con el mío, a no ser la unidad del objeto al que todos ellos se refieren; y con el que están de acuerdo; por lo tanto todos deben de estar de acuerdo entre ellos".⁵³

Esta idea fue posteriormente desarrollada por Hegel, desbrozando las ambigüedades de la teoría del conocimiento y la lógica de Kant, y finalmente Marx y Engels la pusieron sobre una base sólida:

"Los esquemas lógicos no pueden referirse sino a *formas de pensamiento*; pero aquí no se trata sino de las formas del ser, del mundo externo, y el pensamiento no puede jamás obtener e inferir esas formas de sí mismo, sino sólo del mundo externo. Con lo que se invierte enteramente la situación: los principios no son el punto de partida de la investigación, sino su resultado final, y no se aplican a la naturaleza y a la historia humana, sino que se abstraen de ellas; no son la naturaleza ni el reino del hombre los que se rigen según los principios, sino que éstos son correctos en la medida en que concuerdan con la naturaleza y con la historia".⁵

Los límites de la Ley de la Identidad

Es un hecho sorprendente el que las leyes básicas de la lógica formal, elaboradas por Aristóteles se hayan mantenido fundamentalmente inmutables durante más de dos mil años. En este período hemos presenciado un proceso continuo de cambio en todas las esferas de la ciencia, la tecnología y el pensamiento humano. Y sin embargo los científicos se han contentado con utilizar esencialmente las mismas herramientas metodológicas que utilizaban los escolásticos medievales en los días en que la ciencia estaba todavía al nivel de la alquimia.

Dado el papel central que la lógica formal ha jugado en el pensamiento occidental, es sorprendente que se haya prestado tan poca atención a su contenido real, significado e historia. Normalmente se toma como algo dado, evidente por sí mismo y fijo para siempre. O se presenta como una convención conveniente sobre la que la gente razonable se pone de acuerdo, para facilitar el pensamiento y el discurso, un poco de la misma manera en que la gente en círculos sociales educados se ponen de acuerdo sobre las buenas maneras en la mesa. Se plantea la idea de que las leyes de la lógica formal son construcciones totalmente artificiales, construidas por los lógicos, en la creencia de que tendrán alguna aplicación en algún campo del pensamiento, en el que revelarán alguna que otra verdad. ¿Pero porque las leyes de la lógica han de guardar cualquier relación con nada, si sólo son construcciones abstractas, arbitrariedades imaginarias de la mente?

Sobre esta idea, Trotsky comentaba irónicamente:

"Decir que las personas han llegado a un acuerdo sobre el silogismo es casi como decir, o más exactamente es lo mismo, que la gente llegó al acuerdo de tener fosas en las narices. El silogismo es un producto objetivo del desarrollo orgánico, es decir, del desarrollo biológico, antropológico y social de la humanidad, igual que lo que son nuestros diversos órganos, entre ellos nuestro órgano del olfato". En realidad, la lógica formal se deriva en última instancia de la experiencia, de la misma manera que cualquier otra forma de pensamiento. A partir de la experiencia los seres humanos sacan una serie de conclusiones que aplican a su vida diaria. Esto se aplica incluso a los animales, aunque a otro nivel.

"El pollo sabe que el grano es en general útil, necesario y sabroso. Reconoce un grano determinado - el de trigo- con el que está familiarizado, y de allí extrae una conclusión lógica por medio de su pico. El silogismo de Aristóteles es sólo una expresión articulada de estas conclusiones mentales elementales que observamos a cada paso entre los animales".⁵⁵

Trotsky dijo en una ocasión que la relación entre la lógica formal y la dialéctica era similar a la relación entre las matemáticas inferiores y superiores. Las unas no niegan a las otras y siguen siendo válidas dentro de unos determinados límites. De manera parecida, las leyes de Newton que dominaron la ciencia durante cien años, demostraron ser falsas en el mundo de las partículas subatómicas. Más correctamente, la vieja física mecánica, criticada por Engels, demostró ser unilateral y de aplicación limitada.

"La dialéctica", escribe Trotsky, "no es ficción ni misticismo, sino la ciencia de las formas de nuestro pensamiento, *en la medida en que Éste no se limita a los problemas cotidianos de la vida y trata de llegar a una comprensión de procesos más amplios y complicados*".⁵⁶

El método más común de la lógica formal es el de la deducción, que intenta establecer la verdad de sus conclusiones cumpliendo dos condiciones diferentes a) la conclusión tiene que fluir realmente de las premisas; y b) las propias premisas tienen que ser ciertas. Si se cumplen las dos condiciones, se dice que el argumento es válido. Todo esto es muy reconfortante. Nos encontramos en el reino familiar y seguro del sentido común. ¿"Verdadero o falso"? ¿"Sí o no"? Tenemos los pies firmemente en el suelo. Parece que estamos en posesión de "la verdad, toda la verdad y nada más que la verdad". No hay nada más que decir. ¿O sí?

Estrictamente hablando, desde el punto de vista de la lógica formal, es indiferente si las premisas son ciertas o no. En la medida en que la conclusión se saque correctamente de sus premisas, se dice que la inferencia es *deductivamente válida*. Lo importante es distinguir entre inferencias válidas y no válidas. Así, desde el punto de vista de la lógica formal, la siguiente afirmación es deductivamente válida: Todos los científicos tienen dos cabezas. Einstein era un científico. Por lo tanto, Einstein tenía dos cabezas. La validez de la inferencia no depende del sujeto en lo más mínimo. De esta manera la forma se eleva por encima del contenido.

En la práctica, por supuesto, cualquier método de razonamiento que no demostrase la validez de sus premisas sería peor que inútil. Se tiene que demostrar que las premisas son ciertas. Pero esto nos lleva a una contradicción. El proceso de validación de un juego de premisas nos plantea automáticamente un nuevo juego de preguntas, que a su vez hay que validar. Como planteó Hegel, cada premisa da lugar a un nuevo silogismo y así hasta el infinito. Lo que parecía ser muy simple resulta ser extremadamente complejo y contradictorio.

La mayor contradicción reside en la propia premisa fundamental de la lógica formal. Al tiempo que exige que todas las demás cosas bajo la capa del sol se justifiquen ante la Alta Corte del Silogismo, la lógica se ve totalmente confundida cuando se le pide que justifique sus propios presupuestos. De repente pierde todas sus facultades críticas y recurre a apelaciones a creencia, sentido común, lo "obvio", o la cláusula de escapatoria filosófica final, a priori. El hecho es que los llamados *axiomas* de la lógica son fórmulas no demostradas. Se toman como punto de partida, del que se deducen más fórmulas (*teoremas*), exactamente igual que en la geometría clásica, en la que el punto de partida son los principios de Euclides. Se asume que son correctos, sin ningún tipo de demostración, es decir, *simplemente tenemos que hacer un acto de fe*.

¿Pero y si resultase que los axiomas básicos de la lógica formal son falsos? Entonces estaríamos en la misma posición que cuando le dábamos al pobre Einstein una cabeza adicional. ¿Es posible que las leyes eternas de la lógica sean defectuosas? Examinémoslo más de cerca. Las leyes básicas de la lógica formal son:

- 1) La ley de la identidad ("A" = "A")
- 2) La ley de la contradicción ("A" no es igual a "no-A")
- 3) La ley del medio excluido ("A" no es igual a "B")

Estas leyes a primera vista parecen eminentemente sensatas. ¿Cómo se pueden poner en duda? Pero si las vemos más de cerca podemos observar que estas leyes están llenas de problemas y contradicciones de carácter filosófico. En su *Ciencia de la lógica*, Hegel plantea un análisis exhaustivo de la Ley de la identidad, demostrando que es unilateral y por lo tanto incorrecta.

En primer lugar hay que tener en cuenta que la apariencia de una cadena de razonamiento necesario en el que un paso sigue al otro es totalmente ilusoria. La ley de la contradicción simplemente plantea la ley de la identidad de manera negativa. Y lo mismo en relación a la ley del medio excluido. Todo lo que tenemos aquí es una repetición de la primera línea de diferentes maneras. Todo se mantiene sobre la ley de la identidad ("A" = "A"). A primera vista es incontrovertible, y por lo tanto, fuente de todo pensamiento racional. Es la vaca sagrada de la lógica y no se puede poner en duda. Y sin embargo se puso en duda, y por una de las mentes más grandes de todos los tiempos.

Hay un cuento de Hans-Christian Andersen llamado *El vestido nuevo del emperador*, en el que un embaucador le vende a un emperador un poco loco

un vestido nuevo que se supone que es muy bonito, pero es invisible. El crédulo emperador se pone su vestido nuevo, que todo el mundo está de acuerdo en que es magnífico, y lo lleva hasta que un día un niño dice que el emperador en realidad va totalmente desnudo. Hegel hizo un servicio similar a la filosofía con su crítica de la lógica formal. Sus defensores nunca le perdonarán por ello.

La llamada ley de la identidad en realidad es una tautología. Paradójicamente, en la lógica tradicional, esto se consideraba como uno de los errores más evidentes que se podían cometer a la hora de definir un concepto. Es una definición que no se sostiene lógicamente que simplemente repite en otras palabras lo que ya está en la parte que hay que definir. Vamos a poner un ejemplo. El maestro le pregunta al alumno ¿qué es un gato, y el alumno le informa orgullosamente que un gato es un gato. Esta respuesta no se consideraría muy inteligente. Después de todo se

supone que una frase tiene que decir algo, y esta frase no nos dice nada de nada. Sin embargo esta definición escolar poco brillante de un felino cuadrúpedo es una expresión perfecta de la ley de la identidad en toda su gloria. El alumno que la haya hecho será enviado inmediatamente al fondo de la clase. Pero durante dos mil años, los profesores más brillantes se han contentado considerándola como la verdad filosófica más profunda.

Todo lo que la ley de la identidad nos dice sobre algo es que es. No avanzamos un solo paso más allá. Nos quedamos en el nivel de la abstracción general y vacía. No aprendemos nada de la realidad concreta del objeto a estudiar, sus propiedades, sus relaciones. Un gato es un gato, yo soy yo mismo, tu eres tu, la naturaleza humana es la naturaleza humana, las cosas son como son. Es evidente que estas expresiones son totalmente vacías. Son la expresión consumada del pensamiento formal, unilateral y dogmático.

Entonces, ¿la ley de la identidad no es válida? No del todo. Tiene sus aplicaciones, pero de un alcance mucho más limitado de lo que se podría pensar.. Las leyes de la lógica formal pueden ser útiles para clarificar, analizar, etiquetar, catalogar, definir ciertos conceptos. Para los fenómenos normales y simples de cada día son válidas. Pero cuando tratamos con fenómenos más complejos, que implican movimiento, saltos bruscos, cambios cualitativos, se hace totalmente inadecuada.

El siguiente extracto de Trotsky resume brillantemente la línea de argumentación de Hegel en relación a la ley de la identidad:

"Trataré aquí de esbozar lo esencial del problema en forma muy concisa. La lógica aristoteliana del silogismo simple parte de la premisa de que 'A es igual a A'. Este postulado se acepta como axioma para una cantidad de acciones humanas prácticas y de generalizaciones elementales. Pero en realidad 'A' no es igual a 'A'. Esto es fácil de demostrar si observamos estas dos letras bajo una lente: son completamente diferentes. Pero, se podrá objetar, no se trata del tamaño o de la forma de las letras, dado que ellas son solamente símbolos de cantidades iguales, por ejemplo de una libra de azúcar. La objeción no es valedera; en realidad, una libra de azúcar nunca es igual a una libra de azúcar: una balanza delicada descubriría siempre la diferencia. Nuevamente se podría objetar: sin embargo una libra de azúcar es igual a sí misma. Tampoco esto es verdad: todos los cuerpos cambian constantemente de peso, color, etc. Nunca son iguales a sí mismos. Un sofista contestará que una libra de azúcar es igual a sí misma en 'un momento dado'. Fuera del valor práctico extremadamente dudoso de este 'axioma', tampoco soporta una crítica teórica. ¿Cómo concebimos realmente la palabra 'momento'? Si se trata de un intervalo infinitesimal de tiempo, entonces una libra de azúcar está sometida durante el transcurso de ese 'momento' a cambios inevitables. ¿O este 'momento' es una abstracción puramente matemática, es decir, cero tiempo? Pero todo existe en el tiempo y la existencia misma es un proceso ininterrumpido de transformación; el tiempo es en consecuencia, un elemento fundamental de la existencia. De este modo el axioma 'A es igual a A', significa que una cosa es igual a sí misma si no cambia, es decir, si no existe.

"A primera vista, podría parecer que estas 'sutilezas' son inútiles. En realidad, tienen decisiva importancia. El axioma 'A es igual a A', es a un mismo tiempo punto de partida de todos nuestros conocimientos y punto de partida de todos los errores de nuestro conocimiento. Sólo dentro de ciertos límites se lo puede utilizar con uniformidad. Si los cambios cuantitativos que se producen en 'A' carecen de importancia para la cuestión que tenemos entre manos, entonces podemos presumir que 'A es igual a A'. Este es, por ejemplo, el modo con que vendedor y comprador consideran una libra de azúcar. De la misma manera consideramos la temperatura del sol. Hasta hace poco considerábamos de la misma manera el valor adquisitivo del dólar. Pero cuando los cambios cuantitativos sobrepasan ciertos límites se convierten en cambios cualitativos. Una libra de azúcar sometida a la acción del agua o del kerosén deja de ser una libra de azúcar. Un dólar en manos de un presidente deja de ser un dólar. Determinar en el momento preciso el punto crítico en el que la cantidad se transforma en calidad, es una de las tareas más difíciles o importantes en todas las esferas del conocimiento, incluso de la sociología:

"Con respecto al pensamiento vulgar, el pensamiento dialéctico está en la misma relación que una película cinematográfica con una fotografía inmóvil. La película no invalida la fotografía inmóvil, sino que combina una serie de ellas de acuerdo a las leyes del movimiento. La dialéctica no niega el silogismo, sino que nos enseña a combinar los silogismos en forma tal que nos lleve a una comprensión más certera de la realidad eternamente cambiante. Hegel en su Lógica estableció una serie de leyes: cambio de cantidad en calidad, desarrollo a través de las contradicciones, conflictos entre el contenido y la forma, interrupción de la continuidad, cambio de posibilidad en inevitabilidad, etc., que son tan importantes para el pensamiento teórico como el silogismo simple para las tareas más elementales".⁵⁷

Lo mismo sucede con la ley del medio excluido, que plantea que es necesario asegurar o negar, que una cosa tiene que ser blanca o negra, viva o muerta, "A" o "B". No puede ser ambas cosas al mismo tiempo. En la vida diaria podemos darla por buena. De hecho sin esta afirmación, el pensamiento claro y consistente sería imposible. Sin embargo lo que parecen ser errores insignificantes en la teoría, más pronto o más tarde se manifestarán en la práctica, a menudo con resultados desastrosos. De la misma manera, una grieta del tamaño de un pelo en el ala de un jumbo puede parecer insignificante, y de hecho, a pequeñas velocidades puede pasar inadvertido. Pero a grandes velocidades, este pequeño error puede provocar una catástrofe. En el *Anti-Dühring*, Engels explica las deficiencias de la llamada ley del medio excluido:

"Del mismo modo es todo ser orgánico en cada momento el mismo y no lo es; en cada momento está elaborando sustancia tomada de fuera y eliminando otra; en todo momento mueren células de su cuerpo y se forman otras nuevas; tras un tiempo más o menos largo, la materia de ese cuerpo se ha quedado completamente renovada,

sustituída por otros átomos de materia, de modo que todo ser organizado es al mismo tiempo el mismo y otro diverso".⁵⁸

La relación entre la dialéctica y la lógica formal se puede comparara a la relación entre la mecánica cuántica y la mecánica clásica. No se contradicen sino que se complementan la una a la otra. Las leyes de la mecánica clásica siguen siendo válidas para una gran cantidad de operaciones. Sin embargo, no se pueden aplicar correctamente al mundo de las partículas subatómicas, con cantidades infinitesimalmente pequeñas y velocidades tremendas. De manera parecida, Einstein no sustituyó a Newton, sino que simplemente puso al descubierto los límites más allá de los cuales no se podía aplicar el sistema de Newton.

Igualmente, la lógica formal (que ha alcanzado el grado de prejuicio popular en forma de "sentido común") sigue siendo válida para toda una serie de experiencias diarias. Sin embargo, las leyes de la lógica formal, que parten de una visión esencialmente estática de las cosas, inevitablemente dejan de ser válidas cuando se trata de fenómenos cambiantes, más complejos. Utilizando el lenguaje de la teoría del caos, las ecuaciones "lineales" de la lógica formal, no pueden aplicarse a los procesos turbulentos que se pueden observar en la naturaleza, la sociedad y la historia. Sólo se les puede aplicar el método dialéctico.

La lógica y el mundo subatómico

Otros filósofos, que están muy lejos del punto de vista dialéctico, han comprendido las deficiencias de la lógica formal. En general, en el mundo anglosajón, ha existido tradicionalmente una mayor inclinación hacia el empirismo, y al razonamiento inductivo. Pero la ciencia necesita un marco filosófico que le permita valorar sus resultados y que guíe sus pasos a través de la masa confusa de hechos y estadísticas, como el hilo de Ariadna en el laberinto. Los simples llamamientos al "sentido común", o los "hechos" no son suficientes.

El pensamiento silogístico, el método deductivo abstracto, pertenece a la tradición francesa, especialmente desde Descartes. La tradición inglesa es totalmente diferente, fuertemente influenciada por el empirismo. Desde Gran Bretaña, esta escuela de pensamiento fue exportada a los Estados Unidos, donde echó raíces profundas. Así, el método de pensamiento deductivo formal no era característico de la tradición intelectual anglosajona. "Por el contrario", escribió Trotsky, "es posible decir que este [escuela de] pensamiento se distingue por un desprecio empírico soberano por el silogismo puro, lo que no impidió a los ingleses hacer conquistas colosales en muchas esferas de la investigación científica. Si se lo piensa bien es imposible no llegar a la conclusión de que el desprecio empírico por el silogismo es una forma primitiva de pensamiento dialéctico".

Históricamente, el empirismo ha jugado tanto un papel positivo (en la lucha contra la religión y el dogmatismo medieval) como negativo (una interpretación demasiado estrecha del materialismo, resistencia a generalizaciones teóricas amplias). La famosa afirmación de Locke de que no hay nada en el intelecto que no se derive de los sentidos contiene el germen de una idea profundamente correcta, pero presentada de una manera unilateral, que puede tener, y ha tenido, a las consecuencias más dañinas sobre el desarrollo futuro de la filosofía. Justo antes de su asesinato, Trotsky escribió sobre esto:

"'No sabemos nada del mundo excepto lo que se nos da a través de la experiencia'. Esto es correcto si no se entiende la experiencia en el sentido de testimonio directo de nuestros cinco sentidos individuales. Si reducimos la cuestión a la experiencia en el estrecho sentido empírico, entonces nos es imposible llegar a ningún juicio sobre el origen de las especies o, menos aun, sobre la formación de la corteza terrestre. Decir que la base de todo es la experiencia significa decir mucho o no decir absolutamente nada. La experiencia es la interrelación activa entre el sujeto y el objeto. Analizarla fuera de esta categoría, es decir, fuera del medio material objetivo del investigador, que se le contraponen y que desde otro punto de vista es parte de este medio, significa disolver la experiencia en una unidad informe donde no hay ni objeto ni sujeto sino sólo la mística fórmula de la experiencia. Un 'experimento' o 'experiencia' de este tipo es propio sólo de un bebé en el útero de su madre, pero desgraciadamente ese bebé no tiene la oportunidad de compartir las conclusiones científicas de su experimento".⁵⁹

El principio de indeterminación de la mecánica cuántica no se puede aplicar a los objetos ordinarios, sólo a los átomos y partículas subatómicas. Las partículas subatómicas se rigen por leyes diferentes a las del mundo "ordinario". Se mueven a velocidades increíbles, 1500 metros por segundo por ejemplo. Se pueden desplazar en diferentes direcciones al mismo tiempo. En estas condiciones, las formas de pensamiento que se aplican para la experiencia diaria dejan de ser válidas. La lógica formal es inútil. Sus categorías blanco-o-negro, si-o-no, lo tomas o lo dejas no tienen ningún punto de contacto con esta realidad fluida, inestable y contradictoria. Todo lo que podemos decir es que esta y esa moción son probables, con un número infinito de posibilidades. Lejos de seguir las premisas de la lógica formal, la mecánica cuántica viola la ley de la identidad afirmando la "no-individualidad" de las partículas. La ley de la identidad no se puede aplicar a este nivel, porque no se puede fijar la "identidad" de las partículas individuales. De ahí la larga controversia entre "onda" y "partícula". ¡No podía ser las dos cosas! Aquí "A" resulta ser "no-A", y de hecho "A" puede ser "B". De ahí la imposibilidad de fijar la posición y velocidad de un electrón a la manera absoluta y concreta de la lógica formal. Este es un problema serio para la lógica formal y el "sentido común", pero no para la dialéctica o la mecánica cuántica. Un electrón tiene las cualidades de una onda y de una partícula, y esto se ha demostrado experimentalmente.

En 1932 Heisenberg sugirió que los protones en el interior del núcleo se mantenían unidos por lo que él llamó *fuerza de intercambio*. Esto implicaba que protones y neutrones *estaban cambiando constantemente de identidad*. Cualquier partícula dada está en un estado constante de flujo, cambiando de protón a neutrón y viceversa. Sólo de esta manera se mantiene unido el núcleo. Antes de que un protón pueda ser repelido por otro protón se convierte en

un electrón, y a la inversa. Este proceso en el que las partículas se convierten en su contrario tiene lugar de manera ininterrumpida, de tal manera que es imposible decir en un momento determinado si una partícula es un protón o un neutrón. De hecho es *ambos*: es y no es.

El intercambio de identidades entre electrones no significa un simple cambio de posición, sino un proceso mucho más complejo en el que el electrón "A" interpenetra con el electrón "B" para crear una mezcla de, digamos, 60% "A" y 40% "B", y viceversa. Más tarde pueden haber cambiado completamente de identidad, con todos los "A" allí y todos los "B" aquí. Entonces empezará el flujo a la inversa en una oscilación permanente, implicando un intercambio rítmico de las identidades de los electrones, que continua indefinidamente. La vieja y rígida ley de la identidad se desvanece en este tipo de identidad-en-la-diferencia pulsante, que subyace en toda la existencia, y que recibe expresión científica en el principio de exclusión de Pauli.

Así, dos milenios y medio más tarde, el principio de Heráclito de que "todo fluye" resulta ser cierto literalmente. Aquí tenemos, no sólo un estado de cambio y moción incesantes, sino también un proceso de interconexión universal, y la unidad y lucha de contrarios. No sólo los electrones se condicionan los unos a los otros, sino que en realidad se convierten los unos en los otros. ¡Qué lejos del universo idealista estático e inmutable de Platón! ¿Cómo se fija la posición de un electrón? Observándolo. ¿Y cómo se determina su momento? Observándolo otra vez. Pero en ese período de tiempo, incluso en un lapso de tiempo infinitesimalmente pequeño, el electrón ha cambiado, y ya no es el que era. Es otra cosa. Es a la vez una partícula (un "punto", una "cosa") y una onda (un "proceso", movimiento). Es y no es. El viejo método de blanco o negro de la lógica formal utilizado por la mecánica clásica no nos puede dar resultados aquí debido al propio carácter del fenómeno.

El 1963, físicos japoneses plantearon que la partícula extremadamente pequeña llamada neutrino cambiaba de identidad en la medida en que viajaba por el espacio a velocidades altísimas. En un momento era un *electrón-neutrino*, en otro un *muon-neutrino*, en otro un *tauón-neutrino*, y sucesivamente. Si esto es cierto, la ley de la identidad, que ya ha recibido fuertes golpes, habría recibido su golpe de gracia. Una concepción rígida de este tipo está claramente fuera de lugar cuando se enfrenta a cualquiera de los fenómenos complejos y contradictorios de la naturaleza descritos por la ciencia moderna.

Lógica moderna

En el siglo XIX se hicieron una serie de intentos de poner al día la lógica (George Boyle, Ernst Schröder, Gotlob Frege, Bertrand Russell y A. N. Whitehead). Pero aparte de la introducción de símbolos, y de cierta limpieza, no hubo un cambio real. Se han hecho afirmaciones grandilocuentes, por ejemplo por parte de los filósofos lingüísticos, pero sin mucho fundamento. La semántica (que estudia la validez de un argumento) se separó de la sintaxis (que estudia la deductibilidad e las conclusiones a partir de los axiomas y premisas). Supuestamente esto era algo nuevo, cuando, en realidad, es simplemente una remezcla de la vieja división, bien conocida por los antiguos griegos, entre *lógica* y *retórica*. La lógica moderna se basa en las relaciones lógicas entre conjuntos de frases. el centro de atención se ha desplazado desde el silogismo hacia los argumentos hipotéticos y disyuntivos. Esto difícilmente se puede considerar un paso adelante como para cortar el aliento. Se puede empezar por frases (juicios) en lugar de silogismos. Hegel lo hizo en su *Lógica*. Más que una gran revolución en el pensamiento, es como rebarajar las cartas en la baraja.

Utilizando una analogía inexacta con la física, el llamado "método atómico" desarrollado por Russell y Wittgenstein (y más tarde repudiado por este último) intentaba dividir el lenguaje en "átomos". Se supone que el átomo básico del lenguaje es la frase simple, a partir de la cual se construyen las frases compuestas. Wittgenstein soñaba con desarrollar un "lenguaje formal" para toda ciencia $\frac{3}{4}$ física, biología, incluso psicología $\frac{1}{4}$. Las frases se someten a un "test de la verdad" basado en las viejas leyes de la identidad, contradicción y medio excluido. En realidad, el método básico sigue siendo exactamente el mismo. El "valor verdadero" es una cuestión de "esto o lo otro", "sí o no", "verdadero o falso". A la nueva lógica se la denomina *cálculo proposicional*. Pero el hecho es que el sistema ni siquiera puede tratar con argumentos que previamente podían ser estudiados por el silogismo más básico (categórico).

El hecho es que no se entiende realmente ni siquiera la frase simple, a pesar de que se supone que es el equivalente lingüístico de los "ladrillos componentes de la materia". Incluso el juicio más simple, como plantea Hegel, contiene una contradicción. "Cesar es un hombre", "Fido es un perro", "el árbol es verde", todos plantean que *lo particular es lo universal*. Frases de este tipo pueden parecer simples, pero en realidad no lo son. Esto es un libro cerrado para la lógica formal que sigue decidida a prohibir todas las contradicciones, no sólo de la naturaleza y la sociedad, sino también del lenguaje. El cálculo proposicional parte exactamente de los mismos postulados básicos que ya elaboró Aristóteles en el siglo IV a. de J.C., es decir, la ley de la identidad, la ley de la (no-)contradicción, y la ley del medio excluido, a las que se añade la ley de la doble negación. En lugar de estar escrita con letras normales, se expresan en símbolos:

- a) $p = p$
- b) $p = \sim p$
- c) $p \vee \sim p$
- d) $\sim (p \sim p)$

Todo esto es muy bonito, pero no es en absoluto diferente al contenido del silogismo. Es más, la propia lógica simbólica no es una idea nueva. Alrededor de 1680, la mente fértil del filósofo alemán Leibniz creó una lógica simbólica, aunque nunca la publicó.

La introducción de símbolos en la lógica no nos hace avanzar un solo paso, por la simple razón de que estos, más tarde o más temprano, se tienen que transformar en palabras y conceptos. Tienen la ventaja de ser una especie de atajo, más conveniente para cierto tipo de operaciones técnicas, ordenadores y demás, pero el contenido sigue siendo el mismo de antes. Todas estas florituras matemáticas aturdidoras se acompañan de una jerga auténticamente bizantina, que parece haber sido diseñada deliberadamente para que la lógica sea inaccesible a los mortales ordinarios, de la misma manera que la casta sacerdotal en Egipto y Babilonia utilizaba palabras secretas y símbolos ocultos para quedarse con todos los conocimientos. La diferencia es que ellos conocían cosas que valía la pena conocer, como los movimientos de los cuerpos celestes, algo que no se puede decir de los lógicos modernos.

Términos como "*predicados monádicos*", "*cuantificadores*", "*variables individuales*", y demás, están diseñados para dar la impresión de que la lógica formal es una ciencia a la que hay que tener en cuenta, en la medida en que es bastante ininteligible para la mayoría de la gente. La lástima es que el valor científico de un cuerpo de creencias no es directamente proporcional a la oscuridad de su lenguaje. Si fuera así, cualquier religioso místico en de la historia sería tan gran científico como Newton, Darwin y Einstein, todos juntos.

En la comedia de Moliere, *El burgués gentilhombre*, M. Jourdain se sorprendía cuando le decían que había estado hablando en *prosa* toda la vida, sin darse cuenta. La lógica moderna simplemente repite las viejas categorías, pero introduciendo unos cuantos símbolos y términos que suenan bien, para ocultar el hecho de que no se dice nada nuevo en absoluto. Aristóteles ya utilizó "*predicados monádicos*" (expresiones que atribuyen una propiedad a un individuo) hace mucho tiempo. M. Jourdain, sin duda, habría estado encantado de descubrir que había estado utilizando *predicados monádicos* todo el tiempo sin saberlo. Pero no hubiera significado la menor diferencia respecto a lo que estaba haciendo. La utilización de etiquetas nuevas no cambia el contenido de los viejos botes de mermelada. Ni la utilización de jerga revive la validez de formas de pensamiento anticuadas.

La triste realidad es que en el siglo XX la lógica formal ha llegado a su límite. Cada avance de la ciencia le asesta un nuevo golpe. A pesar de todos los cambios formales, las leyes básicas siguen siendo las mismas. Una cosa está clara. El desarrollo de la lógica formal en los últimos cien años, primero con el cálculo proposicional (p.c.) después con el cálculo predicativo inferior (l.p.c.) han llevado el tema a un punto tal de refinamiento que ya no es posible seguir avanzando. Hemos llegado al sistema más completo de lógica formal, de tal manera que cualquier nuevo añadido no añadirá nada nuevo. La lógica formal ya ha dicho todo lo que tenía que decir. Para decir la verdad, ya hace bastante tiempo que llegó a este punto.

Recientemente el terreno se ha trasladado de la argumentación a las conclusiones deducidas. ¿Cómo se "deducen los teoremas de la lógica"? Este es un terreno poco firme. La base de la lógica formal siempre se había dado por supuesta en el pasado. Una investigación a fondo de las bases teóricas de la lógica formal inevitablemente llevaría a transformarla en su contrario. Arend Heyting, el fundador de la escuela intuicionista en matemáticas, niega la validez de algunas de las pruebas utilizadas en la matemática clásica. Sin embargo, la mayoría de los lógicos se aferran desesperadamente a las viejas leyes de la lógica formal, como un hombre agarrándose a una pajita:

"No creemos que exista una lógica no-aristotélica en el sentido en que existe una geometría no-euclidiana, es decir, un sistema de lógica en el que los opuestos a los principios aristotélicos de la contradicción y el medio excluido se asuman como ciertos, y se deduzcan de ellos inferencias válidas".⁶⁰

Hoy en día existen dos ramas principales de la lógica formal $\frac{3}{4}$ el cálculo proposicional y el cálculo predicativo $\frac{1}{4}$. Todas ellas parten de axiomas, que se asume que son válidos "en todos los mundos posibles", en cualquier circunstancia. La prueba fundamental sigue siendo si están libres de contradicción. Se condena cualquier cosa contradictoria como "no válida". Esto tiene ciertas aplicaciones, por ejemplo, en ordenadores que están engranados a un mecanismo de *sí o no*. Sin embargo, en realidad todos estos axiomas son *tautologías*. Se puede llenar estas formas vacías prácticamente con cualquier contenido. Se aplican de manera mecánica y externa a cualquier sujeto. Cuando se trata de procesos lineales funcionan razonablemente bien. Pero cuando se trata de fenómenos más complejos, contradictorios y no-lineales, las leyes de la lógica formal se rompen. Inmediatamente se hace evidente que lejos de ser verdades universales, válidas "en todos los mundos posibles", son, como Engels explicó, de aplicación bastante limitada, y rápidamente se encuentran fuera de su elemento en toda una serie de circunstancias. Es más, precisamente estas circunstancias son las que han ocupado la atención de la ciencia, especialmente de sus partes más innovadoras, durante la mayor parte del siglo XX.

Parte Dos: Tiempo, espacio y moción

5. Revolución en la física

Hace dos mil años se creía que la geometría euclidiana cubría todas las leyes del universo. No había nada más que añadir. Esta es la ilusión de todos y cada uno de los diferentes períodos. Durante bastante tiempo después de la muerte de Newton, los científicos pensaron que la última palabra sobre las leyes de la naturaleza ya estaba dicha. Laplace se lamentaba que hubiese un solo universo, y que Newton hubiese tenido la suerte de descubrir todas sus leyes. Durante doscientos años la teoría de la luz como una partícula fue generalmente aceptada, en oposición a la teoría, defendida por el físico holandés Huygens, que la luz era una onda. Posteriormente la teoría de la partícula fue negada por el francés A. J. Fresnel, cuya teoría de la onda fue confirmada experimentalmente por J. B. L. Foucault.

Newton había predicho que la luz, que viaja a 300.000 kms en el vacío debería de viajar más rápidamente en el agua. Los defensores de la teoría ondular predijeron que viajaría más lentamente, y se demostró que estaban en lo cierto.

El avance decisivo de la teoría ondular lo dio el científico escocés James Clerk Maxwell en la segunda mitad del siglo XIX. Maxwell, basándose en primer lugar en el trabajo experimental de Michael Faraday, que descubrió la inducción electromagnética, e investigó las propiedades del imán, cuyos polos norte y sur estaban vinculados a fuerzas invisibles que los ligaban a los polos terrestres. Maxwell universalizó estos descubrimientos empíricos, trasladándolos al terreno matemático. Su trabajo llevó al descubrimiento del *campo*, en el que más tarde Einstein basó su teoría general de la relatividad. De esta manera una generación se apoya en los trabajos de la anterior, negando y preservando a la vez los descubrimientos anteriores, profundizándolos continuamente, y generalizándolos en forma y contenido.

Siete años después de la muerte de Maxwell, Hertz detectó por primera vez las ondas electromagnéticas, que Maxwell había predicho. La teoría de las partículas, que había mantenido su predominio desde los tiempos de Newton, parecía haber sido aniquilada por el electromagnetismo de Maxwell. Una vez más los científicos se creían en posesión de una teoría que podía explicarlo todo. Sólo había que responder algunas preguntas y conoceríamos todo lo que hay que conocer sobre el funcionamiento del universo. Por supuesto que había algunas discrepancias que parecían problemáticas, pero parecían ser solamente pequeños detalles que podían ser ignorados. Sin embargo, en unas pocas décadas, estas discrepancias "menores" fueron suficientes para derribar todo el edificio y provocar una auténtica revolución científica.

¿Ondas o partículas?

Todo el mundo sabe lo que es una onda. Es un hecho común asociado al agua. Pero de la misma manera que un pato moviéndose por la superficie de un estanque provoca ondas, una partícula con carga, por ejemplo un electrón, puede provocar una *onda electromagnética* cuando se mueve a través del espacio. El movimiento oscilatorio de un electrón perturba los campos eléctrico y electromagnético, provocando ondas que se expanden continuamente, como las ondulaciones en el estanque. Por supuesto, la analogía es sólo aproximada. Hay una diferencia fundamental entre una onda en el agua y una onda electromagnética. Esta última no requiere un medio continuo en el que viajar, como el agua. Una oscilación electromagnética es una perturbación periódica que se propaga a través de la estructura eléctrica de la materia. Sin embargo la comparación nos ayuda a clarificar la idea.

El hecho de que no podamos ver estas ondas no quiere decir que no se pueda detectar su presencia incluso en la vida diaria. Tenemos experiencias directas de ondas de luz, de radio-ondas e incluso de rayos-X. La única diferencia entre ellas es su frecuencia. Sabemos que una onda en el agua hará subir y bajar un objeto flotante más o menos rápidamente dependiendo de la intensidad de la onda — las ondulaciones provocadas por el pato, comparadas con las que puede provocar un fuera borda —. De igual manera las oscilaciones de los electrones serán proporcionales a la intensidad de la onda de luz.

Las ecuaciones de Maxwell, respaldadas por los experimentos de Hertz y otros, proporcionaban bastantes evidencias de la teoría de que la luz está formada por *ondas*, de carácter electromagnético. Sin embargo, a principios de siglo se estaba recogiendo suficientes pruebas como para demostrar que esta teoría era errónea. Max Plank en 1900 demostró que la teoría de las ondas hacía predicciones que no se comprobaban en la práctica y planteó la teoría de que la luz se componía de partículas discontinuas o "paquetes" (latín: *quanta*, sing. *quantum*). La situación se complicaba por el hecho de que diferentes experimentos demostraban cosas diferentes. Se podía demostrar que un electrón era una partícula haciéndolo chocar contra una pantalla fluorescente y observando los centelleos resultantes; o bien observando los trazos que dejaban los electrones en una cámara de niebla; o bien por la pequeña mancha que aparecía en una placa fotográfica desarrollada. Por otra parte, si se hacen dos agujeros de entrada en una pantalla, y se dejan fluir electrones desde una sola fuente, provocan un modelo de interferencia que demuestra la presencia de una onda.

Sin embargo, el resultado más peculiar de todos se obtuvo en el famoso experimento de las dos ranuras, en el que se dispara un solo electrón contra una pantalla que tiene dos ranuras y con una placa fotográfica detrás. ¿A través de cual de las dos ranuras ha pasado el electrón? El modelo de interferencia en la placa es claramente un modelo de dos agujeros. Esto demuestra que el electrón tiene que haber pasado por *ambos* agujeros, y entonces crear un modelo de interferencia. Esto va en contra de todas las leyes del *sentido común*, pero es totalmente irrefutable. El electrón se comporta como una partícula y como una onda. ¡Está en dos sitios (o más de dos) al mismo tiempo, y tiene diferentes estados de movimiento a la vez!

"No vayamos a imaginarnos", escribe Banesh Hoffmann, "que los científicos aceptaron estas nuevas ideas con gritos de alegría. Las combatieron y resistieron tanto como les fue posible, inventando todo tipo de trampas e hipótesis alternativas en un vano intento de evitarlas. Pero las paradojas evidentes estaban allí ya desde 1905 en el caso de la luz, e incluso anteriormente, y nadie tuvo el valor o el ingenio para resolverlas hasta la llegada de la nueva mecánica cuántica. Las nuevas ideas son tan difíciles de aceptar porque instintivamente todavía nos esforzamos a representarlas en términos de las partículas pasadas de moda, a pesar del principio de indeterminación de Heisenberg. Todavía no nos atrevemos a visualizar un electrón como algo que, teniendo *moción*, no puede tener *posición*, y teniendo *posición*, no puede tener algo parecido a *moción* o *descanso*".¹

Aquí vemos un ejemplo de la negación de la negación. A primera vista parece que hemos cerrado completamente el círculo. La teoría de la luz como partícula fue negada por la teoría ondular de Maxwell. Esta a su vez fue negada por la nueva teoría corpuscular, planteada por Plank y Einstein. Pero esto no significa una vuelta a la vieja teoría newtoniana, sino un salto adelante cualitativo, que implica una auténtica revolución científica. Se tuvo que revisar toda la ciencia, incluyendo la ley de la gravitación universal de Newton.

Esta revolución no invalidó las ecuaciones de Maxwell, que siguen siendo válidas para gran cantidad de operaciones. Simplemente demostró que, más allá de ciertos límites, las ideas de la física clásica ya no se aplican. En particular, no se pueden entender los fenómenos del mundo de las partículas subatómicas con los métodos de la mecánica clásica. Aquí entran en juego las ideas de la mecánica cuántica y de la relatividad. Durante la mayor parte de este siglo, la física ha estado dominada por la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica que, al principio, fueron rechazadas por la comunidad científica, que se aferraba tenazmente a las viejas ideas. Esto encierra una lección importante. Cualquier intento de imponer una "solución final" a nuestra visión del universo está condenado al fracaso.

Mecánica cuántica

El desarrollo de la física cuántica representó un paso adelante de gigante en la ciencia, una ruptura decisiva con el viejo determinismo mecanicista osificado de la física clásica (el viejo método "metafísico" como lo hubiera llamado Engels). En lugar de eso tenemos una visión mucho más flexible y dinámica (en una palabra, dialéctica) de la naturaleza. Empezando con el descubrimiento de la existencia del quantum por Max Plank, que al principio parecía no ser más que un pequeño detalle, casi una anécdota, se transformó la faz de la física. Era una nueva ciencia que podía explicar el fenómeno de la transformación radioactiva y analizar detalladamente los complejos datos suministrados por el espectroscopio. Llevó al establecimiento de una nueva ciencia la química teórica, capaz de resolver problemas previamente insolubles. En general, una vez que se aceptó el nuevo punto de vista, toda una serie de dificultades teóricas quedaron eliminadas. La nueva física reveló las sorprendentes fuerzas que encierra el núcleo atómico. Esto llevó directamente a la explotación de la energía nuclear, el camino para la destrucción potencial de la vida en la tierra, o hacia la abundancia y el progreso social sin límites a través de la utilización pacífica de la fusión nuclear. La teoría de la relatividad de Einstein explica que la masa y la energía son equivalentes. Si se conoce la masa de un objeto y se multiplica por el cuadrado de la velocidad de la luz se convierte en energía.

Einstein demostró que la luz, que hasta entonces se creía que era una onda, se comportaba como una partícula. En otras palabras, la luz es sólo otra forma de la materia. Esto se vio en 1919, cuando se demostró que la luz se curva bajo el efecto de la fuerza de la gravedad. Más adelante, De Broglie planteó que la luz, que se creía que estaba formada por partículas participa de la naturaleza de las ondas. Se abolió para siempre la división entre materia y energía. Materia y energía es lo mismo. Un avance muy importante para la ciencia. Engels describió la energía ("movimiento") como "el modo de existencia, atributo inherente a la materia".²

La discusión que había centrado la física de partículas durante años, si las partículas subatómicas como los fotones o los electrones eran partículas o ondas fue finalmente resuelta por la mecánica cuántica que plantea que las partículas subatómicas pueden comportarse, y se comportan, como partículas y como ondas. Al igual que una onda, la luz produce interferencias, pero un fotón de luz también rebota de todo electrón, igual que una partícula. Esto va en contra de las leyes de la lógica formal. ¿Cómo puede el "sentido común" aceptar que un electrón pueda estar en dos sitios al mismo tiempo? ¿O incluso que se mueva, a velocidades increíbles, simultáneamente en diferentes direcciones? Que la luz se comportase a la vez como partícula y como onda era visto como una contradicción intolerable. Los intentos de explicar los fenómenos contradictorios del mundo subatómico en términos de la lógica formal nos llevan al abandono de todo pensamiento racional. En su conclusión a un trabajo en relación a la revolución cuántica, Banesh Hoffmann es capaz de escribir:

"¿Cuánto tenemos que maravillarnos de los milagrosos poderes de Dios que creo el cielo y la tierra de una esencia primaria de una sutileza tan exquisita que con ella pudo moldear cerebros y mentes ardiendo con el regalo divino de la clarividencia para penetrar sus misterios?. Si la mente de un simple Bohr o Einstein nos sorprende con su poder, ¿cómo podríamos empezar a ensalzar la gloria de Dios que las creo?"³

Desgraciadamente este no es un ejemplo aislado. Toda la literatura científica moderna, incluyendo gran parte de lo que escriben los propios científicos, está impregnada de este tipo de nociones místicas, religiosas o casi religiosas. Este es el resultado directo de la filosofía idealista que la gran mayoría de los científicos ha adoptado, consciente o inconscientemente.

Las leyes de la mecánica cuántica chocan de frente con el "sentido común" (es decir la lógica formal), pero están en total acuerdo con el materialismo dialéctico. Tomemos por ejemplo el concepto de un punto. Toda la geometría tradicional parte de un punto, que se convierte en una línea, un plano, un cubo, etc. Pero una observación más detallada revela que tal punto no existe.

El punto se concibe como la mínima expresión de espacio, algo que no tiene dimensión. En realidad tal punto está formado por átomos, electrones, núcleo, fotones e incluso partículas más pequeñas. En última instancia desaparece en un reflejo incesante de ondas cuánticas arremolinadas. Y este proceso no tiene fin. No hay ningún "punto" fijo. Esta es la última respuesta a los idealistas que intentan encontrar las "formas" perfectas que supuestamente residen "más allá" de la realidad observable. La única "última realidad" es el universo infinito, eterno y siempre cambiante, que es de lejos mucho más maravilloso en su variedad infinita de formas y procesos que la más fabulosa aventura de

ciencia-ficción. En lugar de una localización fija un "punto" tenemos un proceso, un flujo sin fin. Todo intento de imponerle límites, ya sea un principio o un final, fracasará inevitablemente.

¿Desaparición de la materia?

Mucho antes del descubrimiento de la relatividad, la ciencia había descubierto dos principios fundamentales la conservación de la energía y la conservación de la masa. El primero lo formuló Leibniz en el siglo XVII, y fue desarrollado en el siglo XIX como consecuencia natural de un principio de la mecánica. Mucho antes de eso el hombre primitivo había descubierto en la práctica el principio de equivalencia de trabajo y calor, al hacer fuego mediante fricción, trasladando una determinada cantidad de energía (trabajo) en calor. A principios de siglo se descubrió que la masa no era más que una de las formas de la energía. La energía de masa y la energía de moción son las dos formas fundamentales de la energía al nivel de las partículas elementales. Una partícula de materia no es más que energía, altamente concentrada y localizada. La cantidad de energía concentrada en una partícula es proporcional a su masa, y la cantidad total de energía se mantiene siempre igual. La pérdida de un tipo de energía se compensa por la ganancia de otro tipo de energía. Aunque cambia constantemente de forma la energía sigue siendo siempre la misma.

Lo revolucionario de Einstein fue que demostró que la masa en sí misma contiene una enorme cantidad de energía. La equivalencia de masa y energía se expresa en la fórmula $E = mc^2$ en la que c representa la velocidad de la luz (360.000 metros por segundo), E es la energía contenida en un cuerpo estacionario, y m es la masa. De esta manera, la energía contenida en la masa m es igual a esta masa, multiplicada por el cuadrado de la tremenda velocidad de la luz una impresionante cantidad de energía por cada unidad de masa. Normalmente esta enorme cantidad de energía está encerrada en la materia y no se manifiesta, y por lo tanto pasa desapercibida. Pero si los procesos en el núcleo alcanzan un punto crítico, se libera parte de la energía, en forma de energía cinética.

En la medida en que la masa es sólo una de las formas de la energía, ni la materia ni la energía se pueden crear ni destruir. Las formas de la energía, por otra parte, son extremadamente diversas. Por ejemplo, cuando los protones en el sol se unen para formar núcleos de helio se libera energía nuclear. Esta aparece en primer lugar como energía cinética del movimiento de los núcleos, que contribuyen a crear la energía calórica del sol. Parte de esta energía es emitida por el sol en forma de fotones, que contienen partículas de energía electromagnética. Esta a su vez, se transforma en el proceso de fotosíntesis en energía química almacenada en las plantas, que a su vez es adquirida por el hombre comiéndose las plantas, o por animales que se alimentan de plantas, para dar calor y energía a los músculos, la circulación sanguínea, el cerebro, etc.

Las leyes de la física clásica en general no se pueden aplicar a los procesos a nivel subatómico. Sin embargo hay una ley que no tienen excepciones en la naturaleza la ley de la conservación de la energía. Los físicos saben que no se puede crear una carga, ni positiva ni negativa, partiendo de la nada. Este hecho se expresa en la ley de la conservación de la carga eléctrica. Así, en el proceso de producción de una partícula beta (cada uno de los electrones emitidos en la radiación beta), la desaparición del neutrón (que no tiene carga) da lugar a un par de partículas con cargas opuestas un protón con carga positiva y un electrón con carga negativa. Tomadas a la vez, las dos nuevas partículas tienen una carga eléctrica igual a cero.

Si tomamos el proceso opuesto, cuando un protón emite un positrón y se convierte en un neutrón, la carga de la partícula original (el protón) es positiva, y el par de partículas resultantes (el neutrón y el positrón), tomadas conjuntamente tienen carga positiva. En toda esta serie de cambios la ley de la conservación de la carga eléctrica se mantiene estrictamente, al igual que las demás leyes de la conservación. No se crea ni se destruye la más mínima fracción de energía. Este fenómeno no ocurrirá nunca.

Cuando un electrón y su antipartícula, el positrón, se destruyen mutuamente, su masa "desaparece", es decir, se transforma en dos partículas de luz (fotones) que se separan. Estas tienen en total la misma energía que las partículas de las que han surgido. La masa-energía, el momento lineal y la carga eléctrica se mantienen. Este fenómeno no tienen nada en común con la desaparición en el sentido de aniquilación. Dialécticamente, el electrón y el positrón son negados y conservados al mismo tiempo. La materia y la energía (que son simplemente dos maneras de nombrar la misma cosa) no se pueden crear ni destruir, solamente transformar.

Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, la materia es la realidad objetiva que nos llega en forma de percepción sensorial. Esto no sólo incluye los objetos "sólidos", sino también la luz. Los fotones son tan materiales como lo son los electrones o positrones. De hecho, la masa se convierte constantemente en energía (incluyendo luz y fotones) y la energía en masa. La "aniquilación" de un positrón y un electrón produce un par de fotones, pero también podemos ver el proceso contrario: cuando dos fotones se encuentran pueden producir un electrón y un positrón, siempre y cuando los fotones tengan la energía suficiente. A veces se presenta este proceso como la creación de la materia "desde la nada". Pero no lo es en absoluto. Lo que vemos aquí no es la creación ni la destrucción de nada, sino la transformación continua de la materia en energía, y viceversa. Cuando un fotón bombardea un átomo deja de existir como fotón. Se desvanece, pero provoca un cambio en el átomo un electrón salta de una órbita a otra de mayor energía. También en este caso existe el proceso contrario. Cuando un electrón salta de una órbita a otra de menor energía, se libera un fotón.

El proceso de cambio constante que caracteriza el mundo subatómico es una brillante confirmación del hecho que la dialéctica no es sólo una invención subjetiva de la mente, sino que en realidad se corresponde con los procesos objetivos que se dan en la naturaleza. Este proceso ha estado en funcionamiento ininterrumpidamente por toda la

eternidad. Es una demostración concreta de la indestructibilidad de la materia precisamente lo contrario de lo que se suponía que demostraba.

¿"Ladrillos de la materia"?

Durante siglos los científicos han intentado en vano encontrar los "ladrillos de la materia" la última y más pequeña partícula. Hace cien años pensaban que la habían encontrado en el átomo (que en griego quiere decir "lo que no se puede dividir"). El descubrimiento de las partículas subatómicas llevó a los físicos a penetrar más profundamente en la estructura de la materia. En 1928, los científicos se imaginaban que habían descubierto las partículas más pequeñas, protones, electrones y fotones. Se suponía que todo el mundo material se componía de estas tres.

Más tarde esto se vino abajo con el descubrimiento del neutrón, el positrón, el deuterón, y después de toda una hueste de partículas, incluso más pequeñas, con una existencia a cual más escurridiza: neutrinos, pi-mesones, mu-mesones, k-mesones, y muchos otros. El ciclo vital de algunas de estas partículas es tan evanescente quizás la mil millonésima parte de un segundo que han sido descritas como "partículas virtuales", algo totalmente impensable en la era precuántica.

El *tauón* existe sólo durante la billonésima parte de un segundo, antes de convertirse en un muón y después en un electrón. El *pion* neutro es incluso más breve, rompiéndose en menos de una mil billonésima fracción de segundo para formar un par de rayos gamma. Sin embargo estas partículas viven hasta muy viejas si las comparamos con otras que tienen una vida de una centésima parte de un microsegundo. Algunas, como la partícula neutra *sigma* se rompe después de una cien billonésima parte de un segundo. Esto fue incluso superado en los años 60 por el descubrimiento de partículas tan evanescentes que sólo se podía determinar su existencia por la necesidad de explicar los productos de su ruptura. Las medio vidas de estas partículas son del orden de unas pocas mil billonésimas de segundo. Estas son conocidas como *partículas de resonancia*. Y ni siquiera esto es el fin de la historia.

Más tarde se descubrieron más de ciento cincuenta nuevas partículas, a las que se ha denominado *hadrones*. La situación se hizo cada vez más confusa. Un físico americano, Dr. Murray Gell-Mann, en un intento de explicar la estructura de las partículas subatómicas, planteó otras partículas, todavía más básicas, los llamados *quarks*, que fueron presentados, una vez más como "los últimos bloques componentes de la materia". Gell-Mann teorizó que existían seis tipos diferentes de quarks y que la familia de los quarks era paralela a la familia de seis miembros de partículas más ligeras conocidas como *leptones*. Toda la materia, supuestamente, estaba formada por estas doce partículas. Incluso estas, las formas más básicas de la materia conocidas por la ciencia hoy en día, poseen las mismas cualidades contradictorias que podemos ver en toda la naturaleza, de acuerdo con la ley dialéctica de unidad y lucha de contrarios. Los quarks también existen en pares, y tienen carga negativa y positiva, aunque se expresa, inusualmente, en fracciones.

A pesar del hecho de que la experiencia ha demostrado que la materia no tiene límite, los científicos siguen buscando en vano los "ladrillos de la materia". Es cierto que este tipo de expresiones son la invención de periodistas sensacionalistas y de algunos científicos con un superdesarrollado instinto de autopromoción, y que la búsqueda de partículas más pequeñas y fundamentales es indudablemente una actividad científica legítima, que nos sirve para profundizar nuestro conocimiento del funcionamiento de la naturaleza. Sin embargo, uno tiene la impresión de que por lo menos algunos de ellos creen realmente que es posible alcanzar algún tipo de último nivel de la realidad, más allá del cual ya no queda nada por descubrir, por lo menos a nivel subatómico.

Se supone que el quark es el último de los doce "bloques subatómicos componentes" que forman toda la materia. "Lo más *emocionante* es que esta es la *última pieza de la materia* tal y como la conocemos, tal y como fue predicha por la cosmología y el Modelo Estándar de la física de partículas, el Dr David Schramm declaró, 'esta es la última pieza del puzzle'.⁴ Por lo tanto el quark es la "última partícula". Se dice que es fundamental y no tiene estructura. Pero en el pasado se ha dicho lo mismo del átomo, después del protón, y así sucesivamente. De la misma manera podemos predecir confiados el descubrimiento de formas de materia todavía más "fundamentales" en el futuro. El hecho de que el estado actual de nuestros conocimientos de la ciencia y la tecnología no nos permitan determinar las propiedades del quark no nos autoriza a afirmar que no tiene estructura. Las propiedades del quark todavía esperan ser analizadas, y no hay razón para suponer que eso no se vaya a conseguir, señalando el camino para el sondeo a más profundidad de las infinitas propiedades de la materia. Este es el camino por el que siempre ha avanzado la ciencia. Las barreras al conocimiento, supuestamente infranqueables, que ha erigido una generación han sido derribadas por la siguiente y así sucesivamente. Toda la experiencia previa nos da la razón al afirmar que este proceso dialéctico de avance del conocimiento humano es tan infinito como el propio universo.

6. Indeterminación e idealismo

El principio de incertidumbre

El auténtico golpe de muerte para la mecánica newtoniana como teoría universal se lo asestaron Einstein, Schrödinger, Heisenberg, y otros científicos que asistieron al nacimiento de la mecánica cuántica a principios del siglo XX. El comportamiento de las "partículas elementales" no se podía explicar con la mecánica clásica. Había que desarrollar una nueva matemática.

En esta matemática hay conceptos como "fase-espacio" en el que se define un sistema como un punto que tiene sus grados de libertad como coordenadas, y "operadores", magnitudes que son incompatibles con las magnitudes algebraicas en el sentido de que son más parecidas a operaciones que a magnitudes propiamente dichas (de hecho expresan relaciones en lugar de propiedades fijas), que juegan un papel decisivo. La probabilidad también juega un papel importante, pero en el sentido de "probabilidad intrínseca": es una de las características esenciales de la mecánica cuántica. De hecho los sistemas de mecánica cuántica tienen que ser interpretados como la superposición de todos los posibles caminos que pueden seguir.

Las partículas cuánticas sólo se pueden definir como un conjunto de relaciones internas entre su estado "actual" y "virtual". En ese sentido son puramente dialécticas. La medición de estas partículas de una u otra manera sólo nos lleva a conocer su estado "actual" que es sólo un aspecto del todo (esta paradoja se explica popularmente con la historia del "gato de Schrödinger"). Se denomina el "colapso de la función onda", y se expresa en el principio de indeterminación de Heisenberg. Esta manera totalmente nueva de entender la realidad física, expresada en la mecánica cuántica, se mantuvo en "cuarentena" durante largo tiempo por parte de las demás disciplinas científicas. Era vista como un tipo de mecánica excepcional que sólo se podía utilizar para describir el comportamiento de las partículas elementales, como la excepción a la regla de la mecánica clásica, sin ningún tipo de importancia.

En lugar de las viejas certezas, ahora reinaba la incertidumbre. Los movimientos aparentemente casuales de las partículas subatómicas, con sus velocidades inimaginables, ya no se podían expresar en los términos de la vieja mecánica. Cuando una ciencia llega a un callejón sin salida, cuando ya no es capaz de explicar los hechos, el terreno está listo para una revolución, y el surgimiento de una nueva ciencia. Sin embargo, la nueva ciencia en su forma inicial, no está completamente desarrollada. Solo después de un período surge en su forma completa. Al principio es prácticamente inevitable un cierto grado de improvisación, incertidumbre, de diferentes interpretaciones a menudo contradictorias.

En las últimas décadas se ha abierto un debate sobre la llamada interpretación "estocástica" ("casual") de la naturaleza y el determinismo. El problema fundamental es que la necesidad y el accidente son considerados opuestos absolutos, contrarios mutuamente excluyentes. De esta manera llegamos a dos puntos de vista opuestos ninguno de cuales explica adecuadamente el funcionamiento contradictorio y complejo de la naturaleza.

El físico alemán, Werner Heisenberg, desarrolló su propia visión particular de la mecánica cuántica. En 1932 recibió el premio Nobel de física por su sistema de "*mecánica de matriz*" que describen los niveles de energía de las órbitas de los electrones puramente en términos numéricos, sin recurrir a imágenes. De esta manera esperaba haber dado esquinazo a todos los problemas provocados por la contradicción entre "ondas" y partículas", abandonando cualquier intento de visualizar el fenómeno, y tratándolo como una pura abstracción matemática. La mecánica ondular de Erwin Schrödinger cubría exactamente el mismo campo que la *mecánica de matriz* de Heisenberg, sin ninguna necesidad de retirarse al reino de las abstracciones matemáticas absolutas. La mayoría de los físicos prefirieron el punto de vista de Schrödinger, que parecía mucho menos abstracto, y no se equivocaban. En 1944, John van Neumann, el matemático húngaro-americano, demostró que la mecánica ondular y de matriz eran matemáticamente equivalentes, y podían llegar a los mismos resultados.

Heisenberg logró importantes adelantos en la mecánica cuántica. Pero su punto de vista estaba totalmente empapado por el empeño de imponer su tendencia filosófica particular sobre la nueva ciencia. De aquí surge la llamada "interpretación de Copenhague" de la mecánica cuántica. En realidad es una variación del subjetivismo idealista, débilmente disfrazada de escuela de pensamiento científico. "Werner Heisenberg", escribió Isaac Asimov, "planteó una cuestión profunda que proyectó las partículas, y la propia física, prácticamente al reino de lo incognoscible".⁵ Esta es la palabra correcta que hay que utilizar. No estamos tratando de lo *desconocido*. Este elemento siempre está presente en la ciencia. Toda la historia de la ciencia es el avance desde lo desconocido a lo conocido, de la ignorancia hacia el conocimiento. Pero las dificultades empiezan si la gente confunde lo desconocido con lo *incognoscible*. Hay una diferencia fundamental entre "no conocemos" y "no podemos conocer". La ciencia parte de la noción básica que el mundo objetivo existe y podemos conocerlo.

Sin embargo, en toda la historia de la filosofía ha habido repetidos intentos de poner límites al conocimiento humano, de afirmar que hay cosas que "no podemos conocer" por una u otra razón. Así Kant planteó que sólo podíamos conocer las apariencias, pero no las *Cosas-en-Sí*. En esto seguía los pasos del escepticismo de Hume, el idealismo subjetivo de Berkeley y los sofistas griegos: no podemos conocer el mundo.

En 1927, Werner Heisenberg planteó su famoso "principio de indeterminación", según el cual es imposible determinar simultáneamente, con la precisión deseada, la posición y la velocidad de una partícula. Cuanto más cierta es la posición de una partícula, más incierto es su momento, y viceversa (esto también se aplica a otros pares de propiedades específicas). La dificultad a la hora de establecer precisamente la posición y la velocidad de una partícula que se mueve a 5.000 millas por segundo en diferentes direcciones es obvia. Pero de ahí a sacar la conclusión que causa y efecto (causalidad) en general no existen, es una proposición totalmente falsa.

¿Cómo podemos determinar la posición de un electrón? se preguntó. Observándolo. Pero si utilizamos un microscopio potente, quiere decir que lo bombardearemos con una partícula de luz, un fotón. Debido a que la luz se comporta como una partícula, eso inevitablemente interferirá en el momento de la partícula observada. Por lo tanto la cambiamos en el mismo acto de la observación. La interferencia será impredecible e incontrolable, ya que (por lo menos en la actual teoría cuántica) no hay manera de conocer o controlar de antemano el ángulo preciso con el que el quantum de luz se dispersará en las lentes. Debido a que una medición precisa de la posición requiere la

utilización de luz de onda corta, se transfiere un momento importante pero impredecible e incontrolable al electrón. Por otra parte, una determinación precisa del momento requiere la utilización de quanta de luz de momento muy bajo (y por tanto de onda larga), lo que significa que habrá un amplio ángulo de difracción, y por lo tanto una pobre definición de la posición. Cuanto más precisamente definamos la posición, menos preciso será el momento, y viceversa.

¿Podemos resolver el problema con el desarrollo de nuevos tipos de microscopios de electrones? Según la teoría de Heisenberg no. En la medida en que toda la energía se agrupa en quanta, y toda la materia tiene la propiedad de actuar tanto como onda como partícula, cualquier tipo de aparato que utilicemos estará dominado por este principio de indeterminación (o incertidumbre). De hecho el término incertidumbre es inexacto, porque lo que aquí se está afirmando, no es sólo que no podemos tener certeza por problemas de medición. La teoría plantea que *todas las formas de materia son indeterminadas por su propio carácter*. Como dice David Bohm en su libro *Causalidad y casualidad en la física moderna*:

"De esta manera la renuncia a la causalidad en la interpretación usual de la teoría cuántica no se debe considerar simplemente como el resultado de nuestra incapacidad para *medir* los valores precisos de las variables que entrarían en la expresión de las leyes causales a nivel subatómico, sino, más bien debería ser considerada como un reflejo de que no existen tales leyes".

En lugar de verlo como un aspecto concreto de la teoría cuántica, en un estadio concreto de su desarrollo, Heisenberg planteó la indeterminación como una ley fundamental y universal de la naturaleza, y asumió que todas las demás leyes de la naturaleza tenían estar acorde con esta. Este es un punto de vista totalmente diferente al que adoptaba la ciencia en el pasado al enfrentarse a problemas relacionados con fluctuaciones irregulares y movimiento casual. Nadie se imagina que sea posible predecir el movimiento exacto de una molécula en un gas, o predecir todos los detalles de un accidente de coche en concreto. Pero nunca antes se ha hecho un intento serio de deducir de estos hechos la *no existencia de la causalidad en general*.

Y esta es precisamente la conclusión que se nos invita a sacar del *principio de indeterminación*. Científicos y filósofos idealistas vienen a plantear que la causalidad en general no existe. Es decir, que no existen causa y efecto. Por lo tanto la naturaleza parece un asunto totalmente sin causa, casual. El universo en su conjunto es impredecible. "No podemos estar seguros" de nada. "Por el contrario, se asume que en cualquier experimento concreto, el resultado *preciso* que se obtendrá es *completamente arbitrario* en el sentido en que no tiene ningún tipo de relación con ninguna otra cosa que exista en el mundo o que nunca haya existido".⁶

Esta posición representa la negación completa no sólo de toda la ciencia, sino del pensamiento racional en general. Si no hay causa ni efecto, no sólo no es posible predecir nada; es imposible explicar nada. Tenemos que limitarnos a describir lo que es. De hecho ni siquiera eso, ya que ni siquiera podemos estar seguros de que exista algo fuera de nosotros y nuestros sentidos. Esto nos lleva de cabeza a la filosofía del idealismo subjetivo. Nos recuerda el argumento de los sofistas de la Grecia antigua: "No puedo conocer nada sobre el mundo. Si puedo conocer algo, no puedo comprenderlo. Y si puedo comprenderlo, no puedo expresarlo".

Lo que realmente representa el "principio de indeterminación" es el carácter altamente evasivo del movimiento de las partículas subatómicas, que no se sujetan al tipo de ecuaciones y medidas simplistas de la mecánica clásica. No se puede dudar de la contribución de Heisenberg a la física. Lo que está en cuestión son las conclusiones filosóficas que sacó de la mecánica cuántica. El hecho de que no podamos determinar exactamente la posición y el momento de un electrón no quiere decir en lo más mínimo que exista una falta de objetividad. El método de pensamiento subjetivo empapa la llamada escuela de Copenhague de la mecánica cuántica. Niels Bohr llegó a afirmar que "es incorrecto pensar que la tarea de la física es descubrir como es la naturaleza. La física se preocupa de lo que podemos decir sobre la naturaleza".

El físico John Wheeler defiende que "ningún fenómeno es un fenómeno real hasta que sea un fenómeno observado". Y Max Bohm plantea la misma filosofía subjetivista con absoluta claridad: "A la generación a la que Einstein, Bohr, y yo mismo pertenecemos se le enseñó que existe un mundo físico objetivo, que se desarrolla de acuerdo con leyes inmutables independientes de nosotros; nosotros observamos este proceso al igual que el público mira una obra en un teatro. Einstein todavía cree que esta debería ser la relación entre el observador científico y su sujeto".⁷

Aquí nos enfrentamos, no a una evaluación científica, sino a una opinión filosófica que refleja un determinado punto de vista del mundo, el del idealismo subjetivo que impregna toda la interpretación de la teoría cuántica de la escuela de Copenhague. Un número de importantes científicos se opuso a este subjetivismo que va en contra de todo el método y punto de vista científico, lo que dice mucho a su favor. Entre ellos Einstein, Max Plank, Louis de Broglie y Erwin Schrödinger, todos ellos jugaron un papel en el desarrollo de la nueva física por lo menos tan importante como el de Heisenberg.

Objetividad versus subjetivismo

No hay la más mínima duda que la interpretación que hizo Heisenberg de la física cuántica estaba poderosamente influida por sus ideas filosóficas. Ya desde sus tiempos de estudiante, Heisenberg era un idealista consciente, que admitía haber sido impresionado por el *Timeus* de Platón (en el que el idealismo de Platón se expresa de manera más oscurantista), a la vez que luchaba en las filas de los *Freikorps* reaccionarios contra los obreros alemanes en 1919. Más tarde declaró que estaba "mucho más interesado en subrayar las ideas filosóficas que en lo demás", y que era necesario "apartarse de la idea de procesos objetivos en tiempo y espacio". En otras palabras, la

interpretación filosófica de Heisenberg de la física cuántica estaba lejos de ser el resultado objetivo de la experimentación científica. Estaba claramente vinculado a la filosofía idealista, que aplicó conscientemente a la física, y que determinó su interpretación.

Este tipo de filosofía va en contra, no sólo de la ciencia, sino de toda la experiencia humana. No sólo está vacía de contenido científico, sino que es totalmente inútil en la práctica. Los científicos que, como regla, quieren mantenerse alejados de la especulación filosófica, hacen una pequeña inclinación con la cabeza en dirección a Heisenberg, y simplemente siguen con su trabajo de investigar las leyes de la naturaleza, dando por supuesto no sólo que existe, sino que funciona según leyes definidas, incluyendo las de causa y efecto, y que, con un poco de esfuerzo, pueden ser perfectamente comprendidas, e incluso predichas por hombres y mujeres. Las consecuencias reaccionarias de este idealismo subjetivo se demuestran por la propia evolución de Heisenberg, que justificó su colaboración activa con los nazis sobre la base de que: "No hay líneas generales a las que nos podamos agarrar. Tenemos que decidir por nosotros mismos, y no podemos decir por adelantado si lo estamos haciendo correcta o incorrectamente".⁸

Erwin Schrödinger no negaba la existencia de fenómenos casuales en la naturaleza en general, o en la mecánica cuántica. Él menciona específicamente la combinación casual de moléculas de ADN en el momento de la concepción de un niño, en el que las características cuánticas de los lazos químicos juegan un papel. Sin embargo Él objetó la interpretación de Copenhague sobre las implicaciones del experimento de los "dos agujeros"; que las ondas de probabilidad de Max Born significan que tenemos que renunciar a la objetividad del mundo, la idea que el mundo existe independientemente que nosotros lo observemos.

Schrödinger ridiculizó la afirmación de Heisenberg y Bohr de que, cuando un electrón o un fotón no está siendo observado, "no tiene posición" y sólo se materializa en un momento dado como resultado de la observación. Para contrarrestarlos inventó un famoso "experimento mental". Tomemos un gato y lo metámoslo en una caja con un frasco de cianida, dijo. Cuando el contador Geiger detecte radioactividad es que el frasco se ha roto. Según Heisenberg, el átomo no "sabe" que ha decaído hasta que alguien lo observa. En este caso por lo tanto, hasta que alguien no abra la caja y mire adentro, según los idealistas, ¡el gato no está muerto ni vivo! Con esta anécdota, Schrödinger quería resaltar las contradicciones absurdas provocadas por la aceptación de la interpretación idealista subjetiva de la mecánica cuántica de Heisenberg. Los procesos de la naturaleza tienen lugar objetivamente, independientemente de si hay seres humanos por ahí para observarlos o no.

Según la interpretación de Copenhague, la realidad sólo pasa a ser cuando la observamos. En otro caso existe en una especie de limbo, o "estado de superposición de ondas de probabilidad", como nuestro gato vivo-y-muerto. La interpretación de Copenhague traza una aguda línea divisoria entre el observador y lo observado. Algunos físicos sacan la conclusión, siguiendo la interpretación de Copenhague, que la conciencia tiene que existir, pero la idea de la realidad material sin conciencia es impensable. Este es precisamente el punto de vista del idealismo subjetivo al que Lenin respondió ampliamente en su libro *Materialismo y empiriocriticismo*.

El materialismo dialéctico parte de la premisa de la objetividad del universo material, que llega a nosotros en forma de percepciones sensoriales. "Interpreto el mundo a través de mis sentidos". Esto es evidente. Pero el mundo existe independientemente de mis sentidos. Eso también es evidente, dirán algunos, ¡pero no para la filosofía burguesa moderna! Una de las principales corrientes de la filosofía del siglo XX es el positivismo lógico, que precisamente niega la objetividad del mundo material. Más correctamente, considera que la propia cuestión de si el mundo existe o no es irrelevante y "metafísica". El punto de vista del idealismo subjetivo ha sido completamente minado por los descubrimientos de la ciencia del siglo XX. El acto de observación significa que nuestros ojos están recibiendo energía de una fuente externa en forma de ondas de luz (fotones). Esto lo explicó claramente Lenin en 1908-9:

"Si el color es una sensación únicamente en razón de su dependencia de la retina (como os lo obligan a reconocer las Ciencias Naturales), se deduce de ello que los rayos luminosos producen, al llegar a la retina, la sensación de color. Lo que quiere decir que, fuera de nosotros, independientemente de nosotros y de nuestra conciencia, existe el movimiento de la materia, supongamos ondas de Éter de una longitud determinada y de una velocidad determinada, que, obrando sobre la retina, producen en el hombre la sensación de este o el otro color. Tal es precisamente el punto de vista de las Ciencias Naturales. Estas explican las diferentes sensaciones de color por la diferente longitud de las ondas luminosas, existentes fuera de la retina humana, fuera del hombre e independientemente de Él. Y esto es precisamente materialismo: la materia, actuando sobre nuestros órganos de los sentidos, suscita la sensación. La sensación depende del cerebro, de los nervios, de la retina, etc., es decir, de la materia organizada de determinada manera. La existencia de la materia no depende de la sensación. La materia es lo primario. La sensación, el pensamiento, la conciencia es el producto supremo de la materia organizada de un modo especial. Tales son los puntos de vista del materialismo en general y de Marx y Engels en particular".⁹

El método idealista subjetivo de Heisenberg es bastante explícito:

"Nuestra situación actual en la investigación en física atómica es generalmente esta: queremos entender cierto fenómeno, queremos reconocer cómo este fenómeno se deduce de las leyes generales de la naturaleza. Por lo tanto, la parte de materia o radiación que toma parte en el fenómeno es el 'objeto' natural en el tratamiento teórico y debería estar separado de las herramientas utilizadas para estudiar el fenómeno. Esto de nuevo hace Énfasis en un elemento subjetivo en la descripción de acontecimientos atómicos, en la medida en que el dispositivo para medirlos ha sido construido por el observador, y tenemos que recordar que lo que observamos no es la naturaleza en sí misma, sino la naturaleza expuesta a nuestro método de cuestionamiento. Nuestro trabajo científico en física

consiste en hacernos preguntas sobre la naturaleza en el lenguaje que poseemos e intentar conseguir una respuesta en un experimento con los medios a nuestro alcance".¹⁰

Kant erigió una barrera impenetrable entre el mundo de las apariencias y el de la realidad "en sí misma". Aquí Heisenberg va más allá. No sólo habla de la "naturaleza en sí misma", sino que incluso plantea que no podemos conocer la parte de la naturaleza que puede ser observada, ya que en el propio acto de la observación la cambiamos. De esta manera, Heisenberg intenta abolir el criterio científico de la objetividad de una vez por todas. Desgraciadamente, muchos científicos que negarían indignados la acusación de misticismo han asimilado acríticamente las ideas filosóficas de Heisenberg, simplemente porque no están dispuestos a aceptar la necesidad de un punto de vista filosófico consistentemente materialista de la naturaleza.

La cuestión es que las leyes de la lógica formal se rompen más allá de cierto límite. Esto se aplica especialmente a los fenómenos del mundo subatómico, donde las leyes de la identidad, contradicción y del medio excluido no pueden ser aplicadas. Heisenberg defiende el punto de vista de la lógica formal y el idealismo, y por lo tanto inevitablemente llega a la conclusión que los fenómenos contradictorios a nivel subatómico no pueden ser comprendidos en absoluto por la mente humana. La contradicción, sin embargo, no está en los fenómenos observados a nivel subatómico, sino en los esquemas mentales anticuados e inadecuados de la lógica formal. Las llamadas "paradojas de la mecánica cuántica" son precisamente esto. Heisenberg no puede aceptar la existencia de contradicciones dialécticas, y por lo tanto prefiere recurrir al misticismo filosófico "no podemos conocer", y el resto.

Nos encontramos en presencia de una especie de prestidigitación filosófica. El primer paso es confundir el concepto de causalidad con el viejo determinismo mecánico representado por gente como Laplace. Sus limitaciones ya fueron explicadas por Engels en *La dialéctica de la naturaleza*. Los descubrimientos de la mecánica cuántica finalmente destruyeron el viejo determinismo mecánico. El tipo de predicciones de la mecánica cuántica son algo diferentes de las de la mecánica clásica. Sin embargo la mecánica cuántica sigue haciendo predicciones y obtiene resultados precisos de ellas.

Causalidad y casualidad

Uno de los problemas a los que se enfrenta el que quiera estudiar la filosofía o la ciencia es que se utiliza una terminología particular con significados diferentes de los de la vida cotidiana. Uno de los problemas fundamentales de la historia de la filosofía es la relación entre libertad y necesidad, una cuestión complicada, que no se simplifica en absoluto cuando aparece con otros ropajes, causalidad y casualidad, necesidad y accidente, determinismo e indeterminismo, etc.

Todos sabemos por nuestra experiencia diaria lo que queremos decir con necesidad. Cuando necesitamos hacer algo quiere decir que no tenemos opción. No podemos hacer otra cosa. El diccionario define la necesidad como un conjunto de circunstancias que fuerzan algo a ser, o a ser hecho, especialmente relacionado con una ley del universo, inseparable de, y dirigiendo, la vida y acción humanas. La idea de necesidad física implica la noción de compulsión y sujeción. Aparece en expresiones como "aceptar lo inevitable", "la necesidad no conoce ley alguna".

En un sentido filosófico, la necesidad está estrechamente vinculada a la *causalidad*, la relación entre *causa* y *efecto* una acción o acontecimiento dado que necesariamente da lugar a un resultado concreto. Por ejemplo, si dejo de respirar durante una hora me moriré, o si froto dos palos el uno contra el otro produciré calor. Esta relación entre causa y efecto, confirmada por un número infinito de observaciones y experiencias prácticas, juega un papel fundamental en la ciencia. En contraste, el *accidente* se considera como un acontecimiento inesperado, que sucede sin una causa aparente, como cuando tropezamos con una baldosa floja en el pavimento, o se nos cae un plato en la cocina. Sin embargo, en filosofía el accidente es una propiedad de una cosa que es meramente un atributo *contingente*, es decir algo que no forma parte de su naturaleza esencial. Un accidente es algo que no existe por necesidad, y que podría igualmente no haber sucedido. Veamos otro ejemplo.

Si dejo este trozo de papel, normalmente caerá al suelo, debido a la ley de la gravedad. Este es un ejemplo de causalidad, de *necesidad*. Pero si una corriente de aire se lleva el papel inesperadamente, eso en general se consideraría como *casualidad*. Por lo tanto la necesidad está gobernada por una ley que se puede expresar y predecir científicamente. Las cosas que pasan por necesidad son cosas que no podrían haber sucedido de otra manera. Por otra parte los acontecimientos casuales, son acontecimientos que podrían o no haber pasado; no están gobernados por ninguna ley que se pueda expresar claramente y son, por naturaleza, impredecibles.

La experiencia de la vida nos convence que tanto la necesidad como el accidente existen y juegan un papel. La historia de la ciencia y la sociedad es la búsqueda de los patrones subyacentes en la naturaleza. Aprendemos de pequeños a distinguir entre lo esencial y lo no esencial, lo necesario y lo contingente. Incluso cuando nos encontramos con condiciones excepcionales que pueden parecernos "irregulares" en un momento dado de nuestro conocimiento, muchas veces sucede que la experiencia posterior revela un tipo diferente de regularidad, y relaciones causales todavía más profundas, que no eran obvias a primera vista.

La búsqueda de una comprensión racional del mundo en el que vivimos está íntimamente vinculada a la necesidad de descubrir la causalidad. Un niño pequeño, en el proceso de aprender sobre el mundo, siempre pregunta "¿por qué?" ante la desesperación de los padres que muchas veces no tienen una respuesta. Sobre la base de la observación y la experiencia, formulamos una hipótesis de qué es lo que causa un fenómeno determinado. Esta es la base de la comprensión racional. Como regla general estas hipótesis a su vez dan lugar a predicciones en relación a cosas que todavía no han sido experimentadas. Entonces se pueden probar, ya sea con observación o por

experiencia. Esto no es sólo una descripción de la historia de la ciencia, sino también de una parte importante del desarrollo mental de un ser humano desde la tierna infancia en adelante. Por lo tanto cubre el desarrollo intelectual en el sentido más amplio, desde los procesos de aprendizaje más básicos del niño hasta a los estudios más avanzados sobre el universo.

La existencia de la causalidad se demuestra en una inmensa cantidad de observaciones. Esto nos permite hacer importantes predicciones, no sólo en la ciencia sino en la vida diaria. Todo el mundo sabe que si calentamos agua hasta 100°C se convierte en vapor. Esta es la base, no sólo para hacerse una taza de café, sino también de la revolución industrial, sobre la que se basa la sociedad moderna. Sin embargo, hay filósofos y científicos que mantienen seriamente que no se puede decir que el vapor haya sido causado por el calentamiento del agua. El hecho de que podamos hacer predicciones sobre un enorme número de acontecimientos es una prueba de que la causalidad no es simplemente una manera conveniente de describir las cosas, sino, como plantea David Bohm, un aspecto inherente y esencial de las cosas. De hecho, es imposible incluso definir las propiedades de las cosas sin recurrir a la causalidad. Por ejemplo, cuando decimos que una cosa es roja, lo que estamos diciendo es que reaccionará de cierta manera sometida a condiciones específicas, es decir, un objeto rojo se define como aquel que expuesto a luz blanca reflejará mayoritariamente luz roja. De igual manera, el hecho de que el agua se convierta en vapor cuando la calentamos, y en hielo cuando la enfriamos, es la expresión de una relación causal cualitativa que forma parte de las propiedades esenciales de este líquido, sin las cuales no sería agua. Las leyes matemáticas generales de la moción de los cuerpos en movimiento son igualmente propiedades esenciales de estos cuerpos, sin los cuales ya no serían lo que son. Este tipo de ejemplos se pueden multiplicar hasta el infinito. Para entender porqué y cómo la causalidad está tan estrechamente ligada con las propiedades esenciales de las cosas, no es suficiente considerar las cosas de manera estática y aislada. Es necesario considerar las cosas tal como son, tal como han sido, y tal como serán necesariamente en el futuro, es decir, analizar las cosas como *procesos*.

Para poder entender acontecimientos concretos, no hace falta especificar *todas* las causas. De hecho esto no es posible. El tipo de determinismo absoluto planteado por Laplace ya había sido respondido por adelantado por parte de Spinoza en el siguiente pasaje ingenioso:

"Por ejemplo, si una piedra cae de un tejado sobre un peatón y lo mata, ellos demostrarán con su método de argumentación que la piedra fue enviada para caer y matar al hombre; porque si no hubiese caído sobre Él con ese fin, por la voluntad de Dios, ¿cómo podrían haber concurrido tantas circunstancias (por que a menudo muchas circunstancias concurren al mismo tiempo) por casualidad? Puedes responder, quizás: 'Soplaba el viento y el hombre pasaba por esa calle, y de esta manera sucedió'. Pero ellos insistirán: '¿Por qué estaba soplando el viento en ese momento? ¿Y por qué el hombre estaba pasando por esa calle en ese momento? Y si replicas de nuevo: "El viento había surgido de la agitación del mar el día anterior, habiendo habido un tiempo calmado anteriormente, y el hombre estaba yendo por esa calle por que le había invitado un amigo', ellos insistirán de nuevo: '¿Por qué estaba el mar agitado, y por qué el hombre había sido invitado en ese momento?'

"Y de esta manera te perseguirán de causa en causa hasta que estés dispuesto a refugiarte en la voluntad de Dios, es decir, el asilo de la ignorancia. Una vez más, cuando ven el cuerpo humano están maravillados, y como no conocen la causa de tanto arte, llegan a la conclusión de que no era por arte mecánico, sino por arte divino o sobrenatural, y construido de tal manera que una parte no daña a la otra. Y de esta manera llegamos a la situación en que alguien que quiera buscar las auténticas causas de los milagros, y comprender las cosas de la naturaleza como un hombre de aprendizaje, y no mirarlas fijamente con sorpresa como un bobo, se le condena ampliamente como hereje e impío, y se le proclama como tal por parte de aquellos a los que el populacho adora como intérpretes de la naturaleza y de los Dioses. Por que estos saben que cuando se aparta la ignorancia, el asombro que es su único medio de argumentación y de preservar su autoridad también desaparecerá".¹¹

Mecanicismo

El intento de eliminar toda contingencia de la naturaleza nos lleva inevitablemente a un punto de vista mecanicista. En la filosofía mecanicista del siglo XVIII, representada en la ciencia por Newton, la idea sencilla de la necesidad se elevaba a categoría de principio absoluto. Se veía como perfectamente simple, libre de toda contradicción, y sin irregularidades ni contra corrientes.

La idea que la naturaleza se rige por una serie de leyes es profundamente cierta, pero insuficiente. Lo que necesitamos es una comprensión concreta de cómo funcionan realmente las leyes de la naturaleza. La visión mecanicista desarrolló necesariamente un punto de vista unilateral de los fenómenos de la naturaleza, reflejando el nivel real de desarrollo científico de ese momento. El logro más importante de esta manera de ver las cosas fue la mecánica clásica, que trata con procesos relativamente sencillos, causa y efecto, entendidos como la simple acción externa de un cuerpo sólido sobre otro, palancas, equilibrio, masa, inercia, empuje, presión, etc. Aunque estos descubrimientos fueron importantes, eran claramente insuficientes para llegar a una idea precisa del funcionamiento complejo de la naturaleza. Más adelante, los descubrimientos de la biología, especialmente después de la revolución darwiniana, posibilitaron un nuevo punto de vista en relación a los fenómenos científicos, en línea con los procesos más flexibles y sutiles de la materia orgánica.

En la mecánica clásica newtoniana, se trata la moción como algo simple. Si conocemos en cualquier momento dado las fuerzas que se aplican a un objeto concreto en movimiento, podemos predecir exactamente como se comportará en el futuro. Esto nos lleva al determinismo mecánico, cuyo principal exponente fue Pierre Simon de Laplace, el

matemático francés del siglo XVIII, cuya teoría del universo es idéntica a la idea de predestinación presente en algunas religiones, especialmente y el calvinismo.

En sus *Ensayos filosóficos sobre probabilidades*, Laplace escribió:

"Un intelecto que en un momento dado conociese todas las fuerzas de la Naturaleza animada y las posiciones mutuas de los seres que la comprenden, podría, si su intelecto fuese lo suficientemente grande como para someter todos estos datos a análisis, condensar en una sola fórmula el movimiento de los mayores cuerpos del universo y el del átomo más ligero: para un intelecto como ese nada sería indeterminado; y el futuro al igual que el pasado sería presente ante nuestros ojos".¹²

La dificultad surge del método mecanicista heredado del siglo XVIII por la física del siglo XIX. Aquí, la necesidad y el accidente eran considerados como opuestos fijos, el uno excluía al otro. Un proceso era accidental o necesario, pero no las dos cosas a la vez. Engels sometió este método a un análisis profundo en su *La dialéctica de la naturaleza*, donde explica que el determinismo mecánico de Laplace conducía inevitablemente al fatalismo y a un concepto místico de la naturaleza:

"Y luego se afirma que lo necesario es lo único de interés científico, y que lo accidental es indiferente para la ciencia. Es decir: lo que se puede reducir a leyes, y por lo tanto, lo que uno *conoce*, es interesante; lo que no se pueda reducir a leyes, y en consecuencia, lo que uno no conoce, es indiferente y puede hacerse caso omiso de ello. De ahí que toda la ciencia llegue a su fin, pues tiene que investigar precisamente aquello que *no* conocemos; es decir: lo que se puede incluir dentro de leyes generales se considera necesario, y lo que no, accidental. Cualquiera puede advertir que este es el mismo tipo de ciencia que la que problema natural lo que puede explicar, y asigna a causas sobrenaturales lo que no le es posible explicar. Que yo denomine casualidad la causa de lo inexplicable, o que la llame Dios, es en todo sentido indiferente en lo que se refiere a la cosa misma. Una y otra equivalen a "no sé", y por lo tanto no pertenecen a la ciencia. Esta última termina donde falta la conexión necesaria".

Engels plantea que este tipo de determinismo mecánico reduce en la práctica la necesidad al nivel del accidente. Si todo acontecimiento insignificante está en el mismo orden de importancia y necesidad que la ley de la gravitación universal, entonces todas las leyes están en el mismo nivel de trivialidad:

"Según esta concepción, sólo predomina en la naturaleza la necesidad simple y directa. El hecho de que determinada vaina de guisantes contenga cinco de Éstas, y no cuatro o seis, que la cola de determinado perro tenga doce centímetros y ni un milímetro más o menos, y que este año determinada flor de trébol haya sido fertilizada por una abeja, y otra no, y en verdad, precisamente por una abeja en especial y en un momento en especial; que determinado diente de león arrastrado por el viento haya germinado y otro no; que ayer me picase una pulga a las cuatro de la mañana, y no a las tres o a las cinco, y en el hombre derecho, y no en la pantorrilla izquierda: todos estos son hechos producidos por una irrevocable concatenación de causa y efecto, por una indestructible necesidad, de tal naturaleza, en verdad, que la esfera gaseosa de la cual se deriva el sistema solar ya estaba constituida así, que estos sucesos debían ocurrir de tal manera, y no de la otra. Con este tipo de necesidad, tampoco nos alejamos de la concepción teológica de la naturaleza. Sea que como Agustín y Calvino la llamemos eterno decreto divino, o Kismet(*) como los turcos, o que la llamemos necesidad, lo mismo da para la ciencia. No se trata de seguir los eslabones de la concatenación causal, en ninguno de esos casos. Por lo tanto quedamos tan enterados en uno como en otro; la denominada necesidad sigue siendo una frase hueca y con ella, la casualidad también queda como estaba".¹³

Laplace pensó que si pudiera encontrar las causas de todas las cosas en el universo, podría abolir de golpe la contingencia. Durante bastante tiempo pareció que el funcionamiento de todo el universo se podía reducir a unas pocas ecuaciones relativamente simples. Una de las limitaciones de la teoría mecanicista clásica es que asume que no hay influencias externas en el movimiento de cuerpos en concreto. En realidad, sin embargo, todo cuerpo está influenciado y determinado por todos los demás cuerpos. No hay nada que se pueda tomar de forma aislada.

Hoy en día las pretensiones de Laplace nos pueden parecer extravagantes y poco razonables. Sin embargo podemos encontrar extravagancias similares en cada etapa de la historia de la ciencia, en la que cada generación se cree firmemente en posesión de la "verdad absoluta". Y no está del todo equivocada. Las ideas de cada generación son de hecho la verdad absoluta, *para ese período*. Pero todo lo que decimos cuando hacemos afirmaciones de este tipo es: "Esto es lo más lejos que podemos llegar en nuestra comprensión de la naturaleza, con la información y las posibilidades tecnológicas que tenemos actualmente". Por lo tanto no es incorrecto plantear que estas son verdades absolutas para nosotros, en este momento en concreto, porque no podemos basarnos en otras.

(*) Kismet, en el uso musulmán, principalmente turco, significa destino o hado.

El siglo XIX

La mecánica clásica de Newton representó un enorme paso adelante para la ciencia en su tiempo. Por primera vez, las leyes de la moción de Newton posibilitaron predicciones cuantitativas precisas, que se podían comprobar en relación a fenómenos observados. Sin embargo, precisamente esta precisión llevó a nuevos problemas, cuando Laplace y otros intentaron aplicarlas al universo en su conjunto. Laplace estaba convencido de que las leyes de Newton eran absolutas y universalmente válidas. Esto era doblemente incorrecto. En primer lugar las leyes de Newton no eran vistas como aproximaciones aplicables en ciertas circunstancias. Y en segundo lugar Laplace no tenía en cuenta la posibilidad que, bajo otras circunstancias, en áreas todavía no estudiadas por la física, estas leyes

podían tener que ser modificadas o ampliadas. El determinismo mecánico de Laplace suponía que, una vez que se conociesen las posiciones y velocidades en cualquier momento en el tiempo, se podría determinar para siempre el comportamiento futuro de todo el universo. Según esta teoría, toda la rica diversidad de cosas se puede reducir a un conjunto absoluto de leyes cuantitativas, basadas en unas pocas variables.

La mecánica clásica, expresada en las leyes de la moción de Newton, tratan con causas y efectos simples, por ejemplo la acción de un cuerpo aislado sobre otro. Sin embargo esto es imposible, en la medida en que ningún sistema mecánico está nunca completamente aislado. Las influencias externas inevitablemente destruyen el carácter aislado de la conexión uno-a-uno. Incluso si pudiésemos aislar el sistema, seguiría habiendo interferencias, provenientes del nivel molecular, y otras interferencias al nivel todavía más profundo de la mecánica cuántica. Como Bohm comenta: "Por lo tanto no existe un caso real de un conjunto de relaciones causales una-a-una *perfecto* que en principio pudiera hacer posibles predicciones de carácter *ilimitado*, sin necesidad de tener en cuenta juegos de factores causales cualitativamente nuevos existentes fuera del sistema de interés o a otros niveles".¹⁴

¿Quiere esto decir que es imposible hacer predicciones? De ninguna manera. Cuando apuntamos la pistola a un punto determinado la bala individual no irá a parar exactamente al punto predicho por la ley de la moción de Newton. Pero un gran número de disparos formarán un cúmulo en una zona pequeña cerca del punto previsto. De esta manera, dentro de un margen de error que siempre existe, se pueden hacer predicciones muy precisas. Si quisiéramos obtener una precisión ilimitada en este caso, descubriríamos un número cada vez más grande de factores que influyen en el resultado: irregularidades en la estructura de la bala y del cañón, ligeras variaciones de temperatura, presión, humedad, corrientes de aire e, incluso, los movimientos moleculares de todos estos factores.

Es necesario un cierto grado de aproximación, que no tiene en cuenta la infinidad de factores necesarios para una predicción precisa de un resultado dado. Esto implica una necesaria abstracción de la realidad, como en la mecánica de Newton. Sin embargo la ciencia avanza continuamente, paso a paso, descubriendo leyes más profundas y más precisas que nos permiten ganar una comprensión mayor de los procesos de la naturaleza, y de esta manera hacer predicciones más precisas. El abandono del determinismo mecánico de Newton y Laplace no significa la abolición de la causalidad, sino una mayor comprensión de cómo funciona realmente la causalidad.

Las primeras grietas en el muro de la ciencia Newtoniana aparecieron en la segunda mitad del siglo XIX, especialmente con la teoría de la evolución de Darwin y el trabajo del físico austriaco Ludwig Boltzmann sobre la interpretación estadística de los procesos termodinámicos. Los físicos se esforzaron en describir sistemas compuestos por muchas partículas, como gases y fluidos con métodos estadísticos. Sin embargo, esas estadísticas eran vistas como auxiliares en situaciones en las que era imposible, por razones prácticas, recoger información detallada sobre todas las propiedades del sistema (por ejemplo las posiciones y velocidades de las partículas de un gas en un momento determinado).

El siglo XIX presencié el desarrollo de la estadística, en primer lugar en las ciencias sociales, y después en la física, por ejemplo en la teoría de los gases, donde se puede observar tanto casualidad como determinación en el movimiento de las moléculas. Por una parte las moléculas individuales parecen moverse de manera totalmente casual. Por otra parte un gran número de moléculas que componen un gas, se comportan de tal manera que obedecen leyes dinámicas precisas. ¿Como explicar esta contradicción? Si el movimiento de sus moléculas constituyentes es casual, y por lo tanto no se puede predecir, el movimiento de los gases debería de ser igualmente impredecible. Sin embargo este no es el caso.

La respuesta al problema nos la da la ley de la transformación de la cantidad en calidad. Del movimiento aparentemente casual de un gran número de moléculas, surge una regularidad y un modelo de comportamiento que se puede expresar mediante una ley científica. Del caos, surge el orden. Esta relación dialéctica entre libertad y necesidad, entre orden y caos, entre casualidad y determinación era un libro cerrado para la ciencia del siglo XIX, que consideraba las leyes que gobernaban los fenómenos casuales (estadística) totalmente aparte y separadas de las ecuaciones precisas de la mecánica clásica.

"Cualquier líquido o gas es un conjunto de pedazos individuales, tantos que muy bien pudieran ser infinitos. Si cada uno se moviera con independencia, el fluido tendría otras posibilidades infinitas, otros infinitos "grados de libertad", como se dice en la jerga especializada, y las ecuaciones que describen el movimiento habrían de tratar con otras variables infinitas. Pero cada partícula no se mueve con independencia: su movimiento depende del de sus vecinas, y en uno uniforme, los grados de libertad llegan a ser escasos".¹⁵

La mecánica clásica funcioné bastante bien durante un largo período de tiempo, posibilitando importantes avances tecnológicos. Incluso hasta hoy en día tiene un amplio campo de aplicación. Sin embargo, llegó un momento en que se descubrieron ciertas áreas que no se podían estudiar adecuadamente con esos métodos. Habían llegado a su límite. El mundo lógico y precisamente ordenado de la mecánica clásica describe parte de la naturaleza. Pero sólo una parte. En la naturaleza vemos orden, pero también desorden. Junto a organización y estabilidad hay fuerzas igualmente poderosas que tienden en dirección contraria. Aquí tenemos que recurrir a la dialéctica, que determina las relaciones entre necesidad y accidente, que demuestra en qué punto la acumulación de pequeños cambios aparentemente insignificantes de cantidad se convierten de repente en saltos cualitativos.

Bohm propuso una reinterpretación radical de la mecánica cuántica, una nueva manera de ver la relación entre el todo y las partes:

"En estos estudios (...) quedó claro que incluso el sistema de un solo cuerpo tiene una característica no mecánica, en el sentido en que este y su entorno se tienen que entender como un *todo indivisible*, en el que los análisis normales clásicos de sistema más entorno, considerados como separados y externos, ya no se pueden aplicar". La relación de las partes "depende crucialmente del estado del todo, de tal manera que no se puede expresar solamente en términos de propiedades de las partes. De hecho las partes se organizan de manera que fluyen del todo".¹⁶

La ley dialéctica de la transformación de la cantidad en calidad expresa la idea que la materia se comporta de manera diferente a diferentes niveles. Así tenemos el nivel molecular, cuyas leyes son estudiadas principalmente por la química, pero en parte en física; tenemos el nivel de la materia viviente, estudiado principalmente por la biología; el nivel subatómico, estudiado por la mecánica cuántica; e incluso hay otro nivel todavía más profundo, el de las partículas elementales, estudiado por la física de partículas. Cada uno de estos niveles tiene muchas subdivisiones.

Se ha demostrado que las leyes que gobiernan el comportamiento de la materia a cada nivel no son las mismas. Esto ya se vio en el siglo XIX con la teoría cinética de los gases. Si tomamos una caja de gas que contenga miles de millones de moléculas, moviéndose en caminos irregulares y en colisión constante con otras moléculas, es claramente imposible determinar los movimientos precisos de cada molécula individual. En primer lugar está descartado sobre bases puramente matemáticas. Pero incluso si fuera posible resolver los problemas matemáticos implicados, sería imposible en la práctica determinar la posición y velocidad iniciales de cada molécula, lo que sería necesario para poder predecir su comportamiento. Incluso un cambio pequeñísimo en el ángulo inicial de moción de cualquier molécula alteraría su dirección, lo cual a su vez provocaría un cambio mayor en la siguiente colisión, y sucesivamente, llevando a enormes errores en cualquier predicción referida al movimiento de una molécula en particular.

Si intentamos aplicar el mismo tipo de razonamiento al comportamiento de los gases a nivel macroscópico ("normal"), se podría pensar que también es imposible predecir su comportamiento. Pero no es así, el comportamiento de los gases a gran escala se puede predecir perfectamente. Como plantea Bohm:

"Es claro que existe una justificación para hablar de un *nivel macroscópico* con un conjunto de *cualidades relativamente autónomas* y que cumple un conjunto de *relaciones relativamente autónomas* que efectivamente constituyen un juego de *leyes causales macroscópicas*. Por ejemplo, si consideramos una masa de agua, sabemos por experiencia directa a gran escala que actúa de una manera característica propia como un *líquido*. Con esto queremos decir que muestra todas las cualidades macroscópicas que asociamos con la liquidez. Por ejemplo, fluye, 'moja' las cosas, tiende a mantener cierto volumen, etc. En su moción cumple una serie de ecuaciones hidrodinámicas básicas que se expresan únicamente en términos de propiedades a gran escala, como presión, temperatura, densidad local, velocidad de corriente local, etc. De esta manera, si alguien quiere entender las propiedades de la masa de agua, no la trata como un agregado de moléculas, sino más bien como una entidad existente a nivel macroscópico, que se rige por leyes adecuadas a ese nivel"

Esto no quiere decir que su composición molecular no tenga nada que ver con el comportamiento del agua. Al contrario, la relación entre las moléculas determina, por ejemplo, si esta se manifiesta como un líquido, un sólido o un gas. Pero como plantea Bohm, existe una relativa autonomía, lo que quiere decir que la materia se comporta de manera diferente a los diferentes niveles; existe "una cierta *estabilidad* de los modos característicos de comportamiento macroscópico, que tienden a mantenerse no sólo más o menos independientemente de lo que hagan las moléculas sino también de las diferentes interferencias a las que pueda estar sometido el sistema desde el exterior".¹⁷

¿Es posible la predicción?

Cuando tiramos una moneda al aire, la probabilidad de que caiga "cara o cruz" se puede decir que es del 50:50. Este es un fenómeno puramente aleatorio, que no se puede predecir (Por cierto que mientras está rodando, la moneda no es ni cara ni cruz, la dialéctica la nueva física dirían que es a la vez cara y cruz). En la medida en que sólo hay dos resultados posibles, predomina la casualidad. Pero la cosa cambia cuando implicamos grandes cantidades. Los dueños de los casinos, que supuestamente se basan en un juego de azar, saben que a largo plazo el cero y el doble cero saldrán con tanta frecuencia como cualquier otro número, y por lo tanto pueden embolsarse un beneficio considerable y predecible. Lo mismo se aplica a las compañías de seguros que ganan gran cantidad de dinero en base a probabilidades precisas, que, en último término, se convierten en certidumbres prácticas, incluso a pesar de que el destino de sus clientes individuales no se puede predecir.

Lo que se conoce como "acontecimientos casuales a gran escala" se puede aplicar a un amplio espectro de fenómenos físicos, químicos, sociales y biológicos, desde el sexo de los niños a la frecuencia de defectos de fabricación en una línea de producción. Las leyes de la probabilidad tienen una larga historia, y han sido utilizadas en el pasado en diferentes esferas: la teoría de los errores (Gauss), la teoría de la precisión en el tiro (Poisson, Laplace), y sobre todo en la estadística. Por ejemplo la "ley de los grandes números" establece el principio general que el efecto combinado de un gran número de factores accidentales produce, en una gama muy amplia de este tipo de factores, resultados que son casi independientes del azar. Esta idea la expresó ya en 1713 Bernoulli, cuya teoría fue generalizada por Poisson en 1837, y Chebyshev le dio su forma final en 1867. Todo lo que hizo Heisenberg fue aplicar matemáticas ya conocidas a los acontecimientos casuales a gran escala de los movimientos de las partículas subatómicas, donde, como era de esperar, el elemento de casualidad se superó rápidamente.

"La mecánica cuántica, habiendo descubierto leyes precisas y maravillosas que gobiernan las probabilidades, es con números como estos con los que la ciencia supera su handicap de indeterminación básica. De esta manera la ciencia predice decididamente. Aunque ahora se confiesen humildemente incapaces de predecir el comportamiento exacto de electrones o fotones individuales u otras entidades fundamentales, sin embargo te pueden decir con bastante confianza como deben comportarse precisamente en grandes cantidades".¹⁸

De la casualidad *aparente*, surge un modelo de comportamiento. Es la búsqueda de este tipo de modelos, es decir de las leyes subyacentes, lo que forma la base de toda la historia de la ciencia. Por supuesto, si aceptamos que todo es simplemente casual, que no hay causalidad, y que, en cualquier caso, no podemos conocer nada porque hay limitaciones objetivas a nuestro conocimiento, entonces todo lo que tendremos será una total pérdida de tiempo. Por suerte, toda la historia de la ciencia demuestra que este tipo de temores no tienen la más mínima base. En la gran mayoría de observaciones científicas, el grado de indeterminación es tan pequeño que, a todos los efectos prácticos, se puede ignorar. Al nivel de los objetos de cada día, el principio de indeterminación es completamente inservible. Así, todos los intentos de sacar conclusiones filosóficas generales de Él, y aplicarlo al conocimiento y a la ciencia en general es simplemente un truco deshonesto. Incluso a nivel subatómico no significa de ninguna manera que no se puedan hacer predicciones precisas. Por el contrario, la mecánica cuántica hace predicciones muy exactas. Es imposible alcanzar un alto grado de determinación sobre las coordenadas de partículas individuales, que por lo tanto se puede decir que son casuales. Pero al final de la casualidad surge el orden y la uniformidad.

Accidente, casualidad, contingencia, etc. son fenómenos que no se pueden definir solamente en términos de las propiedades conocidas de los objetos en estudio. Sin embargo, esto no significa que no se puedan comprender. Consideremos un ejemplo típico de acontecimiento casual: un accidente de coche. Un accidente individual está determinado por un número infinito de acontecimientos casuales: si el conductor hubiese salido de casa un minuto antes, si no hubiese vuelto la cabeza durante una fracción de segundo, si hubiese estado conduciendo 20 km/h más lento, si la anciana no hubiese cruzado la calle, etc., etc. Todos hemos oído este tipo de cosas muchas veces. El número de causas aquí es literalmente infinito. Precisamente por esto el acontecimiento es completamente impredecible. Es accidental, y no es necesario, porque podría o no haber sucedido. Este tipo de acontecimientos, contrariamente a la teoría de Laplace, están determinados por tal cantidad de factores independientes que no se pueden determinar en absoluto.

Sin embargo, cuando consideramos un gran número de accidentes de este tipo, el cuadro cambia totalmente. Hay tendencias regulares que se pueden calcular y predecir precisamente por lo que se llaman *leyes estadísticas*. No podemos predecir un accidente individual, pero podemos predecir con bastante precisión el número de accidentes que se producirán en una ciudad en un determinado período de tiempo. No sólo eso, sino que podemos introducir leyes y regulaciones que tengan un impacto definido en el número de accidentes. Hay leyes que gobiernan la casualidad, que son tan necesarias como las propias leyes de la causalidad.

La relación real entre causalidad y casualidad fue elaborada por Hegel, que explicó que la necesidad se expresa a través del accidente. Un buen ejemplo de esto es el propio origen de la vida. El científico ruso Oparin explica como en las complejas condiciones del período inicial de la historia de la tierra, los movimientos casuales de las moléculas tenderían a formar moléculas cada vez más complejas con todo tipo de combinaciones al azar. Llegados a cierto punto, este enorme número de combinaciones accidentales dan lugar a un salto cualitativo, el surgimiento de la materia viviente. A partir de este momento, el proceso deja de ser una cosa puramente casual. La materia viva empieza a evolucionar siguiendo ciertas leyes, reflejando el cambio en las condiciones. La relación entre accidente y necesidad en la ciencia ha sido estudiada por David Bohm en su libro *Causalidad y casualidad en la física moderna*:

"Vemos, por lo tanto, el importante papel de la casualidad. Si le damos suficiente tiempo, hace posible, y de hecho incluso inevitable, todo tipo de combinaciones de cosas. Con toda seguridad llegará un momento en que ocurrirá una de esas combinaciones que pone en marcha procesos irreversibles o líneas de desarrollo que sustraen el sistema de la influencia de fluctuaciones casuales. Así, uno de los efectos de la casualidad es ayudar a 'agitar las cosas' de tal manera que permita el inicio de líneas de desarrollo cualitativamente nuevas".

Polemizando contra la interpretación idealista subjetiva de la mecánica cuántica, Bohm demuestra de manera concluyente la relación dialéctica entre causalidad y casualidad. Toda la historia del pensamiento humano demuestra la existencia de la causalidad. Esta no es una cuestión de especulación filosófica, sino de práctica y del proceso sin fin del conocimiento humano:

"Las leyes causales en un problema específico no se pueden conocer *a priori*; se tienen que *encontrar* en la naturaleza. Sin embargo, respondiendo a la experiencia científica de muchas generaciones junto con el marco general de la experiencia humana a lo largo de incontables siglos, se han desarrollado métodos bastante bien definidos de encontrar las leyes causales. La primera cosa que sugiere leyes causales es, por supuesto, la existencia de una relación regular que se mantiene en una amplia gama de variaciones de las condiciones. Cuando encontramos regularidades de este tipo, no suponemos que han surgido de manera arbitraria, caprichosa o por coincidencia, sino que damos por supuesto, por lo menos provisionalmente, que son el resultado de relaciones causales necesarias. E incluso en relación a las irregularidades, que siempre existen junto a las regularidades, uno espera, sobre la base de la experiencia científica general, que fenómenos que pueden parecernos completamente irregulares en el contexto de un estadio concreto de desarrollo de nuestra comprensión, más adelante se verá que contienen tipos de regularidades más sutiles, que a su vez nos sugerirán la existencia de relaciones causales más profundas".¹⁹

Hegel sobre la necesidad y el accidente

Analizando las características del ser en todas sus manifestaciones, Hegel trata sobre la relación entre *potencial* y *actual*, y también entre *necesidad* y *accidente* ("contingencia"). En relación a esta cuestión es importante clarificar una de las frases más conocidas (o notorias) de Hegel: "Lo que es racional es real, y lo que es real es racional".²⁰ A primera vista esta afirmación parece un poco mística, y también reaccionaria, en la medida en que parece que implica que todo lo que existe es racional, y por lo tanto está justificado. Sin embargo esto no es en absoluto lo que Hegel quería decir, como explica Engels:

"Ahora bien; según Hegel, la realidad no es, ni mucho menos, un atributo inherente a una situación social o política dada en todas las circunstancias y en todos los tiempos. Al contrario. La república romana era real, pero el Imperio romano que la desplazó lo era también. En 1789, la monarquía francesa se había hecho tan irreal, es decir, tan despojada de toda necesidad, tan irracional, que hubo de ser barrida por la Gran Revolución, de la que Hegel hablaba siempre con el mayor entusiasmo. Como vemos, aquí lo irreal era la monarquía y lo real la revolución. Y así, en el curso del desarrollo, todo lo que un día fue real se torna irreal, pierde su necesidad, su razón de ser, su carácter racional, y el puesto de lo real que agoniza es ocupado por una realidad nueva viable; pacíficamente, si lo viejo es bastante razonable para resignarse a morir sin lucha; por la fuerza, si se opone a esta necesidad. De este modo, la tesis de Hegel se torna, por la propia dialéctica hegeliana, en su reverso: todo lo que es real, dentro de los dominios de la historia humana, se convierte con el tiempo en irracional; lo es ya, de consiguiente, por su destino, lleva en sí de antemano, el germen de lo irracional; y todo lo que es racional en la cabeza del hombre se halla destinado a ser un día real, por mucho que hoy choque todavía con la aparente realidad existente. La tesis de que todo lo real es racional, se resuelve, siguiendo todas las reglas del método discursivo hegeliano en esta otra: todo lo que existe merece perecer".²¹

Una forma dada de sociedad es "racional" en la medida en que logra su propósito, es decir, desarrolla las fuerzas productivas, aumenta el nivel cultural, y por lo tanto hace avanzar el progreso humano. Una vez que ya no es capaz de hacerlo, entra en contradicción consigo mismo, es decir, pasa a ser irracional e irreal, y deja de tener derecho a existir. Así, incluso en los pronunciamientos aparentemente más reaccionarios de Hegel, se esconde una idea revolucionaria.

Todo lo que existe obviamente lo hace por necesidad. Pero no todo puede existir. La existencia potencial no es todavía existencia real. En *La ciencia de la lógica*, Hegel traza detalladamente el proceso por el que algo pasa de un estado de ser simplemente posible al punto en que la *posibilidad* pasa a ser *probabilidad*, y esta se convierte en *inevitable* ("necesidad"). En vista de la enorme confusión que ha surgido en la ciencia moderna sobre la cuestión de la "probabilidad", un estudio del tratamiento completo y profundo que hizo Hegel de esta cuestión es altamente instructivo.

Posibilidad y realidad denotan el desarrollo dialéctico del mundo real y de las diferentes etapas en el surgimiento y desarrollo de los objetos. Una cosa que existe *potencialmente* contiene en sí la tendencia objetiva al desarrollo, o por lo menos la ausencia de condiciones que imposibilitarían que existiese. Sin embargo, hay una diferencia entre la posibilidad abstracta y el potencial real, y frecuentemente se confunden las dos cosas. La posibilidad abstracta o formal simplemente expresa la ausencia de condiciones que podrían excluir ese fenómeno en concreto, pero no asume la presencia de condiciones que harían inevitable su aparición.

Esto provoca confusión sin fin, y de hecho es el tipo de truco que sirve para justificar todo tipo de ideas absurdas y arbitrarias. Por ejemplo se dice que si se dejase a un mono teclear en una máquina de escribir durante suficiente tiempo acabaría por producir uno de los sonetos de Shakespeare. Este objetivo parece muy modesto. ¿Por qué un solo soneto? ¿Por qué no todas las obras completas de Shakespeare? De hecho, ¿por qué no toda la literatura universal con la teoría general de la relatividad y las sinfonías de Beethoven para redondear el peso? La simple afirmación de que es "estadísticamente posible" no nos hace adelantar un sólo paso. Los complejos procesos de la naturaleza, la sociedad y el pensamiento humano no son susceptibles de simple tratamiento estadístico, ni tampoco las obras maestras de la literatura surgirán simplemente por accidente, independientemente del tiempo que esperemos a que el mono nos las pique a máquina.

Para que lo potencial se convierta en real, se requiere una concatenación concreta de circunstancias. Es más, este no es un proceso simple y lineal, sino dialéctico, en el que una acumulación de pequeños cambios cuantitativos tarde o temprano provoca un salto cualitativo. Una posibilidad real (en oposición a abstracta) implica la presencia de todos los factores necesarios por los cuales lo potencial perderá su carácter de provisionalidad y se convertirá en real. Y como Hegel explica sigue siendo real sólo en la medida en que estas condiciones existen y no por más tiempo. Esto es cierto tanto si nos referimos a la vida de un individuo, una forma socioeconómica determinada, una teoría científica o un fenómeno natural. El punto en que un cambio se convierte en inevitable se puede determinar por el método inventado por Hegel conocido como la "línea nodal de medida". Si consideramos cualquier proceso como una línea, veremos que existen puntos específicos ("puntos nodales") en la línea de desarrollo, en los que los procesos sufren una aceleración brusca, o salto cualitativo.

Es fácil identificar causa y efecto en casos aislados, como cuando golpeamos una pelota con un bate. Pero en un sentido más amplio el concepto de causalidad se complica bastante. Las causas y efectos individuales se pierden en un vasto océano de *interacciones*, en que la causa se convierte en efecto y viceversa. Simplemente intenta trazar el acontecimiento más simple hasta sus "causas últimas" y verás como la eternidad no es suficientemente larga para

hacerlo. Siempre habrá una nueva causa, y esta a su vez tendrá que ser explicada, y así hasta el infinito. Esta paradoja ha penetrado en la conciencia popular en dichos como este:

Por un clavo, se perdió la herradura;
Por una herradura, se perdió el caballo;
Por un caballo, se perdió el jinete;
Por un jinete, se perdió la batalla;
Por una batalla, se perdió el reino.
. . . Y todo por la falta de un clavo.

La imposibilidad de establecer la "causa última" ha llevado a alguna gente a abandonar la propia idea de causa. Todo se considera fortuito y accidental. En el siglo XX esta posición ha sido adoptada, por lo menos en teoría, por una gran cantidad de científicos sobre la base de una interpretación incorrecta de los resultados de la física cuántica, especialmente las posiciones filosóficas de Heisenberg. Hegel respondió a estos argumentos por adelantado, cuando explicó la relación dialéctica entre accidente y necesidad.

Hegel explica que no existe la causalidad *en el sentido de causa y efecto aislados*. Cada efecto tiene su contraefecto, y cada acción tiene su contra-acción. La idea de causa y efecto aisladamente es una abstracción tomada de la física newtoniana clásica, con la que Hegel era muy crítico, a pesar de que en aquella Época tenía mucho prestigio. Una vez más, Hegel se adelantó su Época. En lugar de la acción-reacción de la mecánica, Él avanzó la noción de *reciprocidad*, de una interacción universal. Cada cosa influye todas las demás cosas, y a su vez es influenciada y determinada por las demás. De esta manera, Hegel reintrodujo el concepto de accidente, que había sido rigurosamente expulsado de la ciencia por parte de la filosofía mecanicista de Newton y Laplace.

A primera vista, parecemos perdidos en un gran número de accidentes. Pero esta confusión es sólo aparente. El orden surge de entre el caos. Los fenómenos accidentales que constantemente aparecen y desaparecen, como las olas en la superficie del océano, expresan un proceso más profundo, que no es accidental sino necesario. En un punto decisivo esta necesidad se *revela a través del accidente*. Esta idea de la unidad dialéctica de necesidad y accidente puede parecer extraña, pero queda totalmente confirmada por toda una serie de observaciones de los campos más diferentes de la ciencia y la sociedad. El mecanismo de la selección natural en la teoría de la evolución es el ejemplo más conocido. Pero hay otros muchos ejemplos. En los últimos años ha habido muchos descubrimientos en el campo de la teoría del caos y complejidad que detallan precisamente cómo "el orden surge del caos", que es exactamente lo que Hegel elaboró hace más de un siglo y medio.

Debemos recordar que Hegel estaba escribiendo a principios del siglo pasado, cuando la ciencia estaba completamente dominada por la física mecánica clásica, y medio siglo antes de que Darwin desarrollase la idea de la selección natural a través de mutaciones accidentales. El no tenía ninguna evidencia científica para respaldar su teoría que la necesidad se expresa a través del accidente. Pero esta es la idea central que está detrás del pensamiento más reciente e innovador en ciencia.

Esta profunda ley es igualmente fundamental para una comprensión de la historia. Como Marx escribió a Kugelman en 1871:

"La historia universal sería por cierto muy fácil de hacer si la lucha sólo se aceptase a condición de que se presentasen perspectivas infaliblemente favorables. Sería por otra parte de naturaleza muy mística si el 'azar' no desempeñase ningún papel. Estos mismos accidentes caen naturalmente en el curso general del desarrollo y son compensados a su vez por otros accidentes. Pero la aceleración y el retardo dependen en mucho de tales 'accidentes', entre los que figura el 'accidente' del carácter de quienes aparecen al principio a la cabeza del movimiento".²²

Engels planteó el mismo punto algunos años después en relación al papel de los "grandes hombres" en la historia:

"Los propios hombres hacen su historia, pero hasta ahora no la hacen con una voluntad colectiva o de acuerdo a un plan colectivo, ni siquiera dentro de una sociedad dada perfectamente definida. Sus esfuerzos se entrecrocán, y por esta misma razón todas esas sociedades son gobernantes por la *necesidad*, la que es complementada por, y aparece en la forma de *azar*. La necesidad que aquí se impone en medio de todos los accidentes, es nuevamente y en última instancia la necesidad económica. Es aquí donde interviene la cuestión de los llamados grandes hombres. El que tal y tal hombre, y precisamente ese hombre, surja de un momento determinado en un país dado, es por supuesto puro accidente. Pero suprimásele, y habrá demanda de un sustituto, y Éste será encontrado, bueno o malo, pero a la larga se le encontrará".²³

Determinismo y caos

La teoría del caos trata de procesos en la naturaleza que aparentemente son caóticos o casuales. Una definición de diccionario de caos puede sugerir desorden, confusión, casualidad, o accidentalidad: movimiento azaroso sin propósito, objetivo o principio. Pero la intervención de la "casualidad" pura en los procesos materiales invita a la entrada de factores no-físicos, es decir, metafísicos: intervención divina o espiritual. Debido a que trata con acontecimientos "casuales" la nueva ciencia del caos tiene profundas implicaciones filosóficas.

Se ha demostrado que procesos naturales que antes se consideraban azarosos o caóticos, tienen unas leyes internas en el sentido científico, implicando una base en causas determinísticas. Es más, este descubrimiento tiene una aplicación tan amplia, por no decir una aplicación universal, que ha engendrado toda una nueva ciencia, el

estudio del caos. Ha creado un nuevo punto de vista y metodología, algunos dirían una revolución, aplicable a todas las ciencias establecidas. Cuando un bloque de metal se magnetiza, entra en un "estado ordenado", en el que todas sus partículas apuntan en el mismo sentido. Se pueden orientar en un sentido o en el otro. Teóricamente, es "libre" de orientarse en cualquier dirección. En la práctica cada pequeña pieza de metal toma la misma "decisión".

Un científico del caos ha desarrollado las reglas matemáticas que describen la "geometría fractal" de una hoja de helecho de asplenio negro. Ha metido toda su información en su ordenador que también tiene un generador casual de números. Está programado para crear un dibujo utilizando puntos casualmente colocados en la pantalla. A medida que progresa el experimento es imposible anticipar donde aparecerá cada punto. Pero infaliblemente aparece la imagen de la hoja de helecho. La similitud superficial entre estos dos experimentos es obvia. Pero sugiere un paralelo más profundo. De la misma manera que el ordenador estaba basando su selección aparentemente casual de puntos (y para un observador desde "fuera" del ordenador, a todos los efectos prácticos es casual) en reglas matemáticas bien definidas, también sugeriría que el comportamiento de los fotones (y por extensión todos los acontecimientos cuánticos) están sujetos a reglas matemáticas subyacentes que, sin embargo están más allá de la comprensión humana en este momento.

El punto de vista marxista plantea que todo el universo, toda la realidad, se basa en fuerzas y procesos materiales. La conciencia humana es en última instancia sólo un reflejo del mundo real que existe fuera de ella, un reflejo basado en la interacción física entre el cuerpo humano y el mundo material. En el mundo material no hay discontinuidad, no hay interrupción en la interconexión física de acontecimientos y procesos. No queda ningún espacio, en otras palabras, para la intervención de fuerzas metafísicas o espirituales. El materialismo dialéctico, dijo Engels, es la "ciencia de la interconexión universal". Es más, la interconexión del mundo físico se basa sobre el principio de causalidad, en el sentido en que los procesos y acontecimientos están *determinados* por sus condiciones y las *leyes* de sus interconexiones:

"Lo primero que nos llama la atención al considerar la materia en movimiento, es la interrelación de cada uno de los movimientos de los distintos cuerpos, el hecho de que *estén determinados* uno por el otro. Pero no sólo advertimos que a un movimiento determinado lo sigue otro, sino también que podemos provocar un movimiento creando las condiciones en que se produce en la naturaleza, que inclusive podemos provocar movimientos que no ocurren para nada en la naturaleza (industria), por lo menos no de esa manera, y que podemos dar a dichos movimientos una dirección y actitud predeterminadas. *De esta manera*, por la *actividad de los seres humanos*, se establece la idea de *causalidad*, la idea de que un movimiento es la *causa* de otro".²⁴

La complejidad del mundo puede disfrazar los procesos de causa y efecto hasta hacerlos indistinguible el uno del otro, pero eso no altera la lógica subyacente. Como Engels explicó "causa y efecto son representaciones que no tienen validez como tales, sino en la aplicación a cada caso particular, y que se funden en cuanto contemplamos el caso particular en su conexión general con el todo del mundo, y se disuelven en la concepción de la alteración universal, en la cual las causas y los efectos cambian constantemente de lugar, y lo que ahora o aquí es efecto, allí o entonces es causa, y viceversa".²⁵

La teoría del caos representa indudablemente un gran avance, pero también hay aquí ciertas formulaciones cuestionables. El famoso *efecto mariposa*, según el cual una mariposa bate alas en Tokio y provoca una tormenta la semana siguiente en Chicago es, sin duda un ejemplo sensacional, pensado para provocar controversia. Sin embargo es incorrecto en esta formulación. Los cambios cualitativos sólo pueden ocurrir como resultado de una acumulación de cambios cuantitativos. Un cambio pequeño, accidental (una mariposa batiendo las alas) sólo puede producir un resultado dramático si todas las condiciones para una tormenta ya estaban dadas. En este caso, la necesidad se expresa a través del accidente. Pero sólo en este caso.

La relación dialéctica entre necesidad y accidente se puede ver en el proceso de selección natural. La cantidad de mutaciones casuales en los organismos es infinitamente grande. Sin embargo, en un entorno particular, una de estas mutaciones puede ser útil al organismo y retenida, mientras que las otras perecen. La necesidad, una y otra vez se manifiesta a través de la agencia del accidente. En cierto sentido, la aparición de la vida sobre la tierra puede ser vista como un "accidente". No estaba predeterminado que la tierra estuviese situada exactamente a la distancia correcta del sol, con el tipo de gravedad y atmósfera correctas, para que sucediese. Pero, dada esta concatenación de circunstancias después de un período de tiempo, de entre un enorme número de reacciones químicas, surge la vida inevitablemente. Esto se aplica no sólo a nuestro propio planeta, sino también a una gran cantidad de planetas en los que existen condiciones similares, aunque no en nuestro sistema solar. Sin embargo, una vez que ha surgido la vida, deja de ser una cuestión de accidente, y se desarrolla de acuerdo a sus propias leyes inherentes.

La propia conciencia no surge de un plan divino, sino que, en cierto sentido también surge del "accidente" del bipedalismo (posición erguida), que libera las manos, y por lo tanto posibilitó a los humanos primitivos evolucionar hacia animales fabricantes de herramientas. Es probable que este salto evolutivo fuese el resultado de un cambio climático en África Occidental, que destruyó parcialmente el hábitat forestal de nuestros antecesores simiescos. Esto fue un accidente. Como Engels explica en *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*, esta fue la base sobre la que se desarrolló la conciencia humana. Pero en un sentido amplio, el surgimiento de la conciencia *de la materia consciente de sí misma* no se puede considerar como un accidente, sino como el producto necesario de la evolución de la materia, que pasa de las formas más simples a las más complejas, y que, cuando existen las condiciones, inevitablemente dará paso a la vida inteligente, y formas superiores de conciencia, sociedades complejas, y lo que conocemos como civilización.

En su *Metafísica*, Aristóteles dedica bastante espacio a la discusión del carácter de la necesidad y el accidente, nos da un ejemplo, las palabras accidentales que provocan una pelea. En una situación tensa, por ejemplo un matrimonio en dificultades, incluso el comentario más inocuo puede provocar una riña. Pero está claro que las palabras que se han dicho no son la causa de la disputa. Es el producto de una acumulación de presiones y tensiones, que más tarde o más temprano llegan a un punto de ruptura. Cuando se llega a este punto el cambio más mínimo puede provocar una explosión. Podemos ver el mismo fenómeno en el puesto de trabajo. Durante años, una fuerza laboral aparentemente dócil, temerosa del paro, está dispuesta a aceptar todo tipo de imposiciones, reducciones salariales, despidos de compañeros, empeoramiento de condiciones, etc. Sobre la superficie, no pasa nada. Pero en realidad, se produce un incremento constante del descontento, que a cierto punto tiene que encontrar una expresión. Un día, los trabajadores deciden que "ya basta". En este preciso momento, incluso el incidente más trivial puede provocar una huelga. Toda la situación se convierte en su contrario.

Existe una analogía general entre la lucha de clases y los conflictos entre las naciones. En agosto de 1914 el príncipe de la corona de Austro-Hungría fue asesinado en Sarajevo. Esta fue supuestamente la causa de la Primera Guerra Mundial. De hecho, esto fue un accidente histórico, que podía, o no, haber sucedido. Antes de 1914 hubo gran cantidad de accidentes (el incidente de Marruecos, el incidente de Agadir) que igualmente podrían haber llevado a la guerra. La causa real de la Primera Guerra Mundial fue la acumulación de contradicciones insuperables entre las principales potencias imperialistas Gran Bretaña, Francia, Alemania, Austro-Hungría y Rusia. Esto llegó a un punto crítico, en el que una pequeña chispa en los Balcanes hizo explotar todo el material acumulado.

Finalmente vemos el mismo fenómeno en el mundo de la economía. En el momento de escribir estas líneas la City de Londres se ha visto sacudida por el colapso de Barings. Inmediatamente se echó la culpa a las actividades fraudulentas de uno de los empleados del banco en Singapur. Pero el colapso de Barings fue simplemente el último síntoma de una enfermedad mucho más profunda del sistema financiero mundial. A escala mundial actualmente hay 25 billones de dólares invertidos en derivados financieros. Esto demuestra que el capitalismo ya no se basa en la producción, sino, en mayor o menor medida, en actividades especulativas. El hecho de que Mr. Leeson perdiese gran cantidad de dinero en la bolsa japonesa podría estar relacionado con el accidente del terremoto de Kobe. Pero los analistas económicos serios comprenden que fue la expresión de una debilidad fundamental del sistema financiero internacional. Con o sin Mr Leeson, en el futuro nuevos colapsos son inevitables. Las grandes compañías internacionales e instituciones financieras, todas ellas implicadas en estas apuestas atolondradas, están jugando con fuego. Un colapso financiero de grandes proporciones está implícito en la situación.

Puede ser que hay muchos fenómenos de los que no entendemos sus causas subyacentes completamente, y que por lo tanto nos parecen casuales. Por lo tanto, a todos los efectos prácticos sólo se pueden tratar estadísticamente, como la rueda de la ruleta. Pero por debajo de estos acontecimientos "casuales" sigue habiendo fuerzas y procesos que determinan los resultados finales. Vivimos en un mundo determinado por el determinismo dialéctico.

Marxismo y libertad

El problema de la relación entre "libertad y necesidad" era conocido por Aristóteles y discutido interminablemente por los escolásticos medievales. Kant lo utiliza en una de sus conocidas "antinomias", en la que se presenta como una contradicción insoluble. En los siglos XVII y XVIII afloró en la matemática como la teoría de la casualidad relacionada con el juego.

La relación dialéctica entre libertad y necesidad ha resurgido en la teoría del caos. Doyne Farner, un físico americano investigando dinámica complicada, comenta:

"Desde el punto de vista filosófico, se me antojó que era un medio operativo de definir el libre albedrío, uno que permitía conciliar Éste con el determinismo. El sistema es determinista, pero no se puede decir qué hará a continuación. Al propio tiempo, siempre había tenido la impresión que los problemas trascendentales del mundo tenían que ver con la organización, tanto de la vida como de la inteligencia. Pero ¿cómo se estudiaba eso? Lo que hacían los biólogos parecía muy apropiado y específico; los químicos no lo hacían, desde luego; los matemáticos no soñaban en hacerlo, y era algo que los físicos jamás hacían. He pensado siempre que la aparición espontánea de la autoorganización debía formar parte de la física. Teníamos una moneda con sus dos caras. Aquí había orden, en el que brotaba el azar, y allí, un paso más adelante, había azar, con su propio orden subyacente".²⁶

El determinismo dialéctico no tiene nada que ver con el punto de vista mecánico, y todavía menos con el fatalismo. De la misma manera que existen leyes que gobiernan la materia orgánica e inorgánica, existen leyes que gobiernan la evolución de la sociedad humana. Los modelos de comportamiento que podemos observar a través de la historia no son fortuitos. Marx y Engels explicaron que la transición de un sistema social a otro está determinada por el desarrollo de las fuerzas productivas, en última instancia. Cuando un sistema socioeconómico dado ya no es capaz de desarrollar las fuerzas productivas, entra en crisis, preparando el terreno para un derrocamiento revolucionario.

Esto no niega en absoluto el papel del individuo en la historia. Como ya hemos dicho, los hombres y mujeres hacen su propia historia. Sin embargo, sería ingenuo pensar que los seres humanos son "agentes libres" que pueden determinar su futuro puramente sobre la base de su propia voluntad. Tienen que basarse en condiciones que han sido creadas independientemente de su voluntad económicas, sociales, políticas, religiosas y culturales. En este sentido, la idea de la libre voluntad no tiene sentido. La actitud de Marx y Engels en relación al papel del individuo en la historia queda clara en la siguiente cita de *La Sagrada Familia*:

"La *historia* no hace *nada*, '*no* posee inmensas riquezas', '*no* libra batallas'. Es el *hombre*, el hombre real y viviente el que lo hace todo, el que posee y combate; la '*historia*' no es como si fuera una persona aparte, utilizando al hombre como medio para conseguir *sus propios* fines; la historia *no es sino* la actividad del hombre persiguiendo sus propios fines".²⁷

No es que los hombres y mujeres sean simples marionetas del destino, impotentes para cambiar su propio sino. Sin embargo los *auténticos* hombres y mujeres que viven en el mundo real del que Marx y Engels escriben no se pueden elevar por encima de la sociedad en la que viven. Hegel escribió que "los intereses mueven la vida de los pueblos". Conscientemente o no, los actores individuales en la escena histórica, en última instancia, reflejan los intereses, opiniones, prejuicios, moralidad y aspiraciones de una clase o grupo específico en la sociedad. Realmente esto es obvio incluso para el lector más superficial de la historia.

Sin embargo, la ilusión del "libre albedrío" es persistente. El filósofo alemán Leibniz resaltó que una aguja magnética, si pudiese pensar, sin duda se imaginaría que apunta al Norte porque así lo ha decidido. En el siglo XX Sigmund Freud demolió completamente el prejuicio que hombres y mujeres tienen un control completo incluso de sus propios pensamientos. El fenómeno de los *lapsus freudianos* es un ejemplo perfecto de la relación dialéctica entre accidente y necesidad. Freud dio numerosos ejemplos de errores en el habla, "olvidos", y otros "accidentes", que en muchos casos, indudablemente revelan procesos psicológicos más profundos. En palabras de Freud:

"Ciertas inadecuaciones de nuestras capacidades psíquicas (É) y ciertos comportamientos que no son intencionados demuestran estar bien motivados cuando se someten a una investigación psico-analítica, y están determinados a través de la conciencia de motivos desconocidos".²⁸

Era un principio fundamental de Freud el que nada en el comportamiento humano es accidental. Los pequeños errores de la vida diaria, los sueños, y los síntomas aparentemente inexplicables de los enfermos mentales no son "accidentales". Por definición, la mente humana no es consciente de sus procesos inconscientes. Cuanto más profunda sea la motivación inconsciente, más obvio será que la persona no sea consciente de ella. Freud enseguida comprendió el principio general que estos procesos inconscientes salen a la luz (y por lo tanto pueden ser estudiados) en aquellos fragmentos de comportamiento que la mente consciente rechaza como errores estúpidos o accidentes.

¿Es posible conseguir la libertad? Si lo que queremos decir con una acción "libre" es una que no está causada ni determinada, debemos decir francamente que una acción de este tipo nunca ha existido, y nunca existirá. Una "libertad" imaginaria de este tipo es pura metafísica. Hegel explicó que la auténtica libertad es el reconocimiento de la necesidad. En la medida en que hombres y mujeres entiendan las leyes que gobiernan la naturaleza y la sociedad, entonces estarán en posición de adueñarse de estas leyes y utilizarlas en su propio beneficio. Las auténticas bases materiales sobre las cuales la humanidad puede llegar a ser libre han sido establecidas por el desarrollo de la industria, la ciencia y la técnica. En un sistema racional de sociedad, en el que los medios de producción estén planificados armoniosamente y conscientemente controlados, podremos hablar realmente de desarrollo humano auténticamente libre. En palabras de Engels, este es "el salto del género humano del reino de la necesidad al reino de la libertad".

7. La teoría de la relatividad

¿Qué es el tiempo?

Pocas ideas han penetrado tan profundamente la conciencia humana como la del tiempo. Las ideas de tiempo y espacio han ocupado el pensamiento humano durante miles de años. Estas cosas parecen simples a primera vista y fáciles de comprender porque forman parte de la experiencia cotidiana. Todo existe en el tiempo y en espacio de tal manera que estos conceptos nos son familiares. No obstante, lo que es familiar no es necesariamente comprendido. Vistos más de cerca no son tan fácilmente explicables. En el siglo V, San Agustín comentó: "¿Entonces qué es el tiempo? Si nadie me lo pregunta, se que es el tiempo. Si quiero explicárselo a quien me lo pregunte, no lo se". El diccionario tampoco nos ayuda mucho. El tiempo se define como un "período", y un período es definido como "tiempo". ¡Esto no nos hace avanzar mucho! En realidad el carácter del tiempo y el espacio es un problema filosófico bastante complejo.

Hombres y mujeres distinguen claramente entre pasado y futuro. El sentido del tiempo, sin embargo, no es exclusivo de los humanos, ni siquiera lo es de los animales. Los organismos muchas veces tienen una especie de "reloj interno", como plantas que giran en una dirección durante el día y en otra durante la noche. El tiempo es una expresión objetiva del estado cambiante de la materia. Esto se revela incluso en la manera en que hablamos sobre ello. Es común decir que el tiempo "fluye". De hecho, solo materiales fluidos pueden fluir. La propia elección de la metáfora demuestra que el tiempo es inseparable de la materia. No es sólo una cosa subjetiva. Es la manera en que expresamos un proceso real que existe en el mundo físico. El tiempo es sólo una expresión del hecho que la materia existe en un estado de *cambio constante*. El destino y la necesidad de todas las cosas materiales es cambiar para convertirse en algo diferente de lo que eran. "Todo lo que existe merece perecer".

Existe un sentido del ritmo subyacente en todas las cosas: el latido del corazón humano, los ritmos del habla, los movimientos de las estrellas y los planetas, el subir y bajar de las mareas, la alternancia de las estaciones. Todo esto

está profundamente marcado en la conciencia humana, no como imaginaciones arbitrarias, sino como fenómenos reales que expresan una verdad profunda sobre el universo. Aquí la intuición humana no se equivoca. El tiempo es una manera de expresar cambio de estado y moción que son características inseparables de la materia en todas sus formas. En el lenguaje tenemos tiempos, presente, pasado y futuro. Esta conquista colosal de la mente permitió al género humano liberarse de la esclavitud del momento, elevarse por encima de las situaciones concretas y estar "presente", no sólo aquí y ahora, sino en el pasado y en el futuro, por lo menos en la mente.

Tiempo y movimiento son conceptos inseparable. Son esenciales para toda la vida y todo el conocimiento, incluyendo cada manifestación del pensamiento y la imaginación. Las mediciones, el pilar básico de toda la ciencia, serían imposibles sin tiempo y espacio. La música y la danza se basan en el tiempo. En propio arte intenta transmitir un sentido de tiempo y movimiento, que está presente no sólo en representaciones de energía física, sino en diseño. Los colores, formas y líneas de una pintura guían el ojo a través de la superficie en un ritmo y tiempo particular. Esto es lo que da lugar a un humor, una idea, una emoción transmitidas por el arte. Intemporal es un palabra que se utiliza frecuentemente para describir obras de arte, pero en realidad expresa lo contrario de lo que se pretende. No podemos concebir la ausencia de tiempo, en la medida en que el tiempo está presente en todas las cosas.

Existe una diferencia entre tiempo y espacio. El espacio también expresa cambio, como cambio de posición. La materia existe y se mueve a través del espacio. Pero la cantidad de maneras en que esto puede suceder es infinita: adelante, atrás, arriba o abajo, en cualquier medida. El movimiento en el espacio es *reversible*. El movimiento en el tiempo es *irreversible*. Son dos maneras diferentes (y de hecho contradictorias) de expresar la misma propiedad fundamental de la materia el cambio . Este es el único Absoluto que existe.

El espacio es el "Otro" de la materia, para utilizar la terminología de Hegel, mientras que el tiempo es el proceso por medio del cual la materia (y la energía que es lo mismo) se convierte constantemente en algo diferente de lo que es. El tiempo ó"el fuego en el que todos nos consumimos"ó es visto normalmente como un agente destructivo. Pero es igualmente la expresión de un proceso permanente de auto creación, por medio del cual la materia esta constantemente transformándose en un número infinito de formas. Este proceso se puede ver bastante claramente en la materia inorgánica, sobretudo en el nivel subatómico.

La noción de cambio, expresada en el pasar del tiempo, penetra profundamente la conciencia humana. Es la base del elemento trágico en la literatura, el sentimiento de tristeza por el pasar de la vida, que llega a su expresión más bella en los sonetos de Shakespeare, como este que transmite vívidamente un sentido del movimiento incesante del tiempo:

"Tal como avanzan las olas hacia la pedregosa orilla,
así nuestros minutos se apresuran hacia su fin;
cada uno intercambiando sitio con aquel que va delante,
en afanosa secuela todos tienden a avanzar".

La irreversibilidad del tiempo no sólo existe para los seres humanos. Las estrellas y galaxias también nacen y mueren. El cambio lo afectan todo, pero no sólo en el sentido negativo. Junto a la muerte hay vida, y el orden surge espontáneamente del caos. Las dos caras de la contradicción son inseparables. Sin muerte la propia vida sería imposible. Cada hombre y cada mujer no sólo es consciente de sí mismo, sino también de la negación de sí mismo, de su límites. Venimos de la naturaleza y volvemos a la naturaleza.

Los mortales comprendemos que como seres finitos nuestras vidas tienen que acabar en la muerte. Como el Libro de *Job* nos recuerda: "El hombre, nacido de mujer, corto de días y harto de tormentos. Como la flor, brota y se marchita, y huye como la sombra sin pararse".²⁹ Los animales no temen su muerte de la misma manera porque no tienen conocimiento de ella. Los seres humanos han intentado escapar a su destino estableciendo una comunión privilegiada con una existencia sobrenatural imaginaria después de la muerte. La idea de una vida eterna está presente en casi todas las religiones de una u otra manera. Es la fuerza motriz detrás de la búsqueda egoísta de una inmortalidad imaginaria en un Cielo inexistente, que nos tiene que consolar del "Valle de Lágrimas" de esta tierra pecadora. Así, durante incontables siglos se ha enseñado a hombres y mujeres a someterse dócilmente al sufrimiento y las privaciones en la tierra en espera de una vida paradisíaca cuando se mueran.

El hecho de que cada *individuo* se tiene que morir es bien conocido. En el futuro la vida humana se prolongará más allá de su duración "natural"; pero seguirá teniendo un final. Pero lo que es cierto para los hombres y mujeres concretos, no lo es para la especie. Seguimos vivos a través de nuestros hijos, en las memorias de nuestros amigos, y en la contribución que hacemos al bien de la humanidad. Esta es la única inmortalidad a la que se nos permite aspirar. Las generaciones pasan, pero son sustituidas por nuevas generaciones, que desarrollarán y enriquecerán el alcance de la actividad y conocimiento humanos. La humanidad puede conquistar la tierra y alargar sus brazos hacia el cielo. La auténtica búsqueda de la inmortalidad se realiza en el proceso sin fin de desarrollo y perfección humanos, en la medida en que hombres y mujeres se crean de nuevo a un nivel superior. El máximo objetivo que nos podemos fijar por lo tanto no es un paraíso imaginario en el más allá, sino la lucha para conseguir las auténticas condiciones sociales para construir un paraíso en este mundo.

Desde nuestras experiencias más primitivas, hemos llegado a comprender la importancia del tiempo. Por lo tanto no es sorprendente que algunos hayan pensado que el tiempo era una mera ilusión, una invención de la mente. Esta idea ha persistido hasta el presente. De hecho, la idea de que el tiempo y el cambio son meras ilusiones no es nueva. Está presente en las religiones más antiguas como el Budismo, y también en las filosofías idealistas como la

de Pitágoras, Platón y Plotino. La aspiración del budismo era llegar al *Nirvana*, un estado en el que el tiempo deja de existir. Fue Heráclito, el padre de la dialéctica, el que entendió correctamente el carácter del tiempo y el cambio, cuando escribió que "todo es y no es porque todo fluye" y "nos metemos y no nos metemos en la misma corriente, porque somos y no somos".

La idea del cambio como una cosa cíclica es un producto de una sociedad agrícola totalmente dependiente del cambio de las estaciones. El modo de vida estático enraizado en el modo de producción de las primeras sociedades encontró su expresión en filosofías estáticas. La Iglesia católica no podía tolerar la cosmología de Copérnico y Galileo debido a que desafiaba el punto de vista existente sobre el mundo y la sociedad. Sólo en la sociedad capitalista el desarrollo de la industria destruyó los viejos y lentos ritmos de la vida campesina. No sólo abolió la diferencia entre las estaciones en la producción, sino incluso entre el día y la noche, en la medida en que las máquinas funcionan 24 horas al día, siete días a la semana, cincuenta y dos semanas al año, bajo el brillo de la luz artificial. El capitalismo ha revolucionado los medios de producción, y con ellos las mentes de hombres y mujeres. Sin embargo, el progreso de la mente ha demostrado ser mucho más lento que el de los medios de producción. El conservadurismo de la mente se demuestra en el intento constante de aferrarse a las ideas anticuadas, viejas certidumbres pasadas de moda, y en última instancia a la vieja esperanza de una vida después de la muerte.

La idea de que el universo tiene que tener un principio y un final ha sido revivida en las últimas décadas por la teoría astronómica del big bang. Esto implica inevitablemente un ser sobrenatural que crea el mundo desde la nada según un plan insondable, y lo mantiene en funcionamiento tanto tiempo como *fl* considera necesario. La vieja astronomía religiosa de Moisés, Isaías, Tertuliano y del *Timeus* de Platón; resurge increíblemente en los escritos de algunos de los astrónomos y físicos teóricos modernos. En esto no hay nada nuevo. Cada sistema social que entra en una fase de declive irreversible siempre presenta su propia decadencia como el fin del mundo, o, mejor, el fin del universo. Sin embargo el universo sigue funcionando, indiferente al destino de esta o aquella formación social temporal en la tierra. El género humano continúa viviendo, luchando, y, a pesar de todo, desarrollándose y progresando. De tal manera que cada período parte de un nivel superior que el precedente. Y, en principio, este proceso no tiene límite.

Tiempo y filosofía

Los antiguos griegos tenían una comprensión mucho más profunda del significado del tiempo, el espacio y la moción que los modernos. No sólo Heráclito, el gran dialéctico de la antigüedad, sino también los grandes filósofos de Elea (Parménides y Zenón) llegaron a una concepción muy científica de estos fenómenos. Los atomistas griegos ya plantearon una imagen del universo que no necesitaba ningún Creador, ni principio ni final. Generalmente se considera al espacio y la materia como opuestos, como lo expresa la idea de "lleno" y "vacío". En la práctica, sin embargo, el uno no puede existir sin la otra. Se presuponen, determinan, limitan y definen el uno al otro. La unidad del espacio y la materia es la unidad de contrarios más fundamental de todas. Esto ya lo comprendieron los atomistas griegos que se representaban un mundo compuesto sólo de dos elementos: los "átomos" y el "vacío". En esencia, esta visión del universo es correcta.

En la historia de la filosofía el relativismo ha existido en muchas ocasiones. Los sofistas consideraban que "el hombre es la medida de todas las cosas". Ellos fueron los relativistas por excelencia. Negando la posibilidad de la verdad absoluta se inclinaron hacia el *subjetivismo* extremo. Hoy en día los sofistas tienen un mal nombre, pero en realidad representaron un paso adelante en la historia de la filosofía. Aunque en sus filas había muchos charlatanes, también había un número de dialécticos de talento, como Protágoras. La dialéctica del sofismo se basaba en la idea correcta de que *la verdad es multilateral*. Una cosa puede tener muchas propiedades. Es necesario ser capaz de ver un fenómeno dado desde diferentes ángulos. Para el pensador no dialéctico, el mundo es un lugar muy sencillo, compuesto de cosas que existen por separado las unas de las otras. Cada "cosa" tiene una existencia sólida en el tiempo y el espacio. Está delante de mí, "aquí" y "ahora". Sin embargo, si lo vemos más de cerca, estas palabras tan familiares no son más que abstracciones unilaterales.

Aristóteles estudió el espacio, el tiempo y la moción con rigor y profundidad, como en muchos otros campos. Escribió que solo hay dos cosas imperecederas: tiempo y cambio, que Él considera, correctamente, *idénticos*:

"Sin embargo es imposible, que la moción se pueda generar o perecer; tiene que haber existido siempre. Tampoco el tiempo puede empezar a existir o cesar; porque no puede haber un 'antes' ni un 'después' donde no hay tiempo. El movimiento por lo tanto, es también continuo, en el sentido en que lo es el tiempo, porque el tiempo es la misma cosa que la moción o un atributo de esta; por lo tanto la moción tiene que ser continua como lo es el tiempo, y si lo es tiene que ser local y circular". En otra parte afirma: "El movimiento no puede empezar ni cesar: tampoco el tiempo puede empezar, ni cesar".³⁰ Los filósofos de la Grecia clásica eran mucho más sabios que los que ahora escriben sobre el "principio del tiempo", ¡y sin inmutarse!

El filósofo idealista alemán, Emmanuel Kant fue el hombre que estudió más completamente la cuestión del tiempo y el espacio después de Aristóteles, aunque sus soluciones, en última instancia fueron insatisfactorias. Toda cosa material es un ensamblaje de diferentes propiedades. Si dejamos de lado todas estas propiedades concretas, sólo nos quedan dos abstracciones: tiempo y espacio. Kant dio una base filosófica a la idea de que tiempo y espacio son entidades metafísicas realmente existentes, planteando que espacio y tiempo eran "fenomenalmente reales", pero no podían ser conocidos "en sí mismos".

El tiempo y el espacio son propiedades de la materia y no se pueden concebir aparte de la materia. En su libro *La Crítica de la Razón Pura*, Kant planteó que tiempo y espacio no eran conceptos objetivos deducidos de observaciones de objetos materiales, sino que eran algo innato. De hecho, todo los conceptos de la geometría se derivan de observaciones de objetos materiales. Uno de los logros de la teoría de la relatividad general de Einstein fue precisamente desarrollar la geometría como una ciencia empírica, cuyos axiomas se deducen de mediciones reales, y difieren de los axiomas de la geometría euclidiana clásica, que se suponía (incorrectamente) que eran puros productos de la razón deducidos únicamente de la lógica.

Kant intentó justificar sus afirmaciones en la famosa sección de *La Crítica de la Razón Pura* conocida como las *Antinomias*, que trata de los fenómenos contradictorios del mundo real incluyendo tiempo y espacio. Las cuatro primeras antinomias (cosmológicas) de Kant tratan esta cuestión. Kant tuvo el mérito de plantear la existencia de estas contradicciones pero su explicación era incompleta. Le tocó al gran dialéctico Hegel resolver la contradicción en *La Ciencia de la Lógica*.

Durante todo el siglo XVIII la ciencia estuvo dominada por las teorías de la mecánica clásica, y un hombre puso su sello a toda esta Época. El poeta Alexander Pope resume la actitud adulatora de los contemporáneos de Newton en este verso:

"La naturaleza y sus leyes estaban en la oscuridad:
Dios dijo 'que sea Newton', y se hizo la luz."

Newton concebía el tiempo fluyendo en una línea continua en todas partes. Incluso si no hubiese materia, habría un entorno de espacio y el tiempo fluiría "a través" de Él. El entorno espacial absoluto de Newton se suponía que estaba lleno de un supuesto "Éter" a través del que fluían las ondas lumínicas. Newton pensaba que el tiempo era un como un enorme "contenedor" dentro del cual todo existía y cambiaba. En esta idea se concibe el tiempo como si tuviese una existencia separada y aparte del universo natural. El tiempo existiría incluso si no existiese el universo. Esto es característico del método mecánico (e idealista), en el que tiempo, espacio, materia y movimiento se concebían como cosas absolutamente separadas. En realidad es imposible separarlas.

La física newtoniana estaba condicionada por la mecánica que en el siglo XVIII era la ciencia más avanzada. También era conveniente para la nueva clase dominante porque presentaba una visión del universo esencialmente estática, atemporal, y no cambiante, en el que todas las contradicciones eran suavizadas, sin saltos bruscos, ni revoluciones, sino una armonía perfecta en la que todo volvía a su equilibrio más tarde o más temprano, de la misma manera que el Parlamento británico había alcanzado un equilibrio satisfactorio con la monarquía bajo el reinado de Guillermo de Orange. El siglo XX ha destruido sin piedad esta visión del mundo. El viejo mecanicismo estático y rígido ha sido desplazado. La nueva ciencia se caracteriza por el cambio incesante, la velocidad increíble, y contradicciones y paradojas a todos los niveles.

Newton distinguía entre tiempo absoluto y "tiempo común, aparente y relativo", como el que aparece en los relojes terrenales. Planteó la noción de *tiempo absoluto*, una escala ideal de tiempo que simplificaba las leyes de la mecánica. Estas abstracciones de tiempo y espacio fueron ideas muy poderosas que han adelantado enormemente nuestra comprensión del universo. Se mantuvieron como absolutas durante un largo período de tiempo. Sin embargo, examinadas más de cerca, las "verdades absolutas" de la mecánica newtoniana clásica resultaron ser *relativas*. Eran ciertas *sólo dentro de ciertos límites*.

Newton y Hegel

Las teorías mecanicistas que dominaron la ciencia durante dos siglos después de Newton, fueron seriamente desafiadas en el campo de la biología por los descubrimientos revolucionarios de Charles Darwin. La teoría de la evolución de Darwin demostró que la vida podía originarse y desarrollarse sin necesidad de intervención divina, sobre la base de las leyes de la naturaleza. A finales del siglo XIX, Ludwig Boltzmann desarrolló la idea de la "flecha del tiempo" en la segunda ley de la termodinámica. Esta imagen sorprendente ya no presenta al tiempo como un ciclo sin fin, sino como una *flecha* que se mueve en una sola dirección. Esta teoría asume que el tiempo es real y que el universo esta en un proceso de cambio continuo, como el viejo Heráclito había predicho.

Casi medio siglo antes de los trabajos de Darwin que marcaron una Época, Hegel se había anticipado no sólo a este, sino también a muchos otros descubrimientos de la ciencia moderna. Desafiando decididamente las afirmaciones de la mecánica newtoniana que dominaba por aquel entonces, Hegel adelantó una visión dinámica del mundo, basada en los procesos y en *el cambio a través de contradicciones*. Las brillantes anticipaciones de Heráclito fueron transformadas por Hegel en un sistema completamente elaborado de pensamiento dialéctico. No hay duda de que si se hubiera tomado más en serio a Hegel, el proceso de la ciencia hubiera avanzado mucho más rápidamente.

La grandeza de Einstein fue ir más allá de estas abstracciones y revelar su carácter relativo. El aspecto relativo del tiempo sin embargo, no es nuevo. Ya Hegel lo analizó profundamente. En su estudio *La fenomenología de la mente*, explica el contenido relativo de palabras como "aquí" y "ahora". Estas ideas que parecen bastante simples y llanas se vuelven muy complejas y contradictorias. "A la pregunta ¿Qué es el Ahora? respondemos, por ejemplo, el Ahora es la noche. Para probar la veracidad de esta certidumbre de los sentidos, sólo se necesita un simple experimento, escribir esta verdad. Una verdad no puede perder nada por ser escrita, tan poco como lo que pierde por que la

preservemos y mantengamos. Si miramos de nuevo a la verdad que hemos escrito, mirémosla *ahora, a mediodía*, tendremos que decir que se ha hecho vieja y está caducada".³¹

Es muy simple rechazar a Hegel (o a Engels) porque sus escritos sobre ciencia estaban necesariamente limitados por el estado real de la ciencia en su día. Sin embargo lo que es sorprendente es ver lo avanzados que eran en realidad los puntos de vista de Hegel sobre ciencia. En su libro *Orden en el Caos*, Prigogine y Stengers plantean cómo Hegel rechazó el método mecánico de la física clásica newtoniana en un momento en el que las ideas de Newton eran universalmente sacrosantas:

"La filosofía hegeliana de la naturaleza incorpora sistemáticamente todo lo que la ciencia newtoniana niega. En concreto, se basa en la diferencia cualitativa entre el simple comportamiento descrito por la mecánica y el comportamiento de entidades más complejas, como los seres vivos. Niega la posibilidad de reducir estos niveles, rechazando la idea de que las diferencias son simplemente aparentes y que la naturaleza es básicamente homogénea y simple. Afirma la existencia de una jerarquía, en la que cada nivel presupone a los que le preceden".³²

Hegel escribió desdenosamente sobre las supuestas verdades absolutas de la mecánica newtoniana. Fue el primero en someter el punto de vista mecánico del siglo XVIII a una crítica en profundidad, a pesar de que las limitaciones de la ciencia en su día no le permitieron desarrollar una alternativa acabada. Para Hegel cada cosa infinita era *mediata*, es decir relativa a otra cosa. Es más, esta relación no era meramente una yuxtaposición formal, sino un proceso vivo: todo estaba *limitado, condicionado y determinado por todo lo demás*. Así, causa y efecto sólo se pueden mantener en relación a relaciones aisladas (como las de la mecánica clásica), pero no si vemos las cosas como procesos, en los cuales todo es el resultado de *interrelaciones e interacciones universales*.

El tiempo es el modo de existencia de la materia. La matemática y la lógica formal no pueden tratar realmente el tiempo, más que como una mera *relación cuantitativa*. No hay duda de la importancia de las relaciones cuantitativas para comprender la realidad, en la medida en que cada cosa finita se puede tratar desde un punto de vista cuantitativo. Sin comprender las relaciones cuantitativas la ciencia sería imposible. Pero por sí mismas no pueden expresar correctamente la complejidad de la vida y del movimiento, el proceso incesante de cambio en el que desarrollos suaves y graduales dan paso súbitamente a transformaciones caóticas.

Las relaciones puramente cuantitativas, utilizando la terminología de Hegel, presenta los procesos reales de la naturaleza "sólo en una forma paralizada arrestada".³³ El universo es un todo infinito con movimiento propio, que se establece a sí mismo y que contiene vida en sí mismo. El movimiento es un fenómeno contradictorio que contiene tanto positivo como negativo. Este es uno de los postulados fundamentales de la dialéctica, que se acerca más a la auténtica naturaleza de las cosas que los axiomas de la matemática clásica.

Sólo en la geometría clásica es posible concebir un espacio completamente vacío. Es otra abstracción matemática, que juega un papel importante, pero que sólo representa la realidad de forma aproximada. La geometría esencialmente *compara diferentes magnitudes espaciales*. Contrariamente a lo que pensaba Kant las abstracciones de las matemáticas no son "a priori" e innatas, sino que se derivan de observaciones del mundo material. Hegel demuestra que los griegos ya habían comprendido las limitaciones de una descripción puramente cuantitativa de la naturaleza, y comenta:

"Hasta que punto habían progresado mucho más en el pensamiento que aquellos que en nuestro día, cuando algunos ponen en lugar de determinaciones de pensamiento números y determinaciones de números (como potencias), que se acercan a infinitamente grandes e infinitamente pequeños, uno dividido entre infinito, y otras determinaciones de este tipo, que frecuentemente son un formalismo matemático pervertido, vuelven a su infantilismo impotente en busca de algo elogiabile e incluso de algo completo y profundo".³⁴

Estas líneas son incluso más apropiadas hoy en día que cuando fueron escritas. Es realmente increíble que ciertos astrónomos y matemáticos hagan las afirmaciones más increíbles sobre la naturaleza del universo sin el más mínimo intento de demostrarlas sobre la base de hechos observados, y luego apelen a la supuesta belleza y simplicidad de sus ecuaciones finales como autoridad. El culto a las matemáticas es mayor hoy en día que en cualquier otro momento desde Pitágoras que pensaba que "todas las cosas son Números". Y al igual que con Pitágoras hay insinuaciones místicas. La matemática deja aparte todas las determinaciones *cualitativas* excepto el *número*. Ignora el contenido real y aplica sus reglas externamente a las cosas. Ninguna de estas abstracciones tiene una existencia real. Sólo el mundo material existe. Frecuentemente se pasa por alto este hecho, con resultados desastrosos.

Relatividad

Albert Einstein fue indudablemente uno de los grandes genios de nuestro tiempo. Completó una revolución científica entre la edad de 21 y 38 años, con profundas repercusiones a todos los niveles. Los dos grandes avances fueron la Teoría de la Relatividad Especial (1905) y la Teoría de la Relatividad General (1915). La relatividad especial estudia las grandes velocidades y la relatividad general la gravedad.

A pesar de su carácter extremadamente abstracto, las teorías de Einstein se derivaban en última instancia de experimentos, y tuvieron aplicaciones prácticas con Éxito, que una y otra vez confirmaron su corrección. Einstein partió del famoso experimento Michelson-Morley, "el mayor experimento negativo de la historia de la ciencia" (Bernal), que dejó al descubierto una contradicción interna de la física del siglo XIX. Este experimento intentaba generalizar la teoría electromagnética de la luz demostrando que la velocidad aparente de la luz dependía de la

velocidad a la que viajara el observador a través del "Éter" supuestamente fijo. Al final no se encontró ninguna diferencia en la velocidad de la luz, independientemente de la dirección en la que estuviese viajando el observador.

Más tarde, J. J. Thomson demostró que la velocidad de los electrones en campos altamente eléctricos era menor que la predicha por la física newtoniana clásica. La teoría de la relatividad especial resolvió estas contradicciones de la física del siglo XIX. La vieja física era incapaz de explicar el fenómeno de la radioactividad. Einstein la explicó como la liberación de una pequeña parte de la enorme cantidad de energía atrapada en la materia "inerte".

En 1905 Einstein desarrolló su teoría de la relatividad especial en su tiempo libre, mientras trabajaba de escribiente en una oficina suiza de patentes. Partiendo de los descubrimientos de la nueva mecánica cuántica, demostró que la luz viaja a través del espacio de manera cuántica (en paquetes de energía). Esto entraba claramente en contradicción con la teoría ondular de la luz previamente aceptada. De hecho Einstein revivió la antigua teoría corpuscular de la luz pero de una manera totalmente nueva. Aquí la luz era vista como un nuevo tipo de partícula, con un carácter contradictorio, mostrando a la vez propiedades de una partícula y de una onda. Esta teoría sorprendente hizo posible retener todos los grandes descubrimientos de la óptica del siglo XIX, incluyendo los espectroscopios, y la ecuación de Maxwell. Pero acabó de una vez por todas con la idea de que la luz necesita un vehículo especial, el "Éter", para viajar a través del espacio.

La relatividad especial parte de la base de que la velocidad de la luz en el vacío siempre será medida con el mismo valor, independientemente de la velocidad de la fuente de luz relativa al observador. De esto se deduce que la velocidad de la luz representa la velocidad límite de cualquier cosa en el universo. Además, la relatividad especial plantea que masa y energía en realidad son equivalentes. Esto es una impresionante confirmación del postulado filosófico fundamental del materialismo dialéctico, el carácter inseparable de materia y energía, la idea de que la motión ("energía") es el modo de existencia de la materia.

El descubrimiento de la ley de la equivalencia de masa y energía se expresa en su famosa ecuación $E = mc^2$, que expresa la enorme cantidad de energía encerrada en el átomo. Esta es la fuente de toda la energía concentrada en el universo. El símbolo e representa la energía (en ergs), m representa la masa (en gramos) y c es la velocidad de la luz (en centímetros por segundo). El valor real de c^2 es 900 millones de billones. Es decir que la conversión de un gramo de energía encerrada en la materia produciría la asombrosa cantidad de 900 millones de billones de ergs. Para dar un ejemplo concreto de lo que esto representa, la energía contenida en un sólo gramo de materia es equivalente a la energía producida al quemar 2.000 toneladas de petróleo.

Masa y energía no son simplemente "intercambiables", de la misma manera que cambiamos pesetas en dólares, son la misma sustancia, que Einstein caracterizó como "masa-energía". Esta idea es mucho más profunda y va mucho más allá del viejo concepto mecánico en el que, por ejemplo, la fricción se transforma en calor. Aquí la materia es simplemente una forma concreta de energía "congelada", mientras que toda otra forma de energía (incluyendo la luz) tiene una masa asociada. Por esto es totalmente incorrecto decir que la materia "desaparece" cuando se transforma en energía.

Las leyes de Einstein desplazaron la vieja ley de la conservación de la masa elaborada por Lavoissier, que dice que la materia, entendida como masa, no se puede crear ni destruir. De hecho, toda reacción química que libera energía convierte una pequeña cantidad de masa en energía. Esto no podía ser medido en el tipo de reacción química conocida en el siglo XIX, como quemar carbón. Pero las reacciones nucleares liberan suficiente energía como para revelar una pérdida de masa que se puede medir. Toda la materia, incluso en "descanso", contiene asombrosas cantidades de energía. Sin embargo en la medida en que esto no se puede observar, no fue comprendido hasta que Einstein lo explicó.

Lejos de derrocar el materialismo, la teoría de Einstein lo establece sobre bases más firmes. En lugar de la vieja ley mecánica de la "conservación de la masa", tenemos las leyes mucho más científicas y generales de la *conservación de la masa-energía*, que expresan la primera ley de la termodinámica de una manera universal e inquebrantable. La masa no desaparece, sino que se convierte en energía. La cantidad total de masa-energía sigue siendo la misma. No se puede crear ni destruir un sólo átomo de materia. La segunda idea el carácter especial limitador de la velocidad de la luz: la afirmación de que ninguna partícula puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, en la medida en que en cuanto se acerca a esta velocidad crítica, su masa se acerca al infinito, de tal manera que cada vez es más difícil ir a más velocidad. Estas ideas parecen extrañas y difíciles de comprender. Desafían las asunciones del "profundo sentido común". La relación entre el "sentido común" y la ciencia fue resumida por el científico soviético profesor L. D. Landau en las siguientes líneas:

"El llamado sentido común no representa más que una simple generalización de las nociones y hábitos que han surgido de nuestra vida diaria. Es un nivel determinado de comprensión que refleja un nivel concreto de experimento". Y añade: "La ciencia no tiene miedo de chocar con el llamado sentido común. Sólo tiene miedo del desacuerdo entre las ideas existentes y hechos experimentales nuevos y si ocurre un desacuerdo de este tipo la ciencia destruye implacablemente la idea que había creado previamente y eleva nuestro conocimiento a un nivel superior".³⁵ ¿Cómo puede ser que un objeto en movimiento aumente su masa? Esta noción contradice nuestra experiencia diaria. Una peonza no gana masa visiblemente mientras gira. De hecho sí que la gana, pero en una cantidad tan infinitesimal que se puede descartar a todos los efectos prácticos. Los efectos de la relatividad especial no se pueden observar a nivel de los fenómenos de cada día. Sin embargo, en condiciones extremas, por ejemplo a velocidades muy altas, acercándose a la velocidad de la luz, los efectos relativísticos empiezan a entrar en juego.

Einstein predijo que la masa de un objeto en movimiento se incrementaría a velocidades muy altas. Esta ley se puede ignorar cuando se trata de velocidades normales. Sin embargo, las partículas subatómicas se mueven a velocidades de casi 10.000 millas por segundo o más, y a estas velocidades aparecen los efectos relativísticos. Los descubrimientos de la mecánica cuántica demostraron la corrección de la teoría de la relatividad especial, no sólo cuantitativamente sino también cualitativamente. Un electrón gana masa cuando se mueve a 9/10 de la velocidad de la luz; es más, la ganancia de masa es $3 \frac{1}{6}$ veces, exactamente la predicha por la teoría de Einstein. Desde entonces, la relatividad especial ha sido comprobada muchas veces, y hasta el momento siempre ha dado resultados correctos. Los electrones surgen de un poderoso acelerador de partículas 40.000 veces más pesados que al principio, la masa extra representa la energía de la moción.

A este tipo de velocidades el incremento de masa se hace notar. Y la física moderna trata precisamente con velocidades extremadamente altas, como la velocidad de las partículas subatómicas, que se acercan a la velocidad de la luz. Aquí ya no se pueden aplicar las leyes de la mecánica clásica, que describen adecuadamente los fenómenos de la vida diaria. Para el sentido común, la masa de un objeto nunca cambia. Por lo tanto una peonza girando tiene el mismo peso que una que esté quieta. De esta manera se inventó una ley que plantea que la masa es constante independientemente de la velocidad.

Más tarde se demostró que esta ley era incorrecta. Se descubrió que la masa aumenta con la velocidad. Pero en la medida en que el aumento sólo es apreciable a velocidades cercanas a la de la luz, la consideramos constante. La ley correcta sería: "Si un objeto se mueve con una velocidad menor a 100 millas por segundo, la masa es consistente dentro de un margen de una millonésima parte". Para observaciones diarias podemos asumir que la masa es constante independientemente de la velocidad. Pero a altas velocidades esto es falso, y cuanto más alta sea la velocidad, más falsa es la afirmación. Como el pensamiento basado en la lógica formal se acepta como válido a efectos prácticos. Feynman plantea que:

*"Filosóficamente estamos completamente equivocados con la ley aproximada. Nuestra imagen completa del mundo debe alterarse incluso si la masa cambia solamente un poco. Esto es un asunto muy peculiar de la filosofía o de las ideas que hay detrás de las leyes. Incluso un efecto muy pequeño requiere a veces profundos cambios en nuestras ideas".*³⁶

Las predicciones de la relatividad especial han demostrado corresponderse con hechos observados. Los científicos descubrieron en un experimento que los rayos gamma podían producir partículas atómicas, transformando la energía de la luz en materia. También se descubrió que la energía mínima necesaria para crear una partícula depende de su energía en descanso, tal y como había predicho Einstein. De hecho, no se producía una sino *dos* partículas: una partícula y su opuesto, la "antipartícula". En el experimento de los rayos gamma, tenemos un electrón y un anti-electrón (positrón). También se produce el proceso contrario: cuando un positrón se encuentra con un electrón, se aniquilan el uno al otro produciendo rayos gamma. De esta manera, la energía se transforma en materia y la materia en energía. El descubrimiento de Einstein proporcionó la base para una comprensión mucho más profunda del funcionamiento del universo. Proporcionó una explicación de la fuente de energía del sol, que había sido un misterio durante siglos. La inmensa reserva de energía resultó ser la propia materia. El imponente poder de la energía encerrada en la materia se reveló al mundo en agosto de 1945 en Hiroshima y Nagasaki. Todo esto está encerrado en la decebedoramente simple fórmula $E = mc^2$.

La teoría de la relatividad general

La relatividad especial es plenamente adecuada cuando tratamos con un objeto que se mueve a una velocidad constante y en una dirección constante en relación al observador. Sin embargo, en la práctica, la moción nunca es constante. Siempre hay fuerzas que provocan variaciones en la velocidad y la dirección de los objetos en movimiento. En la medida en que las partículas subatómicas se mueven a velocidades enormes en distancias muy cortas, no tienen tiempo para acelerarse mucho, y la relatividad especial se puede aplicar. Sin embargo, en el movimiento de los planetas y las estrellas la relatividad especial es insuficiente. Aquí se trata de grandes aceleraciones provocadas por inmensos campos gravitatorios. Una vez más es un caso de cantidad y calidad. A nivel subatómico la gravedad es insignificante en comparación con otras fuerzas, y puede ser ignorada. En el mundo de cada día, por el contrario, se pueden ignorar todas las demás fuerzas excepto la gravedad.

Einstein intentó aplicar la relatividad a la moción en general, no sólo a la moción constante. Así llegó a la teoría de la relatividad general, que trata de la gravedad. Marca una ruptura, no sólo con la física clásica de Newton, con su universo absoluto, sino también con la igualmente absoluta geometría clásica de Euclides. Einstein demostró que la geometría euclidiana sólo se aplicaba al "espacio vacío", una abstracción idealmente concebida. En realidad, el espacio no es "vacío". El espacio es inseparable de la materia. Einstein mantuvo que el propio espacio está condicionado por la presencia de cuerpos materiales. En su teoría general, esta idea se expresa por la afirmación aparentemente paradójica de que cerca de cuerpos muy pesados, "el espacio se curva".

El universo real, es decir material, no es como el mundo de la geometría euclidiana, con círculos perfectos, líneas absolutamente rectas, etc. El mundo real está lleno de irregularidades. No es recto, sino precisamente "torcido". Por otra parte, el espacio no es algo que existe aparte y separado de la materia. La curvatura del espacio es sólo otra manera de expresar la curvatura de la materia que "llena" el espacio. Por ejemplo, se ha demostrado que los rayos de luz se doblan bajo la influencia de los campos gravitatorios de los cuerpos del espacio.

La teoría de la relatividad general tiene un carácter esencialmente geométrico, pero esta geometría es de un tipo totalmente diferente respecto a la geometría clásica euclidiana. Por ejemplo, en la geometría euclidiana las líneas paralelas nunca se encuentran ni divergen, y los ángulos de un triángulo siempre suman 180°. El *espacio-tiempo* de Einstein (desarrollado en primer lugar por el matemático ruso-alemán Hermann Minkowski, uno de los maestros de Einstein en 1907) representa una síntesis del espacio tridimensional (altura, anchura y profundidad) con el tiempo. Esta geometría cuatridimensional trata con superficies curvadas (el espacio-tiempo curvo). Aquí, los ángulos de un triángulo pueden no sumar 180°, y las líneas paralelas pueden cruzarse o divergir.

En la geometría euclidiana, tal como plantea Engels, nos encontramos con toda una serie de abstracciones que no se corresponden en absoluto con el mundo real: un punto adimensional que se convierte en una línea recta, que a su vez se convierte en una superficie perfectamente llana, y demás. Entre todas estas abstracciones tenemos la más vacía de las abstracciones, la del "espacio vacío". El espacio, a pesar de lo que pensase Kant, no puede existir sin algo que lo llene, y este algo es precisamente la materia (y energía que es lo mismo). *La geometría del espacio está determinada por la materia que contiene*. Este es el auténtico significado del "espacio curvo". Es simplemente una manera de expresar las propiedades reales de la materia. Las metáforas inadecuadas de las popularizaciones de Einstein sólo confunden el tema: "Piensa en el espacio como una hoja de goma", o "piensa en el espacio como cristal", y demás. En realidad la idea que siempre tenemos que tener en mente es *la unidad indisoluble de tiempo, espacio, materia y moción*. En el momento en que nos olvidamos de esta unidad, inmediatamente nos deslizamos hacia la idealización mística.

Si concebimos el espacio como una Cosa-en-Sí, espacio vacío, como en Euclides, claramente no se puede curvar. Es "nada". Pero como planteó Hegel, no hay nada en el universo que no contenga a la vez ser y no ser. El espacio y la materia no son fenómenos diametralmente opuestos y mutuamente excluyentes. El espacio contiene materia y la materia contiene espacio. Son completamente inseparables. El universo es precisamente la unidad dialéctica de la materia y el espacio. En el sentido más profundo la teoría de la relatividad general transmite esta idea dialéctica de la unidad de espacio y materia. De la misma manera en matemática el propio cero no es "nada", sino que expresa una cantidad real y juega un papel determinante.

Einstein presenta la gravedad como una propiedad del espacio más que como una "fuerza" que actúa sobre los cuerpos. Según este punto de vista el propio espacio se curva en presencia de materia. Esta es una manera bastante singular de expresar la unidad de materia y espacio y está abierta a serias mal interpretaciones. El propio espacio, por supuesto no se puede curvar si lo entendemos como "espacio vacío". La cuestión es que es imposible concebir el espacio sin materia. Es una unidad inseparable. Lo que estamos considerando es una relación determinada del espacio con la materia. Los atomistas griegos plantearon, ya hace mucho tiempo que los átomos existían en el "vacío". La materia sin el espacio es lo mismo que el espacio sin materia. El uno no puede existir sin el otro. Un vacío total es precisamente nada. Pero lo mismo es la materia sin fronteras. Por lo tanto, espacio y materia son opuestos que se presuponen, definen y limitan el uno al otro y que no pueden existir el uno sin el otro.

La teoría general de la relatividad sirvió por lo menos para explicar un fenómeno que la mecánica newtoniana clásica no podía explicar. En la medida en que el planeta Mercurio se acerca a su punto más cercano al sol, sus revoluciones muestran una irregularidad peculiar, que anteriormente se había atribuido a perturbaciones provocadas por la gravedad de otros planetas. Sin embargo, incluso teniéndolas en cuenta, no se podía explicar el fenómeno. La desviación de la órbita de Mercurio alrededor del sol ("perihelio") era muy pequeña, pero lo suficiente como para poner patas arriba los cálculos de los astrónomos. La teoría de la relatividad general de Einstein predijo que el perihelio de cualquier cuerpo rotatorio tendría una moción más allá de la prescrita por las leyes de Newton. Esto se demostró que era cierto para Mercurio y más tarde también para Venus.

También predijo que un campo gravitatorio doblaría los rayos de luz. De esta manera, un rayo de luz que pasase cerca de la superficie del sol estaría curvado fuera de una línea recta en 1,75 segundos de arco. En 1919 una observación astronómica de un eclipse de sol demostró que esto era correcto. La brillante teoría de Einstein se había comprobado en la práctica. Fue capaz de explicar el desplazamiento aparente en la posición de las estrellas cerca del sol por la curvatura de sus rayos.

Newton desarrolló las leyes que rigen el movimiento de los objetos, según las cuales la fuerza de la atracción de la gravedad depende de la masa. También planteó que cualquier fuerza ejercida sobre un objeto produce un aceleración inversamente proporcional a la masa del objeto. La resistencia a la aceleración se llama inercia. Todas las masas se miden o bien a través de los efectos gravitatorios o de los efectos de la inercia. La observación directa ha demostrado que la masa inercial y la masa gravitatoria, de hecho son idénticas dentro de un margen de una billonésima parte. Einstein empezó su teoría de la relatividad general asumiendo que las masas inercial y gravitatoria eran exactamente iguales, porque son esencialmente la misma cosa.

Las estrellas, aparentemente inmóviles, se mueven a velocidades enormes. Las ecuaciones cósmicas de Einstein de 1917 implicaban que el universo no era fijo todo el tiempo sino que se podía estar expandiendo. Las galaxias se alejan de nosotros a velocidades de unas 700 millas por segundo. Las estrellas y galaxias están cambiando constantemente, apareciendo y desapareciendo. Todo el universo es el vasto escenario en que se representa el drama de la muerte y el nacimiento de estrellas y galaxias por toda la eternidad. ¡Esto sí que son acontecimientos revolucionarios! Galaxias que explotan, supernovas, choques catastróficos entre estrellas, agujeros negros con una densidad miles de millones más grande que la de nuestro sol devorando golosamente cúmulos enteros de estrellas. Estas cosas sobrepasan con creces las creaciones más imaginativas de la poesía.

Relaciones entre cosas

Muchas nociones son de carácter puramente relativo. Por ejemplo si se nos pregunta si una calle está a la derecha o a la izquierda de una casa, es imposible responder. Depende de en qué dirección nos estemos moviendo en relación a la casa. Por otra parte, es posible hablar de la orilla derecha de un río, porque la corriente determina la dirección del río. De igual manera se puede decir que los coches van por la derecha (¡excepto en Gran Bretaña!) porque el movimiento de un coche separa una de las dos posibles direcciones en una calle. Sin embargo, en todos estos ejemplos, las nociones de "derecha" e "izquierda" son *relativas*, en la medida en que sólo adquieren significado después de indicar la dirección que las define.

De la misma manera si preguntamos "¿Es de día o de noche?" la respuesta dependerá de dónde estemos. En Madrid es de día, pero en Ciudad de México es de noche. Noche y día son nociones relativas determinadas por nuestra posición en el globo. Un objeto parecerá más grande o más pequeño dependiendo de su distancia respecto a un punto de observación dado. "Arriba" y "abajo" también son nociones relativas, que cambiaron cuando se descubrió que la tierra es redonda y no llana. Incluso hoy en día es difícil de aceptar para el "sentido común" que la gente en Australia puedan caminar "boca abajo". Sin embargo no hay contradicción si entendemos que la noción de verticalidad es relativa. A todos los efectos prácticos podemos considerar que la superficie de la tierra es "llana" y por lo tanto todas las verticales son paralelas, si nos referimos por ejemplo a dos casas en una ciudad. Pero cuando nos referimos a distancias mucho más grandes, que impliquen toda la superficie de la tierra, nos encontramos con que el intento de utilizar verticales absolutas nos lleva a absurdos y contradicciones.

Por extensión la posición de un cuerpo planetario es necesariamente relativa a la posición de los demás. Es imposible fijar la posición de un objeto sin hacer referencia a otros objetos. La noción de "desplazamiento" de un cuerpo en el espacio significa que ha cambiado su posición en relación a otros objetos. Una serie de leyes importantes de la naturaleza son de carácter relativista, por el ejemplo el principio de la relatividad de la moción y la ley de la inercia. Esta última afirma que un objeto en el que no actúen fuerzas externas sólo puede estar, no sólo en un estado de descanso sino también en un estado de movimiento uniforme en línea recta. Esta ley fundamental de la física fue descubierta por Galileo.

En la práctica sabemos que los objetos sobre los que no se aplica ninguna fuerza externa tienden a estar en reposo, por lo menos en la vida diaria. En el mundo real, las condiciones para la aplicación de la ley de la inercia, es decir la ausencia total de fuerzas externas actuando sobre un cuerpo, no pueden existir. Fuerzas como la fricción actúan sobre un cuerpo hasta detenerlo. Sin embargo, mejorando constantemente las condiciones del experimento, es posible acercarse cada vez más a las condiciones ideales planteadas por la ley de la inercia, y de esta manera, demostrar que es válida incluso para las mociones que observamos en la vida diaria. Las teorías de Einstein expresan perfectamente el aspecto *relativo* (cuantitativo) del tiempo, y lo transmiten mucho más profundamente que las teorías clásicas de Newton.

La gravedad no es una "fuerza" sino una *relación* entre objetos reales. A un hombre que cae de un edificio muy alto, le parece que la tierra "se le echa encima". Desde el punto de vista de la relatividad, esta observación no es incorrecta. Sólo si adoptamos el concepto mecánico y unilateral de "fuerza" veremos este proceso como la gravedad de la tierra atrayendo al hombre hacia abajo en lugar de ver que es precisamente la interacción de dos cuerpos entre ellos. Para condiciones "normales", la teoría de la gravedad de Newton está de acuerdo con Einstein. Pero en condiciones extremas, están en completo desacuerdo. La teoría general de la relatividad contradice la teoría de Newton de la misma manera que la dialéctica contradice la lógica formal. Y, hasta la fecha, la evidencia demuestra que tanto la relatividad como la dialéctica son correctas.

Como explicó Hegel toda medida es en realidad la descripción de una relación. Sin embargo en la medida en que cada medición es realmente una comparación, tiene que existir un estándar que no se pueda comparar con nada sino consigo mismo. En general sólo podemos entender las cosas comparándolas a otras cosas. Esto expresa el concepto dialéctico de interrelaciones universales. Analizar las cosas en su movimiento, desarrollo y relaciones es precisamente la esencia del método dialéctico. Es justamente la antítesis del modo de pensamiento mecánico (el método "metafísico" en el sentido en que Marx y Engels utilizaron esta palabra) que observa las cosas como estáticas y absolutas. Este era precisamente el defecto del viejo punto de vista newtoniano del universo, que a pesar de todos sus logros, nunca escapó a la unilateralidad que caracteriza la visión mecánica del mundo.

Las propiedades de una cosa no son el resultado de relaciones con otras cosas, pero sólo se pueden manifestar en relaciones con otras cosas. Hegel se refiere a estas relaciones en general como "categorías reflejas". El concepto de relatividad es un concepto importante y ya había sido desarrollado completamente por Hegel en el primer volumen de su obra maestra *La ciencia de la lógica*.

Lo podemos ver, por ejemplo en instituciones sociales, como la *realidad*:

"Las mentes ingenuas", observó Trotsky, "piensan que el cargo de rey reside en el propio rey, en su capa de erminio y en su corona, en su carne y en sus huesos. De hecho, el cargo de rey es una interrelación entre personas. El rey es solo rey porque los intereses y prejuicios de millones de personas se refractan a través de su persona. Cuando el flujo del desarrollo barre estas interrelaciones, entonces el rey aparece sólo como un hombre descolorido con el labio inferior colgando. El que una vez fue Alfonso XIII nos los podría explicar por experiencia propia

"El dirigente por voluntad popular se diferencia del dirigente por voluntad divina en que el primero se ve obligado a abrirse camino por sí mismo o, en cualquier grado, a ayudar a la coyuntura de los acontecimientos a descubrirle. Sin embargo, el dirigente es siempre una relación entre gente, el suministro individual que satisface la demanda colectiva. La controversia sobre la personalidad de Hitler se hace más aguda cuanto más se busca el secreto de su Éxito en sí mismo. Mientras tanto sería difícil encontrar otra figura política que fuese el foco de fuerzas históricas anónimas en la misma medida. Cualquier pequeño burgués exasperado no puede convertirse en Hitler, pero una partícula de Hitler reside en cada pequeño burgués exasperado".³⁷

En *El Capital*, Marx muestra como el trabajo humano concreto se convierte en el medio para expresar el trabajo humano abstracto. Es la forma bajo la cual se manifiesta su opuesto, el trabajo humano abstracto. El valor no es una cosa material que se pueda derivar de las propiedades físicas de una mercancía. De hecho es una abstracción de la mente. No por ello es una invención arbitraria. De hecho es una expresión de un proceso objetivo, y está determinado por la cantidad de fuerza de trabajo socialmente necesaria gastada en su producción. De la misma manera, el tiempo es una abstracción que, aunque no se puede ver, ni oír, ni tocar, y sólo se puede *expresar* en términos relativos como medidas, sin embargo denota un proceso físico objetivo.

Espacio y tiempo son abstracciones que nos permiten medir y comprender el mundo material. Toda medición está relacionada al espacio y el tiempo. La gravedad, las propiedades químicas, el sonido, la luz, todo lo analizamos desde estos dos puntos de vista. De esta manera la velocidad de la luz es 300.000 kilómetros por segundo, y el sonido se determina por el número de vibraciones por segundo. El sonido de un instrumento de cuerda, por ejemplo, se determina por el tiempo en que ocurren un determinado número de vibraciones y los elementos espaciales (longitud y grosor) del cuerpo vibrante. La armonía que apela a los sentimientos estéticos de la mente es también otra manifestación de una ratio, medición y por lo tanto tiempo.

El tiempo no se puede *expresar* más que de manera relativa. Igualmente la magnitud de valor de una mercancía sólo se puede expresar en relación a otros bienes. Sin embargo el valor es intrínseco a las mercancías, y el tiempo es una característica objetiva de la materia en general. La idea de que el propio tiempo es simplemente subjetivo, es decir una ilusión de la mente humana, es reminiscente del prejuicio de que el dinero es meramente un *símbolo*, sin significado objetivo. Cada vez que se intentó poner en práctica la idea de "desmonetarizar" el oro, que partía de esta premisa falsa, se provocó inflación. En el Imperio Romano, el valor del dinero se fijaba por un decreto imperial y estaba prohibido tratar el dinero como una mercancía. El resultado fue una constante depreciación de la moneda. Un fenómeno similar ha tenido lugar en el capitalismo moderno, especialmente desde la Segunda Guerra Mundial. En la economía, como en la cosmología, la confusión de la *medición* con la naturaleza de la cosa en sí lleva al desastre en la práctica.

La medición del tiempo

Mientras que definir qué es el tiempo presenta una dificultad, medirlo no. Los propios científicos no *explican* qué es el tiempo, sino que se limitan a la *medición* del tiempo. De la mezcla de estos dos conceptos surge una confusión sin fin. Así Feynmann dice:

"A lo mejor tenemos que enfrentarnos al hecho de que el tiempo es una de las cosas que no podemos definir (en el sentido del diccionario), y sólo decir que es lo que ya sabemos que es: ¡es cuánto esperamos! De todos modos, lo que realmente importa no es como *definir* el tiempo, sino cómo medirlo".³⁸

La *medición* del tiempo implica necesariamente unos puntos de referencia, y cualquier fenómeno que vincule cambio y tiempo, por ejemplo la rotación de la tierra o el movimiento de un péndulo. La rotación diaria de la tierra sobre su eje nos da una escala de tiempo. La decadencia de los elementos radioactivos se puede utilizar para medir intervalos de tiempo largos. La medida del tiempo implica un elemento subjetivo. Los egipcios dividían el día y la noche en doce partes. Los sumerios tenían un sistema numérico basado en 60, y por lo tanto dividían la hora en 60 minutos y el minuto en 60 segundos. El metro se definió como la diez millonésima parte de la distancia del polo al ecuador terrestre (aunque esto no es estrictamente exacto). El centímetro es la centésima parte de un metro, y sucesivamente. A principios de este siglo, la investigación del mundo subatómico llevó al descubrimiento de dos unidades de medida naturales, la velocidad de la luz, c , y la constante de Plank, h . Estas no son directamente masa, longitud o tiempo sino una unidad de todas ellas.

Existe un acuerdo internacional por el que el metro se define como la distancia entre dos marcas en una barra que se guarda en un laboratorio en Francia. Más recientemente se vio que esta definición no era tan precisa como sería necesario, ni tan permanente y universal como sería de desear. Actualmente se ha adoptado una nueva definición, un número arbitrario de longitudes de onda de una línea del espectro en concreto. Por otra parte la medición del tiempo varía según la escala y la extensión de la vida de los objetos en estudio.

Esta claro que el concepto de tiempo variará según el marco de referencia. Un año en la tierra no es lo mismo que un año en Júpiter. Ni tampoco la idea de tiempo y espacio es la misma para un ser humano que para un mosquito con una vida de unos pocos días, o que para una partícula subatómica con una vida de una billonésima parte de segundo (asumiendo por supuesto que estas entidades pudieran tener cualquier tipo de concepto). A lo que nos estamos refiriendo es a la manera en que el tiempo se percibe en diferentes contextos. Si aceptamos un marco de referencia dado la manera en que veremos el tiempo será diferente. Incluso esto se puede ver en cierta medida en la práctica.

Por ejemplo los métodos normales de medición del tiempo no se pueden aplicar a la medición de la duración de la vida de las partículas subatómicas, y hay que utilizar diferentes estándares para medir el "tiempo geológico".

Desde este punto de vista, se puede decir que el tiempo es relativo. La medición implica necesariamente relaciones. El pensamiento humano contiene conceptos que son esencialmente relativos, por ejemplo magnitudes relativas, como "grande" y "pequeño". Un hombre es pequeño comparado con un elefante, pero grande en comparación con una hormiga. Pequeño y grande en sí mismos no tienen ningún significado. Una millonésima de segundo, en términos ordinarios parece una cantidad de tiempo muy corta, pero a nivel subatómico es extremadamente larga. En el otro extremo, un millón de años es una cantidad de tiempo muy corta a nivel astronómico.

Todas las ideas sobre espacio, tiempo y moción dependen de nuestras observaciones de las relaciones y cambios en el mundo material. Sin embargo, la medición del tiempo varía substancialmente cuando consideramos diferentes tipos de materia. La medida del espacio y el tiempo es inevitablemente relativa a algún marco de referencias la tierra, el sol, o cualquier otro punto estático con el que se puedan relacionar los acontecimientos del universo. Ahora bien, está claro que la materia del universo sufre todo tipo de cambios diferentes: cambio de posición, que a su vez implica diferentes velocidades, cambio de estado, que implica diferentes estados de energía, nacimiento, decadencia y muerte, organización y desorganización, y muchas otras transformaciones, todas ellas expresables y medibles en términos de tiempo.

En Einstein, tiempo y espacio no son considerados como aislados, y de hecho es imposible considerarlos "cosas en sí". Einstein defendió el punto de vista de que el tiempo depende del movimiento de un sistema y que los intervalos de tiempo cambian de tal manera que la velocidad de la luz dentro del sistema dado no varía según con el movimiento. Las escalas espaciales también están sujetas a cambios. Las viejas teorías newtonianas clásicas siguen siendo válidas a efectos de la vida diaria, e incluso como una buena aproximación al funcionamiento general del universo. La mecánica newtoniana se aplica a una amplia gama de ciencias, no sólo la astronomía, sino también ciencias prácticas como la ingeniería. A bajas velocidades se puede ignorar los efectos de la relatividad especial. Por ejemplo el error que implicaría al considerar el movimiento de un avión a 250 millas por hora sería del orden de la diez mil millonésima parte de un uno por ciento. Sin embargo más allá de ciertos límites ya no se pueden aplicar. Al tipo de velocidades que nos encontramos en los aceleradores de partículas, por ejemplo, hay que tener en cuenta las predicciones de Einstein de que la masa no es constante sino que aumenta con la velocidad.

La vida extremadamente corta de ciertas partículas subatómicas no se puede expresar adecuadamente desde el punto de vista de nuestra noción de cada día de la medición del tiempo. Un pi-mesón por ejemplo tiene una vida de solo 10^{-16} segundos, antes de que se desintegre. De igual manera el período de una vibración nuclear o la vida de una extraña partícula de resonancia son de 10^{-24} segundos, aproximadamente el tiempo que tarda la luz en cruzar el núcleo de un átomo de hidrógeno. Los períodos de tiempo muy cortos, por ejemplo 10^{-12} segundos se miden con un osciloscopio de rayo de electrón. Tiempos incluso más cortos se pueden medir con técnicas de rayo láser. Al otro extremo de la escala, largos períodos de tiempo se pueden medir con un "reloj" radioactivo.

En cierto sentido cada átomo del universo es un reloj, debido a que absorbe y emite luz (es decir, ondas electromagnéticas) con una frecuencia precisamente definida. Desde 1967, el estándar de tiempo reconocido oficialmente se basa en un reloj atómico (de cesio). Un segundo se define como 9.192.631.770 vibraciones de radiación de microondas de los átomos de cesio-133 en una determinada ordenación atómica. Incluso este reloj altamente preciso no es absolutamente perfecto. Se toman diferentes lecturas de relojes atómicos en unos 80 países diferentes, y se llega a un acuerdo, dando más peso a los relojes más regulares. De esta manera es posible llegar a una medida precisa del tiempo de hasta una millonésima de segundo al día, o incluso menos.

A todos los efectos de la vida diaria, la medición "normal" del tiempo, basada en la rotación de la tierra y el movimiento aparente del sol y las estrellas es suficiente. Pero para toda una serie de operaciones en el campo de la alta tecnología, como ciertas ayudas de navegación por radio en barcos y aviones, deja de ser adecuada, provocando serios errores. Es a este tipo de niveles que se empiezan a dejar sentir los efectos de la relatividad. Se ha demostrado que los relojes atómicos van más lentos a nivel de tierra que a grandes alturas, donde el efecto de la gravedad es menor. Un reloj atómico volando a 30.000 pies de altura ganó tres mil millonésimas de segundo en una hora. Esto confirma la predicción de Einstein con un margen de error del uno por ciento.

Problema no resuelto

La teoría especial de la relatividad fue uno de los grandes avances de la ciencia. Ha revolucionado la manera en que observamos el universo hasta tal punto que ha sido comparada con el descubrimiento que la tierra es redonda. Se han podido dar avances gigantescos debido al hecho de que la relatividad estableció un método de medición mucho más preciso que las viejas leyes newtonianas a las que desplazó parcialmente. Sin embargo la cuestión filosófica del tiempo no ha sido eliminada por la teoría de la relatividad de Einstein. De hecho es hoy más aguda que nunca. Como ya hemos comentado existe un elemento subjetivo e incluso arbitrario en la *medición* del tiempo. Pero esto no lleva a la conclusión de que el tiempo es una cosa puramente subjetiva. Einstein dedicó toda su vida a la búsqueda de las leyes objetivas de la naturaleza. La cuestión es si las leyes de la naturaleza, incluyendo el tiempo, son las mismas para todos, independientemente de la posición en que estemos y la velocidad a la que nos movamos. Sobre esta cuestión Einstein vaciló. En algunos momentos parecía aceptarlo, pero en otra parte lo rechazaba.

Los procesos objetivos de la naturaleza no están determinados por el hecho de que los observemos o no. Existen en y por sí mismos. El universo, y por lo tanto el tiempo, existía antes de que los seres humanos lo observaran, y continuará existiendo mucho tiempo después de que no haya humanos para preocuparse de Él. El universo material es infinito, eterno y está en constante cambio. Sin embargo para que la mente humana pueda comprender el universo infinito es necesario trasladarlo a términos finitos, analizarlo y cuantificarlo, de tal manera que pase a ser una realidad para *nosotros*. La manera en que observamos el universo no lo cambia (a no ser que implique procesos físicos que interfieran con lo que se está observando). Pero la manera en que se nos aparece a nosotros puede cambiar. Desde nuestro punto de vista la tierra parece en descanso. Pero para un astronauta en órbita le parece que está viajando a gran velocidad. Se dice que Einstein, que por lo visto tenía un sentido del humor muy seco, una vez sorprendió a un revisor preguntándole: "¿A qué hora para Oxford en este tren?".

Einstein estaba decidido a re-escribir las leyes de la física de tal manera que las predicciones siempre fuesen correctas, independientemente de las mociones de los diferentes cuerpos, o los "puntos de vista" que de ellas se derivan. Desde el punto de vista de la relatividad, la moción constante en línea recta es indistinguible del estado de reposo. Cuando dos objetos se cruzan a una velocidad constante, es tan posible decir que A pasa a B, como que B pasa a A. De esta manera llegamos a la contradicción aparente de que la tierra está en reposo y se mueve al mismo tiempo. En el ejemplo del astronauta, "tiene que ser simultáneamente correcto decir que la tierra tiene gran energía de moción y que no tiene energía ni moción; el punto de vista del astronauta es tan válido como el punto de vista de sabios en la tierra".³⁹

Aunque parece una cosa sencilla, la medición del tiempo presenta un problema, debido a que el grado de cambio del tiempo tiene que ser comparado a alguna otra cosa. Si existe un tiempo absoluto, entonces este tiene que fluir, y por lo tanto tiene que ser medido en relación a algún otro tiempo, y así hasta el infinito. Sin embargo es importante que nos demos cuenta de que este problema solamente se presenta en relación a la *medición* del tiempo. La cuestión filosófica de la *naturaleza* del tiempo no entra en esto. Para efectos prácticos de medición y cálculo, es esencial que se defina un marco de referencia específico. Debemos conocer la posición del observador relativo y del fenómeno observado. La teoría de la relatividad demuestra que afirmaciones del tipo de "en un mismo lugar" y "al mismo tiempo" de hecho, no tienen ningún significado.

La teoría de la relatividad implica una contradicción. Presupone que la simultaneidad es relativa a un marco de ejes. Si un marco de ejes se está moviendo en relación a otro, entonces los acontecimientos que son simultáneos en el primero no lo son en el segundo, y viceversa. Este hecho que no encaja con el sentido común, ha sido demostrado experimentalmente. Desgraciadamente puede tender a una interpretación idealista del tiempo, por ejemplo la afirmación de que puede haber una variedad de "presentes". Es más se puede considerar el futuro como cosas y procesos que "pasan a ser", como sólidos cuatridimensionales que tienen un "segmento temporal".

A no ser que se resuelva esta cuestión se pueden cometer todo tipo de errores: por ejemplo la idea de que el futuro ya existe, y que se materializa repentinamente en el "ahora", de la misma manera que una roca sumergida aparece de repente cuando una ola rompe contra ella. De hecho tanto pasado como futuro se combinan en el presente, El futuro es ser-en-potencia. El pasado es lo que ya ha sido. El "ahora" es la unidad de ambos. Es el ser *real* en oposición al ser potencial. Precisamente por esta razón sentimos pesar del pasado y miedo del futuro y no al revés. El sentimiento de pesar surge de darse cuenta, y lo corrobora toda la experiencia humana, que el pasado está perdido para siempre, mientras que el futuro es incierto, y está formado por una gran cantidad de estados potenciales.

Benjamin Franklin dijo en una ocasión que sólo hay dos cosas seguras en esta vida: la muerte y los impuestos; y los alemanes tienen un proverbio: "Man muss nur sterben" ("uno sólo ha de morir") queriendo decir que todo lo demás es opcional. Por supuesto que esto no es realmente cierto. Hay muchas más cosas que son inevitables aparte de la muerte, o incluso los impuestos. De un número infinitamente grande de estados potenciales, en la práctica sabemos que sólo un cierto número son realmente posibles. De estos, incluso menos son probables en un momento dado. Y de estos, al final, sólo uno surgirá en realidad. La tarea de las diferentes ciencias es descubrir la manera exacta en que se despliega este proceso. Pero esta tarea será imposible sino aceptamos que los acontecimientos y procesos se desarrollan en el tiempo, y que el tiempo es un fenómeno objetivo que expresa el hecho más fundamental de todas las formas de la materia y la energía, el cambio.

El mundo material está en un estado de cambio constante, y por lo tanto "es y no es". Esta es la proposición fundamental de la dialéctica. Filósofos como el anglo-americano Alfred North Whitehead y el intuicionista francés Henri Begson creían que el flujo del tiempo era un hecho metafísico que solo podía ser comprendido con intuición no-científica. "Filósofos de los procesos" como estos, a pesar de sus insinuaciones místicas, por lo menos tenían razón al afirmar que el futuro es indeterminado mientras que el pasado es incambiable, fijo y determinado. Es "tiempo congelado". Por otra parte tenemos los "filósofos de la multiplicidad" que mantienen que los acontecimientos futuros pueden existir pero que no están suficientemente conectados por leyes con los acontecimientos del pasado. Siguiendo un punto de vista filosófico sobre el tiempo incorrecto acabamos con misticismo puro, como en la noción de "multiverso", un número infinito de universos (si esta es la palabra correcta, ya que no existen en el espacio "tal como lo conocemos") paralelos que existen simultáneamente (si esa es la palabra correcta, ya que no existen en el tiempo "tal como lo conocemos")ó. Este tipo de confusión es la que surge de la interpretación idealista de la relatividad.

Interpretaciones idealistas

"Había una jovencita llamada Bright
cuya velocidad era más rápida que la luz;
partió algún día
de forma relativa
y volvió a casa la noche anterior".
(A. Buller, *Punch*, 19 diciembre 1923)

De la misma manera que con la mecánica cuántica, la relatividad ha sido utilizada por los que quieren introducir el misticismo en la ciencia. Se utiliza "relatividad" en el sentido de que no podemos conocer realmente el mundo. Como explica J. D. Bernal:

"Sin embargo, es igualmente cierto que el efecto del trabajo de Einstein, fuera de los estrechos campos especialistas a los que se puede aplicar, fue de mistificación general. Se aferraron a Él ardientemente los intelectuales desilusionados después de la Primera Guerra Mundial para ayudarse a no enfrentarse a la realidad. Sólo tenían que utilizar la palabra 'relatividad' y decir 'Todo es relativo', o 'Depende de lo que quieras decir'".⁴⁰

Esta es una mala interpretación de las ideas de Einstein. De hecho la misma palabra "relatividad" es un nombre inapropiado. El propio Einstein prefería llamarla *teoría de la invariancia* que da una idea mucho mejor de lo que quería decir la idea exactamente opuesta a la idea vulgar de la teoría de la relatividad. Es totalmente falso que para Einstein "todo es relativo". Para empezar, la energía en reposo (es decir la unidad de materia y energía) es uno de los *absolutos* de la teoría de la relatividad. El límite de la velocidad de la luz es otro. Lejos de una interpretación arbitraria y subjetiva de la realidad, en la que una opinión es tan buena como otra, y "todo depende de como lo mires", Einstein "descubrió lo que era absoluto y fiable a pesar de la confusión aparente, ilusiones y contradicciones producidas por las mociones relativas o la acción de la gravedad".⁴¹

El universo existe en un estado de cambio constante. En ese sentido nada es "absoluto" o eterno. *Lo único absoluto es la moción y el cambio, el modo básico de existencia de la materia* algo que Einstein demostró de manera concluyente en 1905. Tiempo y espacio, como modos de existencia de la materia son fenómenos objetivos. No son simplemente abstracciones o nociones arbitrarias inventadas por humanos (o dioses) para su propia conveniencia, sino propiedades fundamentales de la materia, que expresan su universalidad.

El espacio es tridimensional pero el tiempo sólo tiene una dimensión. Con perdón a los que hacen películas en las que se puede "regresar al futuro", sólo es posible viajar en una dirección en el tiempo, del pasado al futuro. Hay tantas posibilidades de que un astronauta vuelva a la tierra antes de nacer, o de que un hombre se case con su bisabuela, como de que sean ciertas cualquiera de las otras entretenidas pero ridículas fantasías de Hollywood. El tiempo es *irreversible*, lo que quiere decir que todos los procesos materiales se desarrollan en una sola dirección del pasado al futuro. El tiempo es simplemente una manera de expresar el movimiento real y el estado cambiante de la materia. Materia, moción, tiempo y espacio son inseparables.

La limitación de la teoría de Newton era el considerar espacio y tiempo como dos entidades separadas, una al lado de la otra, independientes de la materia y la moción. Hasta el siglo XX los científicos identificaban el espacio con el vacío ("nada") que era visto como algo absoluto, es decir una cosa incambiable, siempre y en todas partes. Estas abstracciones vacías han sido desacreditadas por la física moderna, que ha demostrado la relación profunda entre tiempo, espacio, materia y moción. La teoría de la relatividad de Einstein establece firmemente que el tiempo y el espacio *no* existen en y por sí mismos, aislados de la materia, sino que son parte de una interrelación universal de fenómenos. Esto se transmite con el concepto de un espacio-tiempo integral e indivisible, respecto al cual el espacio y el tiempo son vistos como aspectos relativos. Una idea controvertida es la predicción de que un reloj en movimiento marcaría el tiempo más lentamente que uno estacionario. Sin embargo es importante entender que este efecto sólo es apreciable a velocidades increíblemente grandes que se acerquen a la de la luz.

Si la teoría general de la relatividad de Einstein es correcta, entonces existiría la posibilidad teórica de viajar distancias inimaginables a través del espacio. Teóricamente sería posible que el ser humano sobreviviese miles de años en el futuro. Toda la cuestión gira alrededor de si los cambios observados en la velocidad de los relojes atómicos se aplican también a la velocidad de la propia vida. Bajo el efecto de una fuerte gravedad, los relojes atómicos corren más de prisa que en el espacio vacío. La cuestión es si las complejas interrelaciones de las moléculas que constituyen la vida se pueden comportar de la misma manera. Isaac Asimov, que sabe algo de ciencia ficción escribió: "Si el tiempo realmente se ralentiza con la moción, uno podría hacer un viaje incluso a una estrella distante durante su propia vida. Pero por supuesto uno tendría que despedirse de su propia generación y volver al mundo del futuro".⁴²

El argumento para esto es que la velocidad de los procesos vivos está determinada por la velocidad de la acción atómica. Así, bajo el efecto de una fuerte gravedad el corazón latiría más lentamente, y los impulsos cerebrales también se ralentizarían. De hecho toda energía disminuye en presencia de la gravedad. Si los procesos se ralentizan también se prolongan más en el tiempo. Si una nave espacial fuese capaz de viajar a velocidades cercanas a la de la luz, se vería el universo pasando como una exhalación, mientras que para los que estuvieran dentro, el tiempo continuaría "normal", es decir a una velocidad mucho menor. La impresión sería que el tiempo de fuera se habría acelerado. ¿Es esto correcto? ¿Estaría *en realidad* viviendo en el futuro, en relación a la gente de la tierra, o no? Einstein parece responder a esta pregunta afirmativamente.

De este tipo de especulaciones surgen todo tipo de ideas místicas como por ejemplo saltar a un agujero negro y aparecer en otro universo. Si existen los agujeros negros, y esto no está definitivamente demostrado, todo lo que habría en el centro serían los restos colapsados de una estrella gigante, no otro universo. Cualquier persona real que entrase sería hecha añicos inmediatamente y convertida en energía pura. Si esto es lo que se considera pasar a otro universo, entonces que los defensores de estas ideas hagan la primera excursión. En realidad esto es pura especulación del tipo más infantil, por entretenido que pueda ser. Toda la idea del "viaje en el tiempo" inevitablemente acaba en una masa de contradicciones, no dialécticas sino absurdas. Einstein estaría sorprendido de las interpretaciones místicas que se hacen de sus teorías, implicando nociones como viajes de ida y vuelta adelante y atrás en el tiempo, alterando el futuro, y otros sin sentidos por el estilo. Pero Él mismo tiene una parte de responsabilidad por esta situación debido al elemento idealista en su punto de vista, especialmente en la cuestión del tiempo.

Demos por supuesto que un reloj atómico va más rápido a grandes alturas que a nivel del suelo, debido al efecto de la gravedad. Supongamos que este reloj, cuando vuelve a la tierra es una 50 mil millonésima más viejo que los relojes equivalentes que se han quedado en la tierra. ¿Significa esto que un hombre que viajase en el mismo vuelo ha envejecido igualmente? El proceso de envejecimiento depende de la tasa de metabolismo. Esta está parcialmente influenciada por la gravedad, pero también por muchos otros factores. Es un proceso biológico complejo, y no es fácil ver como podría ser afectado fundamentalmente por la velocidad o por la gravedad, excepto que condiciones extremas de ambas pueden causar daños materiales en organismos vivos.

Si fuera posible ralentizar la tasa de metabolismo de la forma prevista de manera que, por ejemplo, el latido del corazón se reduciría a uno cada veinte minutos, el proceso de envejecimiento sería supuestamente correspondientemente más lento. De hecho es posible ralentizar el metabolismo por ejemplo con la congelación. Que este sea el efecto de viajar a grandes velocidades sin matar el organismo es una cosa que se puede poner en duda. Según la teoría bien conocida, este hombre del espacio, si consiguiese volver a la tierra, volvería al cabo de, digamos 10.000 años, y siguiendo con la analogía habitual presumiblemente estaría en condiciones de casarse con sus propios descendientes remotos. Pero nunca sería capaz de volver a su "propio" tiempo.

Se han hecho experimentos con partículas subatómicas (muones) que indican que partículas que viajan a 99,94 por cien de la velocidad de la luz prolongan su vida unas 30 veces, precisamente lo que predijo Einstein. Sin embargo está por ver si estas conclusiones se pueden aplicar a la materia a gran escala, y en concreto a la materia viva. Se han cometido muchos errores serios intentando aplicar resultados derivados de una esfera a otra área totalmente diferente. En el futuro pueden ser posibles viajes espaciales a grandes velocidades, quizás una décima parte de la velocidad de la luz. A esta velocidad, un viaje de cinco años luz tardaría cincuenta años (aunque según Einstein serían tres meses menos para aquellos que viajaran). ¿Será posible viajar a la velocidad de la luz, permitiendo así que los humanos lleguen a las estrellas? Ahora mismo esto parece una perspectiva remota. Pero hace cien años, un mero guiño en la historia, la idea de viajar a la luna se limitaba a las novelas de Julio Verne.

Mach y el positivismo

"El objeto sin embargo, es la auténtica verdad, es la realidad esencial; es, independientemente de si es conocido o no; sigue siendo incluso si no es conocido, mientras que el conocimiento no existe si el objeto no está allí". (Hegel)43

La existencia de pasado, presente y futuro está profundamente gravada en la conciencia humana. Vivimos ahora, pero podemos recordar acontecimientos pasados, y hasta cierto punto prever acontecimientos futuros. Hay un "antes" y un "después". Sin embargo algunos filósofos lo ponen en duda. Lo consideran como un producto de la mente, una ilusión. Desde su punto de vista, en ausencia de observadores humanos, no existe el tiempo, ni pasado, ni presente, ni futuro. Este es el punto de vista del *idealismo subjetivo*, una visión totalmente irracional y acientífica que sin embargo ha intentado basarse durante los últimos cien años en los descubrimientos de la física para dar respetabilidad a lo que fundamentalmente es una visión mística del mundo. Parece irónico que la escuela de filosofía que ha tenido un mayor impacto en la ciencia del siglo XX, el positivismo lógico, es precisamente una rama del idealismo subjetivo.

El positivismo es una visión estrecha que plantea que la ciencia se tendría que limitar a los "hechos observados". Los fundadores de esta escuela eran reacios a referirse a las teorías como verdaderas o falsas, sino que preferían describirlas como más o menos "útiles". Es interesante hacer notar que Ernst Mach, el auténtico padre espiritual del neo-positivismo, se oponía a la teoría atomista de la física y la química. Esta era la consecuencia natural del empiricismo estrecho de la visión positivista. En la medida en que el átomo no se puede ver ¿cómo puede ser que exista? Lo consideraban en el mejor de los casos como una ficción conveniente, y en el peor como una hipótesis inaceptable ad hoc. Uno de los co-pensadores de Mach, Wihem Ostwald, intentó derivar las leyes básicas de la química sin la ayuda de la hipótesis atómica!

Boltzmann criticó duramente a Mach y los positivistas, al igual que Max Plank, el padre de la mecánica cuántica. Lenin sometió los puntos de vista de Mach y Richard Avenarius, el fundador de la escuela del empiriocriticismo, a una crítica demoledora en su libro *Materialismo y Empiriocriticismo* (1908). Sin embargo las ideas de Mach tuvieron un gran impacto y, entre otros, impresionaron al joven Albert Einstein. Partiendo de la idea de que todas las ideas tienen que sacarse de "lo dado", es decir, de la información proporcionada inmediatamente por nuestros sentidos, pasaron a negar la existencia del mundo material independientemente de la percepción sensorial humana. Mach y

Avenarius se referían a los objetos físicos como "complejos de sensaciones". Así, por ejemplo, esta mesa no es más que un conjunto de impresiones sensoriales como dureza, color, masa, etc. Sin estas, planteaban, no sería nada. Por lo tanto la idea de la materia (en el sentido filosófico, es decir, el mundo objetivo trasladado a nosotros en forma de percepciones sensoriales) fue declarada *sin sentido*.

Como ya hemos planteado, estas ideas llevan directamente al solipsismo la idea de que sólo "yo" existo. Si cierro los ojos, el mundo deja de existir. Mach atacó la idea de Newton de que tiempo y espacio son entidades absolutas y reales, pero lo hizo desde la posición del idealismo subjetivo. Increíblemente la escuela más influyente de la filosofía moderna (y la que ha tenido una mayor influencia sobre los científicos) se deriva del idealismo subjetivo de Mach y Avenarius.

La obsesión con "el observador" que es el hilo que recorre toda la física teórica del siglo XX se deriva de la filosofía del idealismo subjetivo de Ernst Mach. Tomando como punto de partida el argumento empírico de que "todo nuestro conocimiento se deriva de la percepción sensorial inmediata", Mach planteó que los objetos no pueden existir independientemente de nuestra consciencia. Llevado a su conclusión lógica, esto quiere decir, por ejemplo, que el mundo no podría haber existido antes de que hubiera gente presente para observarlo. De hecho no podría haber existido antes de que yo estuviese presente, ya que sólo puedo conocer mis propias sensaciones, y por lo tanto no puedo estar seguro de que exista otra consciencia.

Lo importante es que en un principio el propio Einstein fue impresionado por estos argumentos, que dejaron su marca en sus primeros escritos sobre la relatividad. Sin ninguna duda esto ha ejercido una influencia dañina sobre la ciencia moderna. Mientras que Einstein fue capaz de darse cuenta de su error e intentó corregirlo, los que han seguido servilmente a su maestro, han sido incapaces de separar la paja del grano. Como sucede a menudo los discípulos demasiado fervientes se convierten en dogmáticos. ¡Son más papistas que el Papa! En su autobiografía, Karl Popper demuestra claramente que en sus últimos años, Einstein se arrepintió de su idealismo subjetivo, u "operacionalismo", de sus primeros escritos que requería la presencia de un observador para determinar los procesos naturales:

"Es un hecho interesante el que el propio Einstein fue durante años un positivista y operacionalista dogmático. Más tarde rechazó esta interpretación: en 1950 me dijo que de todos los errores que había cometido del que más se lamentaba era de ese. El error asumía un forma realmente seria en su popular libro, *Relatividad: la teoría especial y general*. Allí dice 'pediría al lector que no siguiese adelante hasta estar convencido de este punto'. El punto es, brevemente, que se tiene que *definir* la simultaneidad y definirla de manera *operacional* y que de otra manera 'me permitiría estar decepcionado cuando me imagino que soy capaz de dar un significado a la afirmación de simultaneidad'. O en otras palabras, un término tiene que ser definido operacionalmente o si no *no tiene sentido*. (Aquí tenemos en pocas palabras el positivismo más tarde desarrollado por el Círculo de Viena bajo la influencia del *Tractatus* de Wittgenstein, y de una manera muy dogmática)".

Esto es importante porque demuestra que Einstein al final rechazó la interpretación subjetivista de la teoría de la relatividad. Todo las sandeces sobre "el observador" como factor determinante no eran una parte esencial de la teoría, sino meramente un reflejo de *un error filosófico* como Einstein confirmó francamente. Desgraciadamente, esto no impidió a los seguidores de Einstein basarse en ese error, y ampliarlo hasta el punto en que parecía ser uno de los pilares básicos de la relatividad. Aquí encontramos el auténtico origen del idealismo subjetivo de Heisenberg:

"Pero muchos físicos excelentes", continua Popper, "estaban enormemente impresionados por el operacionalismo de Einstein, que consideraban (como hizo el propio Einstein durante mucho tiempo) parte integrante de la relatividad. Y de esta manera fue como el operacionalismo se convirtió en la inspiración de la comunicación de Heisenberg de 1925, y de su sugerencia ampliamente aceptada de que el concepto del rastro del electrón, o de su clásica posición-cum-momentum, *no tenía sentido*".⁴⁴

El hecho de que el tiempo sea un fenómeno subjetivo, que refleja procesos reales en la naturaleza fue demostrado en primer lugar por las leyes de la termodinámica, elaboradas en el siglo XIX y que siguen jugando un papel fundamental en la física moderna. Estas leyes, especialmente tal y como las desarrollo Boltzmann, establecieron firmemente la idea no sólo de que el tiempo existe objetivamente, sino de que fluye en una sola dirección, del pasado al futuro. *No se le puede dar la vuelta al tiempo, ni tampoco depende de ningún observador*.

Boltzmann y el tiempo

La cuestión fundamental a la que hay que responder es: ¿Es el tiempo una característica objetiva del universo? ¿O es sólo algo puramente subjetivo, una ilusión de la mente, o simplemente una manera conveniente de describir cosas con las cuales no tiene ninguna relación? Esta última posición ha sido defendida, en mayor o menor grado, por toda una serie de escuelas de pensamiento, todas ellas estrechamente relacionadas con la filosofía del idealismo subjetivo. Mach, como hemos visto, introdujo este subjetivismo en la ciencia. El pionero de la ciencia de la termodinámica, Ludwig Boltzmann, le respondió decisivamente hacia finales del siglo XIX.

Einstein, bajo la influencia de Ernst Mach, trató el tiempo como algo subjetivo, que dependía del observador, por lo menos al principio, antes de darse cuenta de las dañinas consecuencias de este punto de vista. En 1905 en su comunicación sobre la teoría de la relatividad especial introdujo la noción de "tiempo local" asociado a cada observador separado. Aquí el concepto de tiempo contiene una idea tomada de la física clásica, la de que el tiempo es *reversible*. Esta es una noción bastante extraordinaria, y que contradice toda la experiencia. Los directores cinematográficos a veces recurren a un truco fotográfico en el que se pone a funcionar la cámara al revés, en el que

ocurren las cosas más sorprendentes: la leche que fluye del vaso a la botella, coches y autobuses que van al revés, huevos que vuelven a su cáscara, etc. Nuestra reacción a todo esto es reírnos, que es precisamente lo que se pretendía. Nos reímos porque lo que vemos no sólo es imposible sino también absurdo. Sabemos que los procesos que estamos viendo *no pueden* ser invertidos.

Boltzmann entendió esta idea, y el concepto de el tiempo irreversible reside en el centro de su famosa teoría de la flecha del tiempo. Las leyes de la termodinámica representaron una ruptura importante en la ciencia, pero fueron objeto de controversia. Estas leyes no se podían reconciliar con las leyes de la física existentes a finales del siglo XIX. La segunda ley no se podía derivar de las leyes de la mecánica, ni de la mecánica cuántica, y de hecho representó una ruptura decisiva con las teorías anteriores de ciencia física. Plantea que la entropía se incrementa en la dirección del futuro, no del pasado. Denota cambio de estado en el tiempo que es irreversible. La noción de una tendencia a la disipación chocaba con la idea aceptada de que la tarea esencial de la física era reducir la complejidad de la naturaleza a leyes simples de la moción.

La idea de entropía, que en general se entiende como la tendencia de las cosas hacia una mayor desorganización y decadencia con el paso del tiempo, apoya totalmente lo que la gente siempre ha pensado: que el tiempo existe objetivamente y que es un proceso en una sola dirección. Las dos leyes de la termodinámica implican la existencia de un fenómeno conocido como entropía que se conserva en todos los fenómenos irreversibles. Su definición se basa en otra propiedad conocida como energía disponible. La entropía de un sistema aislado puede permanecer constante o incrementar, pero no disminuir. Uno de los resultados de esto es la imposibilidad de una "máquina de moción perpetua".

Einstein consideraba la idea del tiempo irreversible como una ilusión que no tenía cabida en la física. En palabras de Max Planck la segunda ley de la termodinámica expresa la idea de que en la naturaleza existe una cantidad que cambia siempre en el mismo sentido en todos los procesos naturales. Esto no depende del observador, sino que es un proceso objetivo. Pero el punto de vista de Planck estaba en franca minoría. La inmensa mayoría de los científicos, como Einstein, lo atribuían a factores subjetivos. La posición de Einstein sobre esta cuestión demuestra una de las debilidades centrales de su punto de vista al hacer depender procesos objetivos de un "observador" no existente. Este sin duda era el punto más débil de toda su visión, y por esa razón, es la parte que ha sido más popular para sus sucesores, que no parecen darse cuenta del hecho de que el propio Einstein cambió de idea hacia el final de su vida.

En física y matemática, la expresión del tiempo es *reversible*. Una "variante reversible en el tiempo" implica que las mismas leyes de la física se aplican igualmente en ambas situaciones. El segundo acontecimiento es indistinguible del primero y el flujo del tiempo no tiene preferencia por ninguna dirección en el caso de interacciones fundamentales. Por ejemplo, un película en la que dos bolas de billar chocan se puede pasar hacia adelante o hacia atrás, sin dar ninguna idea de la secuencia de tiempo real del acontecimiento. Se asumió que lo mismo era cierto para las interacciones a nivel subatómico, pero en 1964 se encontraron pruebas de lo contrario en interacciones nucleares débiles. Durante mucho tiempo se pensó que las leyes fundamentales de la naturaleza eran "simétricas en carga". Por ejemplo un antiprotón y un positrón se comportan igual que un protón y un electrón. Los experimentos han demostrado que las leyes de la naturaleza son simétricas si se combinan las tres características básicas tiempo, carga y paridad. Esto se conoce como el "espejo CPT".

En dinámica, la dirección de una trayectoria dada es irrelevante. Por ejemplo una bola botando en el suelo volvería a su posición inicial. Por lo tanto cualquier sistema puede ir "hacia atrás en el tiempo", si todos los puntos implicados en él son invertidos. Todos los estados por los que ha pasado anteriormente simplemente se volverían a repetir. En la dinámica clásica, los cambios como la inversión del tiempo ($t \rightarrow -t$) y la inversión de la velocidad ($v \rightarrow -v$) simplemente son tratados como equivalentes matemáticos. Este tipo de cálculos funcionan bien en sistemas simples cerrados, en los que no hay interacciones. En realidad, sin embargo, todo sistema está sujeto a muchas interacciones. Uno de los problemas más importantes de la física es el problema de los "tres cuerpos", por ejemplo, la moción de la luna está influenciada por el sol y la tierra. En la dinámica clásica, un sistema cambia según una trayectoria que está dada de una vez por todas, de la que nunca se olvida el punto de partida. Las condiciones iniciales determinan la trayectoria en todo momento. Las trayectorias de la física clásica eran simples y determinísticas. Pero hay otras trayectorias que no son tan fáciles de trazar, por ejemplo, un péndulo rígido en el que un trastorno infinitesimal sería suficiente para que lo hiciese rotar u oscilar.

La importancia del trabajo de Boltzmann fue que estudió la física de los *procesos*, más que la física de las *cosas*. Su mayor logro fue demostrar como las propiedades de los átomos (masa, carga, estructura) determinan las propiedades visibles de la materia (viscosidad, conductividad térmica, difusión, etc.). Sus ideas fueron atacadas duramente durante su vida, pero reivindicadas por los descubrimientos de la física atómica poco después de 1900, y el descubrimiento de que los movimientos azarosos de las partículas microscópicas suspendidas en un fluido (la moción de Brown) sólo se podían explicar en términos de la mecánica estadística inventada por Boltzmann.

La curva en forma de campana de Gauss describe la moción azarosa de las moléculas en un gas. Un aumento de la temperatura lleva a un incremento de la velocidad media de las moléculas y la energía asociada a su moción. Mientras que Clausius y Maxwell estudiaron esta cuestión desde el punto de vista de las trayectorias de las moléculas *individuales*, Boltzmann consideró la *población* de moléculas. Sus ecuaciones cinéticas juegan un papel importante en la física de los gases. Fue un avance importante en la física de los procesos. Boltzmann fue un gran pionero que fue tratado como un loco por el *establishment* científico. Al final fue empujado al suicidio en 1906,

habiendo sido previamente obligado a retractarse de su intento de establecer el carácter irreversible del tiempo como una característica objetiva de la naturaleza.

Mientras que en la teoría de la mecánica clásica, los acontecimientos de la película descrita anteriormente son perfectamente posibles, *en la práctica*, no lo son. En la teoría de la dinámica, por ejemplo, tenemos un mundo ideal en el que cosas como la fricción y el choque no existen. En este mundo ideal, todas las variables implicadas en una moción dada están fijas al principio. No puede suceder nada que altere su curso. De esta manera llegamos a un punto de vista totalmente estático del universo, en el que todo se reduce a ecuaciones lineales uniformes. A pesar de los avances revolucionarios que la teoría de la relatividad posibilitó, Einstein, en el fondo, permaneció atado a la idea de un universo estático y armonioso lo mismo que Newton.

Las ecuaciones de la moción de Newton o para el caso las de la mecánica cuántica no llevan incluida la irreversibilidad. Es posible pasar la película adelante o atrás. Pero eso no es cierto en la naturaleza en general. La segunda ley de la termodinámica predice una tendencia irreversible hacia el desorden. Plantea que la desorganización siempre se incrementa con el paso del tiempo. Hasta hace poco se pensaba que las leyes fundamentales de la naturaleza eran simétricas en el tiempo. El tiempo es asimétrico y se mueve en una sola dirección, del pasado hacia el futuro. Podemos ver fósiles, huellas digitales, fotografías, o escuchar grabaciones de cosas del pasado, pero nunca del futuro. Batir los huevos para hacer una tortilla o añadir azúcar y leche a una taza de café es relativamente fácil, pero no darles la vuelta a estos procesos. El agua del baño transmite su calor al aire que la rodea, pero no viceversa.

La segunda ley de la termodinámica es la "flecha del tiempo". Los subjetivistas plantearon que procesos irreversibles como la afinidad química, la conducción de calor, la viscosidad, etc., dependerían del "observador". En realidad, son procesos *objetivos*, que tienen lugar en la naturaleza, y esto está claro para todo el mundo en relación a la vida y la muerte. Un péndulo (por lo menos en un estado ideal) puede volver a su posición inicial. Pero todo el mundo sabe que la vida de cada uno sólo se mueve en una dirección, de la cuna a la tumba. Es un *proceso irreversible*. Ilya Prigogine, uno de los principales teóricos de la teoría del caos, ha prestado mucha atención a la cuestión del tiempo. Cuando empezó a estudiar física en Bruselas, Prigogine recuerda que "estaba sorprendido por el hecho de que la ciencia tuviese tan poco a decir respecto al tiempo, especialmente en la medida en que su educación anterior se había centrado principalmente alrededor de la historia y la arqueología". En relación al conflicto entre la mecánica clásica (dinámica) y la termodinámica, Prigogine y Stengers escriben:

"Hasta cierto punto, existe una analogía entre este conflicto, y el que dio lugar al materialismo dialéctico. Hemos descrito una naturaleza que podría ser llamada "histórica", es decir, capaz de desarrollo e innovación. La idea de una historia de la naturaleza como una parte integral del materialismo fue planteada por Marx y, más detalladamente, por Engels. Los desarrollos contemporáneos en física, el descubrimiento del papel constructivo que juega la irreversibilidad, han planteado en las ciencias naturales una cuestión que los materialistas han planteado durante largo tiempo. Para ellos, la comprensión de la naturaleza significa comprenderla como capaz de producir al hombre y sus sociedades.

"Es más, en el momento en que Engels escribió la *Dialéctica de la naturaleza*, las ciencias físicas parecían haber rechazado el punto de vista mecánico del mundo y haberse acercado a la idea de un desarrollo histórico de la naturaleza. Engels menciona tres descubrimientos fundamentales: la energía y las leyes que rigen sus transformaciones cualitativas, la célula como componente básico de la vida, y el descubrimiento de Darwin de la evolución de las especies. Engels llegó a la conclusión de que la visión mecánica del mundo había muerto".

Contra la interpretación subjetiva del tiempo, los autores concluyen: "El tiempo fluye en una sola dirección, del pasado al futuro. No podemos manipular el tiempo, no podemos viajar al pasado".⁴⁵

Relatividad y agujeros negros

El punto de vista de Einstein, a diferencia del de Newton, es que la gravedad afecta al tiempo porque afecta a la luz. Si nos podemos imaginar una partícula de luz en equilibrio al borde de un agujero negro, se quedaría suspendida indefinidamente, sin avanzar ni retroceder, sin perder ni ganar energía. En un estado como este, es posible argumentar que "el tiempo se detiene". Este es el argumento de los relativistas que proponen el agujero negro y sus propiedades. Esto se reduce a la idea de que si cesara toda la moción, entonces tampoco existiría el cambio de estado o de posición, y por lo tanto no habría tiempo en ningún sentido comprensible de la palabra. Una situación de este tipo supuestamente existe al borde de un agujero negro. Sin embargo esto parece una interpretación altamente especulativa y mística de un fenómeno, la existencia del cual, en sí misma, no está demostrada.

Toda la materia existe en un estado constante de moción y cambio, y por lo tanto, todo lo que se ha dicho aquí es que si la materia y la moción se eliminan, tampoco existe el tiempo, lo que es una completa tautología. Es lo mismo que decir: si no hay materia, no hay materia, o si no hay tiempo, no hay tiempo. Porque ambas afirmaciones significan precisamente lo mismo. Lo que es bastante extraño es que en la teoría de la relatividad no se puede encontrar una definición de lo que son el tiempo y el espacio. Einstein ciertamente se encontró con que eran difíciles de explicar. Sin embargo se acercó bastante cuando explicó la diferencia entre su geometría y la geometría clásica euclidiana. Dijo que nos podríamos imaginar un universo en el que el espacio no estuviese curvado, pero que estaría completamente desprovisto de materia. Esto claramente apunta en la dirección correcta. Después de todo el alboroto en relación a los agujeros negros es sorprendente ver como este asunto ni siquiera fue mencionado por Einstein. Se basó en un método riguroso, principalmente basado en matemáticas muy complejas, e hizo predicciones que podían

ser verificadas mediante la observación y el experimento. La física de los agujeros negros, ante la ausencia de datos empíricos claramente establecidos tiene un carácter extremadamente especulativo.

A pesar de sus Éxitos, todavía existe la posibilidad que la teoría general de la relatividad sea incorrecta. A diferencia de la teoría de la relatividad especial, no se han hecho muchas pruebas experimentales. No existen pruebas concluyentes, a pesar de que hasta el momento no ha entrado en contradicción con los hechos observados. Incluso no está descartado que en el futuro se demuestre que la afirmación de la relatividad especial de que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, sea falsa.*

Se han planteado teorías alternativas a la de la relatividad, por ejemplo la de Robert Dicke. La teoría de Dicke predice una deflexión de la órbita de la luna de varios metros hacia el sol. Utilizando tecnología láser bastante avanzada, el observatorio McDonald en Tejas no encontró ningún rastro de este desplazamiento. Pero no hay razón para pensar que ya se ha dicho la última palabra. Hasta ahora las teorías de Einstein han sido demostradas por diferentes experimentos. Pero la prueba constante de condiciones extremas más pronto o más tarde revelará un conjunto de condiciones no cubiertas por las ecuaciones, preparando el camino para nuevos descubrimientos que marquen una nueva Época. La teoría de la relatividad no puede ser el final de la línea, como no lo fueron la mecánica newtoniana, la teoría del electromagnetismo de Maxwell, ni ninguna teoría anterior.

Durante doscientos años, las teorías de Newton se tuvieron por absolutamente válidas. Su autoridad no se podía desafiar. Después de su muerte, Laplace y otros llevaron esas teorías hasta un extremo en que se convirtieron en absurdas. La ruptura radical con los viejos Absolutos mecanicistas era una condición necesaria para el avance de la física en el siglo XX. La nueva física estaba orgullosa de haber matado el ogro de lo Absoluto. De repente el pensamiento era libre de ir a reinos de los que hasta entonces no se había oído hablar. ¡Que tiempos aquellos! Sin embargo tanta felicidad no podía durar para siempre. En las palabras de Robert Burns:

"Pero los placeres son como amapolas:
agarras la flor, y se caen los pétalos".

La nueva física resolvió muchos problemas, pero sólo a costa de crear nuevas contradicciones, muchas de las cuales siguen sin resolverse hasta nuestros días. Durante la mayor parte del siglo, la física ha estado dominada por dos teorías imponentes: la relatividad y la mecánica cuántica. Lo que en general no se comprende es que estas dos teorías están en desacuerdo. De hecho son incompatibles. La teoría general de la relatividad no tiene en cuenta para nada el principio de incertidumbre. Einstein pasó la mayor parte de los últimos años de su vida intentando resolver esta contradicción pero no lo consiguió.

La teoría de la relatividad fue una gran teoría revolucionaria. También lo fue la mecánica newtoniana en su día. Sin embargo el destino de todas estas teorías es convertirse en ortodoxias, sufrir una especie de endurecimiento en las arterias, hasta que ya no son capaces de contestar las preguntas que surgen de la marcha de la ciencia. Durante mucho tiempo, los físicos teóricos se han contentado con basarse en los descubrimientos de Einstein, de la misma manera que la generación anterior se contentaba con poner toda su confianza en Newton. Y de la misma manera, son culpables de la pérdida de reputación de la relatividad general por leer en ella las nociones más absurdas y fantásticas, con las que su autor nunca había soñado.

Singularidades, agujeros negros en los que el tiempo se detiene, multiversos, un tiempo antes de que empiece el tiempo, sobre el que no se deben hacer preguntas, ¡Einstein se debe de estar revolviendo en su tumba! Todo esto se supone que se deduce de la relatividad general, y cualquiera que plantee la más mínima duda se enfrenta inmediatamente con la autoridad del gran Einstein. Esto no es mucho mejor que la situación que existía antes de la relatividad, cuando se utilizaba la autoridad de Newton en defensa de la ortodoxia existente. La única diferencia es que las nociones fantásticas de Laplace parecen extremadamente sensatas si las comparamos con la maraña incomprensible que escriben algunos físicos hoy en día. No se puede responsabilizar a Einstein, incluso menos que a Newton, por que a sus sucesores les guste tanto irse por las ramas, llegando a la *reductio ad absurdum* de la teoría original.

Estas especulaciones arbitrarias y sin sentido son la mejor prueba de la necesidad de una revisión profunda del marco filosófico de la física moderna. Porque aquí el problema es de método. No solamente se trata de que no sean capaces de dar respuestas. El problema es que ni siquiera saben cómo hacerse las preguntas correctas. Esta es una cuestión filosófica más que científica. Si todo es posible, entonces una teoría arbitraria (o más correctamente una suposición) es tan correcta como la siguiente. Se ha llevado todo el sistema hasta el borde de un punto de ruptura. Y para encubrir este hecho recurren a un tipo de lenguaje místico, en el que la oscuridad de la expresión no puede disfrazar la falta total de cualquier contenido real.

Esta situación es claramente intolerable, y ha llevado a un sector de científicos a empezar a cuestionarse las afirmaciones básicas sobre las que está funcionando la ciencia. Las investigaciones de David Bohm sobre la teoría de la mecánica cuántica, la nueva interpretación de Ilya Prigogine de la segunda ley de la termodinámica, el intento de Hannes Alfvén de desarrollar una alternativa a la astronomía ortodoxa del big bang, y sobretudo, el auge espectacular de la teoría del caos y la complejidad todo esto indica la existencia de un fermento en la ciencia. Aunque es demasiado temprano para predecir el resultado de todo esto, parece lo más probable que estemos entrando en uno de esos períodos emocionantes en la historia de la ciencia, en los que surge un punto de vista totalmente nuevo.

Todo parece indicar que en un momento dado las teorías de Einstein serán sobrepasadas por una teoría más amplia que, conservando todo lo que sea viable en la relatividad, la corregirá y ampliará. En el proceso llegaremos ciertamente a una comprensión más equilibrada y verdadera de las cuestiones relacionadas con la naturaleza de tiempo, espacio y causalidad. Esto no significa una vuelta a la vieja física mecanicista, de la misma manera que el hecho de que ahora podamos conseguir la transformación de los elementos no significa una vuelta a las ideas de la alquimia. Como hemos visto, la historia de la ciencia muchas veces implica un retorno aparente a posiciones anteriores, pero a un nivel cualitativamente superior.

Una cosa sí podemos predecir con absoluta confianza: cuando finalmente surja la nueva física de entre el caos actual no habrá lugar para los viajes en el tiempo, multiversos, o singularidades que comprendan todo el universo en un sólo punto, sobre el que no se pueden hacer preguntas. Desgraciadamente esto hará mucho más difícil ganar grandes premios en dinero por dar credenciales científicas al Todopoderoso, un hecho que será de lamentar para algunos, pero que a largo plazo puede no ser una cosa negativa para el progreso de la ciencia.

8. La flecha del tiempo

La segunda ley de la termodinámica

"Así es como termina el mundo,
no con un estallido sino con un lloriqueo".
(T. S. Elliot)

La termodinámica es la rama de la física teórica que trata de las leyes de la moción del calor, y de la conversión del calor en otros tipos de energía. La palabra proviene de las palabras griegas *therme* ("calor") y *dynamis* ("fuerza"). Se basa en dos principios originalmente deducidos de experimentos, pero que ahora se consideran axiomas. El primer principio es la ley de la conservación de la energía que asume la forma de la ley de la equivalencia de calor y trabajo. El segundo principio plantea que el calor no puede pasar de un cuerpo más frío a un cuerpo más caliente sin cambios en ningún otro cuerpo.

La ciencia de la termodinámica fue un producto de la revolución industrial. A principios del siglo XIX se descubrió que la energía se puede transformar de diferentes maneras, pero en ningún caso se puede crear ni destruir. Esta es la primera ley de la termodinámica una de las leyes fundamentales de la física. En 1850, Robert Clausius descubrió la segunda ley de la termodinámica, que plantea que la entropía (es decir, la ratio de la energía de un cuerpo en relación a su temperatura) siempre se incrementa en cualquier transformación de energía, por ejemplo en una máquina de vapor.

En general se interpreta la entropía como una tendencia general a la desorganización. Toda familia sabe que una casa, sin una intervención consciente, tiende a pasar de un estado de orden al desorden, especialmente si hay niños. El hierro se oxida, la madera se pudre, la carne se pone mala, se enfría el agua del baño. En otras palabras, parece haber una tendencia general a la decadencia. Según la segunda ley de la termodinámica, los átomos, sin ninguna intervención externa, se mezclarán y desordenarán entre ellos tanto como sea posible. Las cosas se oxidan debido a que los átomos del hierro tienden a mezclarse con oxígeno del aire que les rodea para formar óxido de hierro. Las moléculas de movimiento rápido de la superficie del agua del baño chocan con las partículas de movimiento más lento del aire frío y les transfieren su energía.

Esta es una ley limitada, que no se aplica a sistemas compuestos de un pequeño número de partículas (microsistemas) o a sistemas con un número infinito de partículas (el universo). Sin embargo se han hecho repetidos intentos de extender su aplicación más allá de su esfera apropiada, llevando a todo tipo de conclusiones filosóficas falsas. A mitad del siglo pasado, R. Clausius y W. Thomson, los autores de la segunda ley de la termodinámica, intentaron aplicar la segunda ley al universo en su conjunto, y llegaron a una teoría completamente falsa, conocida como la teoría de la "muerte térmica" del final del universo.

Esta ley fue redefinida en 1877 por Ludwig Boltzmann, que intentó deducir la segunda ley de la termodinámica de la teoría atómica de la materia, que por aquel entonces estaba ganando terreno. En la versión de Boltzmann, la entropía aparece como una función de la probabilidad más que como un estado dado de la materia: cuanto más probable sea el estado, mayor es la entropía. En esta versión todos los sistemas tienden a un estado de equilibrio (un estado en el que no hay flujo de energía neto). Por lo tanto, si un objeto caliente está situado al lado de otro objeto frío, la energía (el calor) fluirá del caliente al frío hasta que lleguen a un equilibrio, es decir, que ambos tengan la misma temperatura.

Boltzmann fue el primero en estudiar los problemas de la transición del nivel microscópico (pequeña escala) al nivel macroscópico (gran escala) en la física. Intentó reconciliar las nuevas teorías de la termodinámica con la física clásica de las trayectorias. Siguiendo el ejemplo de Maxwell, intentó resolver los problemas a través de la teoría de la probabilidad. Esto representó una ruptura radical con los viejos métodos newtonianos mecanicistas. Boltzmann se dio cuenta de que el aumento irreversible en la entropía podía ser visto como una expresión de un creciente desorden molecular. Su principio de orden implica que el estado más probable a disposición de un sistema es aquel

en el que una multiplicidad de acontecimientos que tienen lugar simultáneamente en un sistema se anulan los unos a los otros estadísticamente. Mientras que las moléculas se pueden mover al azar, como media, en un momento dado, habrá igual número de moléculas moviéndose en una dirección que en la otra.

Existe una contradicción entre energía y entropía. El equilibrio inestable entre las dos está determinado por la temperatura. A bajas temperaturas, la energía domina y podemos observar el surgimiento de estados ordenados (entropía débil) y baja energía, como en los cristales, en los que las moléculas están atadas a cierta posición en relación a otras moléculas. Sin embargo, a altas temperaturas, la entropía prevalece y se expresa a través del desorden molecular. La estructura del cristal se rompe y tenemos la transición a un estado primero líquido y después gaseoso.

La segunda ley dice que la entropía de un sistema aislado siempre aumenta, y que cuando se unen dos sistemas, la entropía del sistema combinado es mayor que la suma de las entropías de los sistemas individuales. Sin embargo, la segunda ley de la termodinámica no es como otras leyes de la física, como la ley de la gravedad de Newton, precisamente porque no se puede aplicar en todas las circunstancias. La segunda ley de la termodinámica, deducida inicialmente de una esfera concreta de la mecánica clásica, está limitada por el hecho de que Boltzmann no tuvo en cuenta fuerzas como el electromagnetismo o incluso la gravedad, teniendo en cuenta solamente colisiones atómicas. Esto nos da una visión tan restringida de los procesos físicos que no se puede considerar de aplicación general, aunque se aplica a sistemas limitados como calentadores. La segunda ley no es cierta en todas las circunstancias. Por ejemplo la moción de Brown la contradice. Como ley general del universo en su forma clásica, simplemente no es cierta.

Se ha planteado que la segunda ley implica que el universo en su conjunto debe tender hacia un estado de entropía. Por analogía con un sistema cerrado, todo el universo tendría que acabar en un estado de equilibrio con la misma temperatura en todas partes. Las estrellas se quedarían sin combustible. Toda la vida cesaría. El universo se iría diluyendo en una extensión amorfa de la nada. Sufiría una "muerte térmica". Esta visión sombría del universo está en contradicción abierta con todo lo que sabemos de su evolución pasado, o de lo que podemos observar en el presente. La misma noción de que la materia tiende a algún estado de equilibrio absoluto va en contra de la propia naturaleza. Es una visión abstracta y sin vida del universo. Actualmente el universo está lejos de estar en ningún tipo de equilibrio, y tampoco existe el más mínimo indicio de que un estado de este tipo haya existido nunca en el pasado o vaya a existir en el futuro. Es más, si la tendencia hacia el aumento de la entropía es permanente y lineal, no está claro porque el universo no ha acabado hace ya tiempo reducido a una sopa tibia de partículas indiferenciadas.

Este es otro ejemplo de lo que sucede cuando se intenta llevar teorías científicas más allá de los límites en los que tienen una aplicación comprobada. Las limitaciones de los principios de la termodinámica ya se demostraron en el siglo pasado en una polémica entre Lord Kelvin, el famoso físico inglés, y los geólogos en relación a la edad de la tierra. Las predicciones de Lord Kelvin sobre la base de la termodinámica iban en contra de todo lo que se conocía de evolución biológica y geológica. La teoría planteaba que la tierra debía de haber estado fundida hace tan solo 20 millones de años. Una enorme acumulación de pruebas demostró que los geólogos estaban en lo cierto y Lord Kelvin no.

En 1928, Sir James Jean, el científico e idealista inglés, recuperó los viejos argumentos sobre la "muerte térmica" del universo añadiendo elementos tomados de la teoría de la relatividad de Einstein. En la medida en que materia y energía son equivalentes planteó que el universo tendría que acabar con una conversión completa de materia en energía. "La segunda ley de la termodinámica", profetizó sobriamente, "empuja a los materiales en el universo (sic) a moverse siempre en la misma dirección por el mismo camino que acaba solamente en muerte y aniquilación".⁴⁶

Más recientemente se han planteado escenarios igualmente pesimistas. En palabras de un libro publicado recientemente:

"Por lo tanto el universo del futuro muy lejano sería una sopa inconcebiblemente diluida de fotones, neutrinos, y un número cada vez más pequeño de electrones y positrones, todos ellos separándose lentamente entre si. Por lo que sabemos, nunca más sucederían procesos físicos básicos. No tendría lugar ningún acontecimiento significativo que interrumpiese la sombría esterilidad de un universo que ya ha recorrido su camino y sin embargo se enfrenta a la vida eterna quizás muerte eterna sería la mejor descripción.

"Esta imagen lúgubre, oscura, fría, informe, que casi se acerca a la nada es lo más cerca que llega la cosmología moderna a la "muerte térmica" de la física del siglo XIX".⁴⁷

¿Qué conclusión hay que sacar de todo esto? Si toda la vida, y de hecho toda la materia, no sólo en la tierra, sino en todo el universo, está condenada, ¿porque preocuparnos por nada? La extensión injustificada de la segunda ley más allá de sus límites de aplicación da lugar a todo tipo de conclusiones filosóficas falsas y nihilistas. De esta manera, Bertrand Russell escribió las siguientes líneas en *Porqué no soy cristiano*:

"Todos los trabajos de las siglos, toda la devoción, toda la inspiración, todo el brillo del mediodía del genio humano, están destinados a la extinción en la amplia muerte del sistema solar, y el templo completo de los logros del hombre debe quedar inevitablemente sepultado bajo los escombros de un universo en ruinas, todas estas cosas, si no están más allá de toda discusión, por lo menos son tan prácticamente ciertas que ninguna filosofía que las rechace puede esperar mantenerse. Sólo dentro del andamiaje de estas verdades, sólo sobre los firmes fundamentos de esta terca desesperación, puede de aquí en adelante construirse seguramente el habitáculo del alma".⁴⁸

Orden en el Caos

En los últimos años la interpretación pesimista de la segunda ley ha sido desafiada por una teoría totalmente nueva. El premio Nóbel belga Ilya Prigogine y sus colaboradores han abierto el terreno a una interpretación radicalmente diferente de las teorías clásicas de la termodinámica. Existen ciertos paralelismos entre las teorías de Boltzmann y las de Darwin. En ambas, un gran número de *fluctuaciones casuales* conducen a un punto de *cambio irreversible*, en un caso en la forma de evolución biológica, en el otro en la de la disipación de la energía, y la evolución hacia el desorden. En termodinámica, el tiempo implica degradación y muerte. Y surge la pregunta de dónde encaja en esto el fenómeno de la vida con su tendencia inherente hacia la organización y complejidad creciente.

La ley afirma que las cosas, dejadas a sí solas, tienden a un incremento de la entropía. En los años 60, Ilya Prigogine y otros se dieron cuenta de que en el mundo real átomos y moléculas casi nunca están "dejados a sí solos". Todas las cosas afectan a todas las cosas. átomos y moléculas están casi siempre expuestos al flujo de energía y material del exterior, que si es suficientemente fuerte puede dar la vuelta parcialmente al proceso aparentemente inexorable de desorden planteado en la segunda ley de la termodinámica. De hecho, la naturaleza demuestra en muchos casos no sólo desorganización y decadencia, sino también el proceso opuesto: crecimiento y auto organización espontáneas. La madera se pudre, pero también crecen los árboles. Según Prigogine, las estructuras que se organizan por sí mismas se encuentran en todas partes en la naturaleza. De igual manera, M. Waldrop llega a la conclusión:

"Un láser es un sistema que se auto-organiza en el que las partículas de luz, fotones, pueden agruparse espontáneamente en un sólo haz potente que tiene a todos los fotones moviéndose prietas las filas. Un huracán es un sistema que se auto-organiza fortalecido por la corriente constante de energía que viene del sol, que dirige los vientos y saca el agua de la lluvia de los océanos. Una célula viva aunque mucho más complicada de analizar matemáticamente es un sistema que se auto-organiza que sobrevive tomando energía en forma de comida y excretando energía en forma de calor y desperdicios".⁴⁹

En todas partes en la naturaleza observamos modelos de comportamiento. Algunos son ordenados y otros desordenados. Hay decadencia pero también hay crecimiento. Hay vida pero también hay muerte. De hecho estas tendencias contrapuestas van unidas. Son inseparables. La segunda ley asegura que todo en la naturaleza tiene un billete sólo de ida hacia el desorden y la decadencia. Sin embargo esto no cuadra con los modelos generales que podemos observar en la naturaleza. El propio concepto de "entropía", fuera de los límites estrictos de la termodinámica, es un concepto problemático.

"Los físicos reflexivos, a quienes interesa la acción de la termodinámica, se dan cuenta de cuán inquietante es la cuestión, como dijo uno de ellos, 'de cómo una corriente de energía, falta de propósito determinado, aporta vida y consciencia al mundo'. Forma parte del desconcierto la resbaladiza noción de la entropía, razonablemente bien definida con fines termodinámicos en términos de calor y temperatura, pero inverosímilmente ardua cuando hay que utilizarla como medida del *desorden*. Los físicos topan con sobradas dificultades en su deseo de medir el grado de orden en el agua, que compone estructuras cristalinas durante su transición al hielo, mientras la energía se disipa de modo incesante. La entropía termodinámica fracasa lamentablemente como medida del grado mutable de forma y de falta de ella en la creación de los aminoácidos, microorganismos, plantas y animales autorreproductores, y sistemas complejos de información, como el cerebro. Desde luego, esos islotes productores de orden han de obedecer a la segunda ley. Las leyes más importantes, las creadoras, se hallan en otra parte".⁵⁰

El proceso de fusión nuclear es un ejemplo, no de decadencia, sino de construcción del universo. Esto ya fue planteado en 1931 por H. T. Poggio, que advirtió a los profetas del pesimismo termodinámico contra los intentos injustificados de extrapolar una ley, que se aplica en ciertas situaciones limitadas en la tierra, a todo el universo. "No estemos tan seguros de que el universo es como un reloj que siempre se va distendiendo. Puede haber una manera de darle cuerda".⁵¹

La segunda ley contiene dos elementos fundamentales: uno negativo y otro positivo. El primero plantea que ciertos procesos son imposibles (por ejemplo que el calor fluye de una fuente caliente a una fría, nunca al revés), y el segundo (que se deduce del primero) plantea que la entropía es una característica inevitable de todos los sistemas aislados. En un sistema aislado todas las situaciones de no equilibrio provocan evolución hacia el mismo tipo de estado de equilibrio. La termodinámica tradicional ve en la entropía solamente un movimiento hacia el desorden. Esto, sin embargo, se refiere *sólo a sistemas simples aislados* (por ejemplo una máquina de vapor). La nueva interpretación que hace Prigogine de las teorías de Boltzmann es mucho más amplia, radicalmente diferente.

Las reacciones químicas se producen como resultado de colisiones entre moléculas. Normalmente, la colisión no provoca un cambio de estado, las moléculas simplemente intercambian energía. Pero en algunos casos una colisión produce un cambio en las moléculas implicadas (una "colisión reactiva"). Estas reacciones se pueden acelerar con la utilización de catalizadores. En un organismo vivo estos catalizadores son proteínas específicas llamadas enzimas. Lo más probable es que este proceso jugase un papel decisivo en el surgimiento de la vida en la tierra. Los movimientos aparentemente caóticos y casuales de las moléculas, en un momento dado llegan a un punto crítico en el que la cantidad repentinamente se transforma en calidad. Y esta es una propiedad esencial de todas las formas de materia, no sólo orgánica sino también inorgánica.

"Sorprendentemente la percepción de tiempo orientado aumenta a medida en que aumenta el nivel de organización biológica y probablemente llega a su punto máximo en la conciencia humana".⁵²

Todo organismo viviente combina orden y actividad. En contraste un cristal en un estado de equilibrio está estructurado, pero inerte. En la naturaleza el equilibrio no es normal sino, citando a Prigogine "un estado raro y precario". El *no equilibrio* es la norma. En sistemas simples aislados, como un cristal, se puede mantener el equilibrio durante mucho tiempo, incluso indefinidamente. Pero las cosas cambian cuando se trata de procesos complejos como seres vivos. No se puede mantener a una célula viviente en estado de equilibrio, o se morirá. Los procesos que rigen el surgimiento de la vida no son sencillos y lineales, sino dialécticos, implicando saltos repentinos en los que la cantidad se transforma en calidad.

Las reacciones químicas "clásicas" son vistas como procesos muy arbitrarios. Las moléculas implicadas están distribuidas de manera constante en el espacio y su extensión está distribuida "normalmente", es decir en una curva de Gauss. Este tipo de reacciones encajan con la concepción de Boltzmann en la medida en que todos los pasos de la cadena irán desapareciendo y la reacción acabará en una reacción estable, un equilibrio inmóvil. Sin embargo, en las últimas décadas se han descubierto reacciones químicas que se desvían de este concepto ideal y simplificado. Son conocidas con el nombre común de "relojes químicos". Los ejemplos más famosos son el de la reacción de Belousov-Zhabotinsky, y el modelo de Bruselas ideado por Ilya Prigogine.

La termodinámica lineal describe el comportamiento estable y predecible de sistemas que tienden hacia el mínimo nivel de actividad posible. Sin embargo, cuando las fuerzas termodinámicas que actúan en un sistema llegan al punto en que sobrepasan la región lineal, ya no se puede seguir asumiendo la estabilidad. Surgen turbulencias. Durante mucho tiempo se consideró la turbulencia como sinónimo de desorden y caos. Pero ahora se ha descubierto que lo que parece ser simplemente desorden caótico a nivel macroscópico (a gran escala), de hecho está altamente organizado a nivel microscópico (a pequeña escala).

Hoy en día, el estudio de las inestabilidades químicas se ha convertido en una cosa común. Especialmente interesantes son la investigaciones que se han hecho en Bruselas bajo la dirección de Ilya Prigogine. El estudio de lo que sucede más allá del punto crítico en el que empieza la inestabilidad química tiene un enorme interés desde el punto de vista de la dialéctica. El fenómeno del "reloj químico" es especialmente importante. El modelo de Bruselas (llamado el "bruselator" por los científicos americanos) describe el comportamiento de las moléculas de gas. Supongamos que hay dos tipos de moléculas, "rojas" y "azules", en un estado caótico, en movimiento completamente al azar. Se podría suponer que, llegados a un momento dado, se daría una distribución irregular de moléculas, produciendo un color "violeta", con destellos ocasionales de rojo o azul. Pero en un reloj químico, esto no sucede más allá del punto crítico. El sistema es todo azul, después todo rojo, y estos cambios se producen a intervalos regulares.

"Tal grado de orden surgiendo de la actividad de miles de millones de moléculas parece increíble", dicen Prigogine y Stengers, "y de hecho, sino se hubiesen observado relojes químicos, nadie creería que un proceso de ese tipo fuese posible. Para cambiar de color todas al mismo tiempo, las moléculas deben de tener una manera de 'comunicarse'. El sistema tiene que actuar como un todo. Volveremos repetidamente a esta palabra clave, comunicar, que tiene una importancia evidente en tantos campos, de la química a la neurofisiología. Estructuras disipativas introducen probablemente uno de los mecanismos físicos más simples de comunicación".

El fenómeno del reloj químico demuestra como en la naturaleza *el orden surge espontáneamente del caos* en un punto determinado. Esta es una observación importante, especialmente en relación a la manera en que la vida surge de la materia inorgánica.

"El orden a través de modelos fluctuantes introduce un mundo inestable en el que pequeñas causas pueden tener grandes efectos, pero este mundo no es arbitrario. Por el contrario, las causas de la amplificación de un pequeño acontecimiento son un tema legítimo para la investigación racional".

En la teoría clásica las reacciones químicas se producen de manera estadísticamente ordenada. Normalmente hay una concentración media de moléculas, con una distribución regular. Sin embargo, en realidad, parece como si se pudieran *organizar* concentraciones locales *por sí mismas*. Este resultado es totalmente inesperado desde el punto de vista de la teoría tradicional. Estos puntos focales de lo que Prigogine llama "auto organización" pueden consolidarse hasta el punto que afectan todo el sistema en su conjunto. Lo que antes se creía que era un fenómeno marginal resulta ser totalmente decisivo. El punto de vista tradicional era considerar los procesos irreversibles como una molestia, provocada por la fricción u otras fuentes de calor perdidas en máquinas. Pero la situación ha cambiado. Sin procesos irreversibles la vida no sería posible. La vieja idea de la irreversibilidad como un fenómeno *subjetivo* (resultado de la ignorancia) está siendo seriamente cuestionada. Según Prigogine, la irreversibilidad existe a todos los niveles, tanto microscópicos como macroscópicos. Para Él, la segunda ley lleva a *un nuevo concepto de la materia*. En un estado de no equilibrio *surge el orden*. "El no-equilibrio provoca orden en el caos".⁵³

9. El big bang

Cosmología

Para mucha gente, no acostumbrada al pensamiento dialéctico, la noción de infinito es un concepto difícil de aceptar. Está tan lejos del mundo cotidiano de objetos finitos, en el que todas las cosas tienen un principio y un final, que parece extraño e incomprensible. Además, está muy alejado de las enseñanzas de las principales religiones del

mundo. La mayoría de las religiones antiguas tienen su Mito de la Creación. Los estudiosos judíos en la edad media colocaron la fecha de la creación en el 3760 a. de J. C., y de hecho el calendario judío empieza a contar a partir de ese punto. En 1658, el obispo Ussher llegó a la conclusión de que el universo había sido creado en el 4004 a. de J. C. Durante todo el siglo XVIII se consideraba que el universo tenía, a lo sumo, seis o siete mil años de existencia.

Pero, podría decir alguien, la ciencia del siglo XX no tiene nada que ver con todos estos mitos de la creación. Con los métodos modernos podemos tener una idea exacta del tamaño y los orígenes del universo. Desgraciadamente las cosas no son tan sencillas. En primer lugar, a pesar de los enormes avances nuestro conocimiento del universo observable está limitado por la potencia de los telescopios, radio señales y sondas espaciales que nos proveen la información. En segundo lugar y más seriamente, estos resultados y observaciones se interpretan de manera altamente especulativa, bordeando frecuentemente el mero misticismo. Muy a menudo uno tiene la impresión de haber regresado, en realidad, al mundo del mito de la creación (el "big bang" o gran explosión), junto con su compañero inseparable, el día del juicio final (el "big crunch" o gran crujido).

Gradualmente, empezando por la invención del telescopio, el avance de la tecnología ha ido desplazando los límites del universo cada vez más allá. Las esferas de cristal que habían restringido las mentes de los hombres desde los tiempos de Aristóteles y Ptolomeo fueron finalmente destruidas, junto con las demás barreras que los prejuicios religiosos de la Edad Media habían levantado en el camino del progreso.

En 1775, Kant postuló la existencia de colecciones de estrellas distantes, a las que llamó "islas universos". Tan tarde como en 1924 se pensaba que el universo sólo tenía 200.000 años luz de diámetro y estaba formado solamente por tres galaxias ó la nuestra y dos vecinas. Entonces el astrónomo norteamericano, Edwin Powell Hubble, utilizando el nuevo telescopio de 100 pulgadas del monte Wilson, demostró que la nebulosa de Andrómeda estaba muy alejada de nuestra propia galaxia. Más adelante se descubrieron otras galaxias todavía mucho más lejos. La hipótesis de Kant de "islas universos" demostró ser correcta. Así, el universo se "expandió" $\frac{3}{4}$ en las mentes de hombres y mujeres $\frac{3}{4}$ muy rápidamente, y ha seguido expandiéndose desde entonces en la medida en que se han ido descubriendo objetos más y más lejanos. En lugar de 200.000 años luz, ahora se piensa que mide decenas de miles de millones de años luz, y el tiempo demostrará que los cálculos actuales se quedan bastante cortos. Porque el universo, como ya pensaron Nicolás de Cusa y otros, es infinito. Antes de la Segunda Guerra Mundial se pensaba que la edad de universo era de sólo dos mil millones de años. Ligeramente mejor que los cálculos del obispo Ussher. Pero totalmente equivocado. Actualmente hay una polémica enorme entre los seguidores de la teoría del big bang sobre la supuesta edad del universo. Volveremos a esto más adelante.

La teoría del big bang realmente, es un mito de la creación (al igual que el primer libro del *Génesis*). Plantea que el universo apareció hace 15 mil millones de años. Antes de eso, según esta teoría, no existía universo, ni materia, ni espacio, ni, con vuestro permiso, tiempo. En ese momento, toda la materia del universo supuestamente estaba concentrada en un solo punto. Entonces, este punto invisible, conocido por los aficionados al big bang como *singularidad*, explotó, con tal fuerza que instantáneamente llenó todo el universo, que como resultado se sigue expandiendo. Ah, por cierto, este fue el momento en que "empezó el tiempo". En el caso de que os estéis preguntando si esto es algún tipo de broma, olvidadlo. Esto es precisamente lo que plantea la teoría del big bang. Esto es lo que la inmensa mayoría de profesores universitarios con largos títulos delante de sus nombres creen. Esta es la muestra más clara de la deriva hacia el misticismo en los escritos de un sector de la comunidad científica. En los últimos años hemos visto un auténtico aluvión de libros sobre ciencia, que, bajo el disfraz de popularizaciones de las últimas teorías del universo, intentan pasar de contrabando nociones religiosas de todo tipo, especialmente en relación a la llamada teoría del big bang.

El *The New Scientist* (7 de mayo de 1994) publicó un artículo llamado *In the Beginning Was the Big Bang* (En un principio fue el big bang). El autor, Colin Price, se educó y trabajó como científico, pero ahora es un capellán congregacionista. Empieza preguntándose: "¿No es la teoría del big bang desconcertantemente bíblica? AO, para decirlo en otras palabras, es la historia del *Génesis* desconcertantemente científica?" Y acaba con la afirmación confiada: "Nadie habría apreciado más la historia del big bang que los autores de los dos primeros capítulos del libro del *Génesis*". Esto es bastante típico de la filosofía mística que está detrás de *historia* del big bang.

El efecto Doppler

En 1915, Albert Einstein planteó su teoría general de la relatividad. Antes de eso, la visión general del universo partía del modelo mecanicista clásico elaborado en el siglo XVIII por Sir Isaac Newton. Para Newton, el universo era como un enorme mecanismo de relojería, que se regía por un número fijo de leyes de la moción. Era infinito en extensión, pero esencialmente inmutable. Esta visión del universo tenía el defecto de todas las teorías mecánicas y no dialécticas. Era *estática*.

En 1929, Edwin Hubble, utilizando un nuevo y potente telescopio, demostró que el universo era mucho mayor de lo que se había pensado hasta el momento. Es más, se dio cuenta de un fenómeno que no había sido observado anteriormente. Cuando la luz llega a nuestros ojos desde una fuente en movimiento, crea un cambio en la frecuencia. Esto se puede expresar en términos de los colores del espectro. Cuando una fuente de luz viaja hacia nosotros, su luz se percibe desplazándose hacia la parte de alta frecuencia del espectro (violeta). Cuando la fuente de luz se aleja de nosotros se percibe un desplazamiento hacia la parte de baja frecuencia del espectro (rojo). Esta teoría, elaborada en primer lugar por el austriaco Christian Doppler, y llamada "efecto Doppler" en su honor, tiene implicaciones muy importantes para la astronomía. Las estrellas aparecen a los observadores como puntos de luz contra un fondo oscuro. En la medida en que la mayoría de las estrellas mostraban un desplazamiento hacia el rojo

del espectro, las observaciones de Hubble dieron lugar a la idea de que las galaxias se están alejando de nosotros a una velocidad proporcional a la distancia que nos separa de ellas. Esto se denominó la Ley de Hubble, aun que el propio Hubble no creía que el universo se estuviese expandiendo.

Hubble observó que existía una correlación entre el desplazamiento al rojo y la distancia, medida por la luminosidad aparente de las galaxias. Con la aparición del telescopio de 200 pulgadas en los 60, se detectaron objetos todavía más lejanos, alejándose a 150.000 millas por segundo. Sobre estas observaciones se elaboró la teoría del "universo en expansión". Además la "ecuación de campo" de la teoría de la relatividad general de Einstein se podía interpretar de tal manera que encajase con esta idea. Por extensión, se argumentó, si el universo se estaba expandiendo, tenía que haber sido más pequeño en el pasado que ahora. La consecuencia de esto fue la hipótesis de que el universo tenía que haber empezado como una única concentración densa de materia. Esta no era la idea original de Hubble. Ya había sido planteada en 1922 por el matemático ruso Alexander Friedmann. Después, en 1927, George Lematre fue el primero en plantear la idea del "huevo cósmico". Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, la idea de un universo cerrado y eternamente inmutable, en un estado de equilibrio permanente es claramente incorrecta. Por lo tanto, el abandono de este punto de vista fue indudablemente un paso adelante.

Las teorías de Friedmann fueron respaldadas de manera muy importante por las observaciones de Hubble y Wirtz. Estas observaciones, parecían indicar que el universo, o por lo menos la parte que podemos observar se estaba expandiendo. George Lematre, un cura belga, se aprovechó de esta idea e intentó demostrar que, si el universo era finito en el espacio, también tenía que ser finito en el tiempo $\frac{3}{4}$ tenía que haber tenido un *principio* $\frac{3}{4}$. La utilidad de una teoría de este tipo para la Iglesia Católica es evidente. Deja la puerta abierta a la idea del Creador, que después de haber sido ignominiosamente expulsado del universo por la ciencia, ahora prepara su regreso triunfal como el Gran Manítú Cósmico. "En ese momento tuve la impresión", dijo Hannes Alfvén años después, "que la motivación para su teoría fue la necesidad de Lematre de reconciliar su física con la doctrina de la Iglesia de la creación *ex nihilo*".⁵⁴ Lematre fue posteriormente recompensado con el cargo de director de la Academia Pontificia de la Ciencia.

Como evolucionó la teoría

No es totalmente correcto referirse a la "teoría del big bang". De hecho, ha habido por lo menos cinco teorías diferentes, todas ellas han tenido problemas. La primera, como hemos visto, fue planteada en 1927 por Lematre. Rápidamente fue refutada en toda una serie de terrenos, deducciones incorrectas de la relatividad general y la termodinámica, una teoría falsa de los rayos cósmicos y la evolución estelar, etc. Después de la Segunda Guerra Mundial, la desacreditada teoría fue revivida por George Gamow y otros bajo una nueva forma. Plantearon una serie de cálculos (por cierto, no sin una cierta cantidad de "contabilidad creativa") para explicar los diferentes fenómenos que se deducirían del big bang, densidad de la materia, temperatura, niveles de radiación, etc. El brillante estilo de escritura de George Gamow hizo que el big bang capturase la imaginación popular. Pero de nuevo la teoría topó con serias dificultades.

Se encontraron toda una serie de discrepancias, no sólo en el modelo de Gamow, sino también en la teoría del "universo oscilante" planteada posteriormente por Robert Dicke y otros, en un intento de resolver el problema de qué pasó antes del big bang, haciendo que el universo oscilase en un ciclo sin fin. Pero Gamow había hecho una predicción muy importante $\frac{3}{4}$ que una enorme explosión de esas características habría dejado detrás suyo pruebas en forma de "radiación de fondo", una especie de eco del big bang en el espacio $\frac{3}{4}$. Esto fue utilizado para revivir la teoría años más tarde.

Desde el principio existió una oposición a esta idea. En 1928, Thomas Gold y Hermann Bondi plantearon el "estado estacionario" como alternativa, más adelante popularizada por Fred Hoyle. Aceptando un universo en expansión, se intentaba explicar este fenómeno por la "creación continua de la materia a partir de la nada". Esto supuestamente estaba sucediendo en todo momento, pero a una tasa demasiado pequeña como para ser detectada con la tecnología de aquel momento. Esto significa que el universo sigue siendo esencialmente el mismo para siempre, de aquí la teoría del "estado estacionario". Las cosas iban de mal en peor. ¡Del "huevo cósmico" a la materia creada de la nada! Las dos teorías rivales se estuvieron peleando a lo largo de una década.

El hecho de que tantos científicos serios estuviesen dispuestos a aceptar la noción fantástica de Hoyle de que la materia se estaba creando a partir de la nada, es en sí mismo absolutamente asombroso. Más tarde se demostró que esta teoría era falsa. La teoría del estado estacionario daba por supuesto que el universo era homogéneo en el tiempo y en el espacio. Si el universo estaba en un "estado estacionario" todo el tiempo, la densidad de un objeto emisor de radio tendría que ser constante, en la medida en que cuanto más lejos miramos en el espacio, lo que vemos es anterior en el tiempo. Sin embargo las observaciones demostraron que este no era el caso; cuanto más allá se observaba en el espacio, mayor era la intensidad de las radio ondas. Esto demostró de manera concluyente que el universo estaba en un estado de cambio constante y evolución. No había sido siempre el mismo. La teoría del estado estacionario era incorrecta.

En 1964, la teoría del estado estacionario recibió el golpe de gracia con el descubrimiento por parte de dos jóvenes astrónomos en los Estados Unidos, Arno Penzias y Robert Wilson, de la radiación de fondo en el espacio. Inmediatamente se consideró que esto era el "eco" del big bang predicho por Gamow. Pero seguía habiendo inconsistencias. Se observó que la temperatura de la radiación era de 3,5K, no los 20K predichos por Gamow, o los 30K predichos por su sucesor, P. J. E. Peebles. Este resultado es incluso peor de lo que parece, ya que la cantidad de energía en un campo es proporcional a la cuarta potencia de su temperatura, la energía observada en la radiación era en realidad varios miles de veces menor que la predicha.

Robert Dicke y P. J. E. Peebles tomaron la teoría allí donde la había dejado Gamow. Dicke se dio cuenta de que habría una manera sencilla de solventar la pregunta peliaguda de qué había pasado antes del big bang, si se pudiese volver a la idea de Einstein de un universo cerrado. Entonces se podría argumentar que el universo se expandiría en el tiempo, y entonces colapsaría en un sólo punto (una "singularidad"), o algo parecido, y entonces empezaría a expandirse de nuevo, en una especie de juego de ping pong cósmico sin fin. El problema era que Gamow había calculado la energía y la densidad del universo a niveles menores de los necesarios para cerrarlo. La densidad era de unos dos átomos por metro cúbico de espacio; y la densidad de energía, expresada como la temperatura prevista para la radiación de fondo, que supuestamente representaba los restos del big bang, era de 20jK, es decir, 20j por encima del cero absoluto. De hecho, Gamow había fijado estas cifras para demostrar que el big bang producía elementos pesados, algo que hoy en día nadie defiende. Por lo tanto, sin más contemplaciones, Dicke simplemente tiró estas cifras a la papelera y escogió otras igualmente arbitrarias, que encajase en su teoría de un universo cerrado.

Dicke y Peebles predijeron que el universo estaría lleno de radiación, principalmente radio ondas, con una temperatura de 30jK. Más adelante, Dicke planteó que su grupo había predicho una temperatura de 10jK, a pesar de que esta temperatura no aparecía en ninguna parte en sus notas publicadas, y de que en cualquier caso es 100 veces mayor que los resultados observados. Esto demostró que el universo estaba más difuminado de lo que Gamow había pensado, con una gravedad menor, lo que agravaba el problema básico de dónde había salido toda la energía para el big bang. Como Eric Lerner señala:

"Lejos de confirmar el modelo Peebles-Dicke, los descubrimientos de Pensáis-Wilson descartaban claramente el modelo oscilante cerrado". 55 De esta manera surgió una tercera versión del big bang - que se conoció como el modelo estándar- un universo abierto en un estado de expansión permanente.

Fred Hoyle realizó algunos cálculos detallados, y anunció que el big bang sólo habría producido elementos ligeros, helio, deuterio y litio (estos dos últimos de hecho son bastantes escasos). Calculó que si la densidad del universo era aproximadamente de un átomo por cada ocho metros cúbicos, la cantidad de estos tres elementos se acercaría bastante a las cantidades observadas. De esta manera, se planteó una nueva versión de la teoría que no tenía nada que ver con las viejas teorías. Ya no se mencionaban más los rayos cósmicos de Lematre, o los elementos pesados de Gamow. En lugar de eso las pruebas que se presentaban eran las micro ondas de fondo y tres elementos ligeros. Pero ninguna de estas constituye una prueba concluyente del big bang. Un problema adicional era la extrema uniformidad de la radiación de micro ondas de fondo. Las llamadas irregularidades en el fondo son tan pequeñas que estas fluctuaciones no hubieran tenido tiempo de crecer y convertirse en galaxias- a menos de que hubiese mucha más materia (y por lo tanto más gravedad) de la que parece haber- .

También había otros problemas. ¿Cómo se entiende que pedazos de materia viajando en dirección contraria alcanzasen la misma temperatura todos al mismo tiempo (el problema del "horizonte")? Los partidarios de la teoría presentan los supuestos orígenes del universo como un modelo de perfección matemática, todo perfectamente regular, tan regular "como la simetría del Edén cuyas características se conforman a la razón pura", como plantea Lerner. Pero el universo actual está lejos de ser perfectamente simétrico. Es irregular, contradictorio, "abollado". ¿No se parece en nada a esas ecuaciones tan bonitas que hacen en Cambridge! Uno de los problemas es ¿por qué el big bang no produjo un universo uniforme? ¿Por qué el material y la energía originales y simples no se extendieron uniformemente por el espacio en una nube inmensa de polvo y gas? ¿Por qué el universo actual es tan "abollado"? ¿De dónde salen todas estas galaxias y estrellas? ¿Cómo pasamos de A a B? ¿Cómo la simetría pura original del universo dio paso al universo irregular que vemos delante de nuestros ojos?

La teoría de la "inflación"

Para solucionar este y otros problemas, Alan Guth, el físico americano, planteó su teoría del "universo inflacionario". (¿No debe ser por casualidad que esta idea se planteó en los años 70, cuando el mundo capitalista estaba pasando por una crisis inflacionaria!) Según esta teoría, la temperatura cayó tan rápidamente que no hubo tiempo a que los diferentes campos se separasen o para que se formasen las diferentes partículas. La diferenciación se produjo más tarde, cuando el universo era mucho más grande. Por lo tanto esta es la versión más reciente del big bang. Plantea que, en el momento del big bang, el universo experimentó una expansión exponencial, en la que duplicó su tamaño cada 10ñ35 segundos (de ahí la "inflación"). Mientras que las versiones anteriores del "modelo estándar" consideraban todo el universo comprimido en el tamaño de una uva, Guth fue más allá. Calculó que el universo no empezó como una uva, sino que habría sido mil millones de veces más pequeño que el átomo de hidrogeno. Entonces se habría expandido a una velocidad increíble -muchas veces la velocidad de la luz, que es de 300.000 kilómetros por segundo- hasta que alcanzó un tamaño 10⁹⁰ veces su volumen inicial, es decir, ¡un 1 seguido de 90 ceros!

Examinemos las implicaciones de esta teoría. Como todas las otras teorías del big bang, parte de la hipótesis de que toda la materia del universo estaba concentrada en un solo punto. El error fundamental aquí es imaginar que el universo es igual al universo observable, y que es posible reconstruir toda la historia del universo como un proceso lineal, sin tomar en cuenta las diferentes fases, transiciones, y diferentes estados a través de los que pasa la materia.

El materialismo dialéctico concibe el universo como infinito, pero no estático o en un estado de "equilibrio" permanente como hicieron Einstein y Newton. La materia y la energía no se pueden crear ni destruir, sino que están en un proceso continuo de cambio y movimiento, que implica explosiones periódicas, expansión y contracción, atracción y repulsión, vida y muerte. No hay nada intrínsecamente improbable en la idea de una, o muchas, grandes

explosiones. Aquí el problema es otro -una interpretación mística de un determinado fenómeno observado, como el desplazamiento al rojo de Hubble, y un intento de pasar de contrabando la idea religiosa de la creación del universo por la puerta trasera-

Para empezar, es impensable que toda la materia en el universo estuviese concentrada en un solo punto "de densidad infinita". Que quede claro lo que esto significa. En primer lugar, es imposible colocar una cantidad infinita de materia y energía en un espacio finito. Simplemente plantear la cuestión es suficiente para contestarla. "¡Ah!" dirán los partidarios del big bang, "pero el universo no es infinito, sino finito, según la teoría de la relatividad general de Einstein". En su libro *El big bang nunca sucedió*, Eric Lerner explica que las ecuaciones de Einstein admiten un número infinito de universos diferentes. Friedmann y Lematre demostraron que muchas ecuaciones apuntan a una expansión universal. No obstante, no todas ellas implican un estado de "singularidad". Sin embargo Ésta es la única variante dogmáticamente defendida por Guth y cia.

Incluso si aceptásemos la idea de que el universo es finito, la noción de "singularidad" nos lleva a conclusiones claramente fantásticas. Si consideramos la pequeña esquina del universo que somos capaces de observar como la totalidad del universo -una suposición sin ninguna base científica o lógica de ningún tipo- entonces estamos hablando de 100.000 millones de galaxias, cada una con unos 100.000 millones de estrellas secuenciales principales (como nuestro propio sol). Según Guth, toda esta materia estaba concentrada en un espacio más pequeño que un protón. Cuando había existido durante un millón de billones de billones de segundos con una temperatura de billones de billones de billones de grados, había un sólo campo y un sólo tipo de interacción de partículas. En la medida en que el universo se expandió y la temperatura disminuyó, los diferentes campos supuestamente se "condensaron" a partir del estado inicial de simplicidad.

Se plantea la cuestión de dónde salió toda la energía para impulsar una expansión sin precedentes de ese tipo. Para resolver este acertijo, Guth recurrió al hipotéticamente omnipresente campo de fuerza (un "campo de Higgs"), cuya existencia ha sido predicha por algunos físicos teóricos, pero de la que no hay la más mínima evidencia empírica. "En la teoría de Guth", comenta Eric Lerner, "el campo de Higgs que existe en un vacío genera toda la energía necesaria a partir de la nada -*ex nihilo*-". El universo, como Él lo plantea, es una gran 'comida gratis', cortesía del campo de Higgs".56

¿Materia oscura?

Cada vez que la teoría del big bang entra en dificultades, en lugar de abandonarla, sus seguidores simplemente mueven los postes, introduciendo asunciones nuevas e incluso más arbitrarias para apuntalarla. Por ejemplo, la teoría necesita una cierta cantidad de materia en el universo. Si el universo se creó hace 15.000 millones de años, como predice el modelo, simplemente no ha habido tiempo suficiente para que toda la materia que observamos se haya congelado en galaxias como la Vía Láctea, sin la ayuda de la "materia oscura" invisible. Según los cosmólogos del big bang, para que las galaxias se formasen en el big bang, tiene que haber suficiente materia en el universo para llegar a detener su expansión por la ley de la gravedad. Esto significaría una densidad de aproximadamente diez átomos por metro cúbico de espacio. En realidad la cantidad de materia presente en el universo observable es de aproximadamente un átomo por cada diez metros cúbicos -cien veces menos que la cantidad predicha por la teoría-

Los cosmólogos decidieron representar la densidad del universo como una ratio de la densidad necesaria para detener la expansión. Esta ratio se denomina omega. Por lo tanto si omega fuese igual a 1, sería justamente suficiente para detener la expansión. Desgraciadamente, la ratio real observada es de 0,01 o 0,02. Aproximadamente el 99% de la materia necesaria "ha desaparecido". ¿Cómo resolvemos el problema? Muy fácil. En la medida en que la teoría necesita que la materia este ahí, simplemente fijaron arbitrariamente el valor de omega en casi 1, ¡y empezaron una frenética búsqueda de la materia perdida! El primer problema al que se enfrenta el big bang es el origen de las galaxias. ¿Cómo puede ser que una radiación de fondo tan extremadamente uniforme produjese un universo tan "abollado"? Supuestamente las llamadas "ondulaciones" (anisotropías) en la radiación eran un reflejo de la formación de agrupaciones de materia alrededor de las cuales se unieron las galaxias. Pero las irregularidades observadas eran demasiado pequeñas como para ser responsables de la formación de las galaxias, a menos que hubiese mucha más materia, y por lo tanto gravedad, de la que parece haber. Para ser exactos, la materia real es sólo un 1% de la necesaria.

De ahí viene la noción de la "materia fría oscura". Es importante darse cuenta de que nadie ha visto nunca tal cosa. Su existencia se planteó hace unos diez años, para llenar un agujero embarazoso en la teoría. En la medida en que sólo podemos ver un 1 o 2% del universo se planteó que el 99% restante estaba compuesto de materia invisible, que es fría y oscura, que no emite ningún tipo de radiación. Después de una década de búsqueda, todavía no se ha conseguido observar una sola de estas partículas extrañas. Sin embargo ocupan un papel central en la teoría, simplemente porque esta requiere de su existencia.

Por suerte es posible calcular con bastante precisión la cantidad de materia que hay en el universo observable. Es alrededor de un átomo por cada diez metros cúbicos de espacio. Esto es cien veces menos que la cantidad requerida por la teoría del big bang. Pero, como dicen los periodistas, ¡no dejes que los hechos te estropeen una buena historia! Si no hay suficiente materia en el universo para cuadrar la teoría, entonces tiene que haber una enorme cantidad de materia que no podemos ver. Como dice Brent Tully: "es molesto ver como hay una nueva teoría cada vez que hay una nueva observación".

En este momento los defensores del big bang decidieron llamar al Séptimo de Caballería en forma de los físicos de partículas. La tarea para la que fueron llamados haría palidecer todas las hazañas de John Wayne. Lo más que este había llegado a hacer era encontrar algunos niños y mujeres desafortunados raptados por los indios. Pero cuando los cosmólogos llamaron a sus colegas que estaban ocupados investigando los misterios del "espacio interior", su petición era un poco más ambiciosa. Les pidieron que encontrasen algo así como el 99% de la materia del universo que, desconsideradamente, había "desaparecido". A no ser que la encontrasen, sus ecuaciones simplemente no cuadrarían, y la teoría estándar del origen del universo estaría en dificultades.

En su libro, Eric Lerner detalla toda una serie de observaciones, cuyos resultados han sido publicados en revistas científicas, que refutan completamente la idea de la materia oscura. Sin embargo, a pesar de toda la evidencia, los defensores del big bang continúan comportándose como aquel profesor que se negaba a mirar por el telescopio para comprobar la corrección de las teorías de Galileo. La materia oscura tiene que existir, ¡por que nuestra teoría lo exige!

"La prueba de la teoría científica", escribe Lerner, "es la correspondencia de predicciones y observación, y el big bang ha suspendido. Predice que no debería haber en el universo objetos más viejos que veinte mil millones de años ni mayores que 150 millones de años luz de anchura. Existen. Predice que el universo, a una escala tan grande, debería ser uniforme y homogéneo. El universo no lo es. La teoría predice que, para producir las galaxias que vemos a nuestro alrededor a partir de las fluctuaciones débiles evidentes en las microondas de fondo, tendría que haber cien veces más materia oscura que materia visible. No hay evidencia de que exista *ninguna* materia oscura. Y si no hay materia oscura, predice la teoría, no se formarán galaxias. Y sin embargo las hay, esparcidas por todo el cielo. Vivimos en una de ellas".⁵⁷

Alan Guth consiguió descartar algunas de las objeciones al big bang, pero sólo planteando la versión más fantástica y arbitraria de la teoría que nunca se haya visto. No decía qué era la "materia oscura" sino que simplemente les daba a los cosmólogos una justificación teórica para su existencia. El significado real es que estableció un vínculo entre la cosmología y la física de partículas que se ha mantenido desde entonces. El problema es que la tendencia general de la física teórica, como en la cosmología, ha sido recurrir cada vez más a asunciones matemáticas a priori para justificar sus teorías, haciendo muy pocas predicciones que se puedan demostrar en la práctica. Las teorías resultantes cada vez tienen un carácter más arbitrario y fantástico, y frecuentemente parecen tener más en común con la ciencia ficción que con otra cosa.

De hecho, los físicos de partículas que corrieron a ayudar la cosmología tenían ya bastantes problemas propios. Alan Guth y otros estaban intentando descubrir una Gran Teoría Universal (GUT), que unificaría las tres fuerzas básicas que operan a pequeña escala en la naturaleza, electromagnetismo, la fuerza débil (que provoca decadencia radioactiva), y la fuerza fuerte (que mantiene unido el núcleo, y es responsable de la liberación de energía nuclear). Esperaban poder repetir el Éxito de Maxwell cien años atrás, que había demostrado que la electricidad y el magnetismo eran la misma fuerza. Los físicos de partículas estaban encantados de entrar en una alianza con los cosmólogos, esperando encontrar en el cielo una respuesta a los problemas que ellos mismos tenían. En realidad todo su punto de vista era similar. Prácticamente sin ninguna referencia en la observación, se basaban en una serie de modelos matemáticos, que muchas veces no eran más que pura especulación. Han surgido teorías como setas, cada una más fantástica que la anterior. La teoría de la "inflación" está metida en todo esto.

¡El neutrino al rescate!

La tozudez con la que los defensores del big bang se aferran a sus posiciones frecuentemente les lleva a dar los saltos mortales más divertido. Habiendo buscado en vano el 99% de la "materia fría oscura" perdida, no consiguieron encontrar nada que se acercase a las cantidades que necesitaba la teoría, para impedir que el universo continuase expandiéndose para siempre. El 18 de diciembre de 1993 *The New Scientist* publicó un artículo titulado *Universe Will Expand Forever* (El universo se expandirá para siempre). Aquí se admitía que "un grupo de galaxias en la constelación de Cepheus contiene mucha menos materia invisible que la que se había pensado hace unos meses", y que las afirmaciones anteriores de astrónomos americanos estaban "basadas en análisis defectuosos". Unas cuantas reputaciones científicas están en el alero, por no mencionar cientos de millones de dólares en becas de investigación. ¿Puede ser que esto tenga alguna relación con el fanatismo con que defienden el big bang? Como siempre, ven lo que quieren ver. ¡Los hechos se tienen que ajustar a la teoría!

El fracaso evidente al no encontrar la "materia fría oscura", cuya existencia es esencial para la supervivencia de la teoría, estaba provocando malestar en los sectores más reflexivos de la comunidad científica. Un editorial del *The New Scientist*, publicado el 4 de junio de 1994 con el sugerente título de *A Folly of Our Time?* (¿Un desatino de nuestro tiempo?) comparaba la idea de la materia oscura con el desacreditado concepto victoriano del 'Éter', un medio invisible, a través del que se pensaba que las ondas de luz viajaban en el espacio:

"Era invisible, ubicuo y en el siglo XIX todos científicos creían en Él. Era, por supuesto, el Éter, el medio en el que creían que se propagaba la luz, y resultó ser un fantasma. La luz no necesita un medio para propagarse, a diferencia del sonido.

"Ahora, a finales del siglo XX, los físicos se encuentran en una situación similar a la de sus colegas victorianos. Una vez más tiene fe en algo que es invisible y ubicuo. Esta vez es la materia oscura".

En este momento se podría esperar que un científico serio se empezase a preguntar si no hay algo equivocado en su teoría. El mismo editorial añade:

"En cosmología, los parámetros libres parecen extenderse como un reguero de pólvora. Si las observaciones no encajan en la teoría, los cosmólogos parece que se contentan con añadir simplemente nuevas variables. Poniendo parches a la teoría continuamente, nos podemos estar perdiendo alguna Gran Idea". Pues sí. Pero no dejemos que los "hechos" se interpongan. Como un mago sacándose un conejo del sombrero, de repente han descubierto, ¡el neutrino!

El neutrino, que es una partícula subatómica, es descrito por B. Hoffmann como "una incertidumbre fluctuante entre la existencia y la no existencia". Es decir, en el lenguaje de la dialéctica, son y no son. ¿Cómo se puede reconciliar este fenómeno con la ley de la identidad que afirma categóricamente que una cosa o es o no es? Enfrentados a este tipo de dilemas, que aparecen una y otra vez en el mundo de las partículas subatómicas descrito por la mecánica cuántica, existe la tendencia a recurrir a formulaciones de dudosa validez científica, como la idea de que el neutrino era una partícula sin masa ni carga. La opinión inicial, que todavía mantienen muchos científicos, era que el neutrino no tenía masa, y en la medida en que la carga eléctrica no puede existir sin masa, la conclusión inevitable era que el neutrino tampoco podía tener carga.

Los neutrinos son partículas extremadamente pequeñas, y por lo tanto muy difíciles de detectar. En un primer momento se planteó la existencia del neutrino para explicar la discrepancia entre la cantidad de energía presente en partículas emitidas por el núcleo. Parecía como si se perdiese cierta cantidad de energía, de la que no se podía dar cuenta. En la medida en que la ley de la conservación de la energía plantea que esta no se puede crear ni destruir este fenómeno requería otra explicación. Aunque parece que el físico idealista Niels Bohr estaba dispuesto a tirar por la borda la ley de la conservación de la energía en 1930, se vio que esto era un poco precipitado. La discrepancia fue explicada por el descubrimiento de una partícula hasta entonces desconocida -el neutrino-.

Los neutrinos que se forman en el núcleo del sol a una temperatura de 15 millones de grados centígrados, moviéndose a la velocidad de la luz, alcanzan la superficie solar en tres segundos. Inundan el universo formando una corriente, pasando a través de la materia sólida, aparentemente sin ningún tipo de interacción con esta. Los neutrinos son tan pequeños que pasan a través de la tierra. Estas partículas tan evasivas son tan pequeñas que su interacción con otras formas de materia es mínima. Pueden pasar a través de la tierra e incluso a través del plomo, sin dejar rastro. De hecho billones de neutrinos están pasando a través de tu cuerpo mientras lees estas líneas. Pero la posibilidad de que uno de ellos pueda quedar atrapado es mínima, por lo tanto no hay que preocuparse. Se ha calculado que un neutrino puede atravesar plomo sólido de un espesor de 100 años luz, con solo una probabilidad del 50% de ser absorbido. Esta es la razón por la que fue tan difícil detectarlos. De hecho es difícil imaginar como una partícula que es tan pequeña que se pensó que no tenía ni masa ni carga y que puede atravesar 100 años luz de plomo, pudo llegar a ser detectada. Pero lo fue.

Parece que algunos neutrinos pueden ser detenidos por el equivalente de una décima parte de una pulgada de plomo. En 1956, utilizando un ingenioso experimento, unos científicos americanos consiguieron atrapar un antineutrino. En 1968 descubrieron neutrinos del sol, aunque sólo una tercera parte de los predichos por las teorías del momento. Sin duda el neutrino tenía propiedades que no se pudieron detectar inmediatamente. Siendo tan pequeño esto no es de extrañar. Pero la idea de una forma de materia a la que le faltaban las propiedades más básicas de la materia era claramente una contradicción en sí misma. Al final el problema se resolvió por dos fuentes totalmente diferentes. En primer lugar, uno de los descubridores del neutrino, Frederick Reines anunció en 1980 que había descubierto la existencia de *oscilación de neutrinos* en un experimento. Esto indicaría que el neutrino tiene masa, pero los resultados de Reines no fueron considerados concluyentes.

Sin embargo, científicos soviéticos, en un experimento totalmente diferente, demostraron que los electrón-neutrinos tienen una masa, que podría llegar a ser de 40 electrón voltios. Esto es sólo 1/13.000 parte de la masa de un electrón, que a su vez es 1/2.000 parte de la masa de un protón, con lo cual no es sorprendente que durante tanto tiempo se pensase que no tenían masa.

Hasta hace poco, el punto de vista general de la comunidad científica era que el neutrino no tenía ni masa ni carga. Ahora, de repente, han cambiado de opinión y declaran que el neutrino tiene masa $\frac{3}{4}$ y quizás bastante $\frac{3}{4}$. ¡Esta es la conversión más sorprendente desde que San Pablo se cayó del caballo camino de Damasco! En realidad tanta prisa nos puede hacer sospechar sobre los auténticos motivos detrás de esta conversión milagrosa. ¿No podría ser que estuviesen tan desesperados por su fracaso en relación a la "materia fría oscura" que finalmente hayan decidido dar un giro de 180° hacia el neutrino? ¡No podemos más que imaginarnos lo que Sherlock Holmes le hubiese dicho al Dr. Watson!

A pesar de todos los enormes avances en el campo de la investigación de partículas, la situación actual es confusa. Se han descubierto cientos de nuevas partículas, pero sigue sin haber una teoría general satisfactoria capaz de introducir un poco de orden, al igual que hizo Mendeleyev en el campo de la química. Actualmente hay un intento de unificar las fuerzas fundamentales de la naturaleza agrupándolas en cuatro capítulos: gravedad, electromagnetismo, y fuerza nuclear "fuerte" y "débil", cada una de las cuales funciona a un nivel diferente.

La gravedad funciona a nivel cosmológico, manteniendo unidas las estrellas, planetas y galaxias. El electromagnetismo une los átomos en moléculas, transporta fotones del sol y las estrellas, y enciende las sinapsis del cerebro. La fuerza fuerte mantiene los protones y neutrones unidos dentro de los núcleos atómicos. La fuerza débil se expresa en la transmutación de átomos inestables durante la decadencia radioactiva. Estas dos últimas fuerzas operan a muy pequeña escala. Sin embargo no hay razón para suponer que esta organización sea la última palabra sobre el asunto, en algunos sentidos es una noción arbitraria.

Hay grandes diferencias entre estas fuerzas. La gravitación afecta todas las formas de materia y energía, mientras que la fuerza fuerte sólo afecta a una clase de partículas. Sin embargo la gravedad es cien millones de billones de billones de veces más débil que la fuerza nuclear fuerte. Más importante todavía, no está claro porque no tendría que haber una fuerza opuesta a la gravedad, cuando el electromagnetismo se manifiesta como carga eléctrica positiva y como carga eléctrica negativa. Este problema, que Einstein intentó solucionar, sigue sin resolverse, y tiene una implicación decisiva en toda la discusión sobre la naturaleza del universo. Cada fuerza se relaciona con un conjunto de ecuaciones, implicando unos veinte parámetros diferentes. Estos dan resultados, pero nadie sabe porqué.

La llamada Gran Teoría Unificada (GUTs) plantea la idea de que la propia materia podría ser solamente una fase pasajera de la evolución del universo. Sin embargo la predicción de la GUTs de que los protones decaen no ha sido demostrada, invalidando así por lo menos la versión más simple de la GUTs. En un intento de entender sus propios descubrimientos, algunos científicos se han embarcado en teorías cada vez más fantásticas, como las llamadas teorías de la "supersimetría" (SUSYs) que plantean que el universo se construyó originalmente sobre más de cuatro dimensiones. Según esta noción, el universo podría haber empezado, por ejemplo, con diez dimensiones, pero desgraciadamente todas menos cuatro colapsaron durante el big bang y ahora son demasiado pequeñas para poder ser observadas.

Aparentemente estos objetos son las propias partículas subatómicas, que supuestamente son quanta de materia y energía que se condensaron a partir del espacio puro. De esta manera saltan de una especulación metafísica a la siguiente en un intento vano de explicar los fenómenos fundamentales del universo. La supersimetría plantea que el universo empezó en un estado de perfección absoluta. En palabras de Stephen Hawking, "el universo primitivo era más simple, y era mucho más atractivo, *porque* era más simple". Algunos científicos incluso tratan de justificar este tipo de especulación mística en base a criterios estéticos. Se supone que la simetría absoluta es bella. De esta manera nos encontramos de nuevo en la atmósfera rarificada del idealismo de Platón.

En la realidad la naturaleza no se caracteriza por la simetría absoluta, sino que está llena de contradicciones, irregularidades, cataclismos y bruscas rupturas de la continuidad. La propia vida es una prueba de esta afirmación. En cualquier sistema vivo, el equilibrio absoluto significa la muerte. La contradicción que podemos ver aquí es tan vieja como la historia del pensamiento humano. Es la contradicción entre las abstracciones "perfectas" del pensamiento humano y las irregularidades e "imperfecciones" necesarias que caracterizan el mundo material real. El problema parte del hecho de que las fórmulas matemáticas abstractas, que pueden o no ser bellas, no representan adecuadamente el mundo real de la naturaleza. Suponerlo es un error metodológico de primera magnitud, y necesariamente nos lleva a sacar conclusiones falsas.

Problemas con la constante de Hubble

Actualmente existe una fuerte polémica entre los defensores del big bang en relación a la supuesta edad del universo. De hecho, el "modelo estándar" en su conjunto está en crisis. Observamos el espectáculo de los respetable hombres de ciencia atacándose los unos a los otros en público utilizando un vocabulario no precisamente de lo más caballeroso. Y todo por la llamada constante de Hubble. Es la fórmula con la que se mide la velocidad a la que se mueven las cosas en el universo, y es de vital importancia para los que quieren descubrir la edad y el tamaño del universo. ¡El problema es que nadie sabe lo que es!

Edwin Hubble aseguró que la velocidad con la que se separan las galaxias era proporcional a su distancia de nosotros, cuanto más lejos, más rápidamente se movían. Esto se expresa en la Ley de Hubble $-v \text{ (velocidad)} = H \times d \text{ (distancia)}$. En esta ecuación, la H se conoce como constante de Hubble. Para poder medirla necesitamos tener dos valores: la velocidad y la distancia de una galaxia en concreto. La velocidad se puede calcular por el desplazamiento al rojo. Pero la distancia entre galaxias no se puede medir con una regla. De hecho, no existen instrumentos fiables para medir distancias tan grandes. ÁY aquí está el problema! Los expertos no se ponen de acuerdo sobre el valor real de la constante de Hubble, como quedó cómicamente claro en un reciente programa de televisión en Channel 4:

"Michael Pierre dice que, *sin duda*, la constante de Hubble es 85, Gustaf Tamman asegura que es 50, George Jacobi 80, Brian Schmidt 70, Michael Robinson 50, y John Tonry 80. La diferencia entre 50 y 80 puede parecer no muy grande" dice el folleto de Channel 4, "pero es crucial para la edad del universo. *Si la constante es muy alta, los astrónomos podrían estar en el proceso de demostrar la falsedad de su teoría más importante.*"

La importancia de esto es que cuanto mayor sea Hubble, más rápidamente se mueven las cosas, y más cerca en el pasado es el momento en que el big bang supuestamente tuvo lugar. En los últimos años se han aplicado nuevas técnicas para medir la distancia de las galaxias, lo que ha llevado a los astrónomos a revisar sus primeros cálculos drásticamente. Esto ha provocado consternación en la comunidad científica, puesto que los cálculos de la constante de Hubble han ido creciendo cada vez más. Las últimas estimaciones colocan la edad del universo a sólo 8.000 millones de años. ¡Esto significaría que hay estrellas que son más viejas que el universo! Esto es una contradicción flagrante -y no dialéctica, sino simplemente absurda-

"Bien", comenta Carlos Frank, citado en el mismo folleto, "si resulta que las edades de las estrellas son mayores que el tiempo de expansión del universo, deducido de la medición de la constante de Hubble y la medición de la densidad del universo, entonces tenemos una auténtica crisis. Sólo te queda una opción: tienes que abandonar las

suposiciones básicas sobre las que se basa el modelo del universo. *En este caso, tienes que abandonar algunas, quizás todas, de las suposiciones básicas sobre las que se basa la teoría del big bang*".⁵⁸

Prácticamente no existe ningún tipo de prueba empírica que apoye la teoría del big bang. La mayor parte del trabajo que se ha hecho para demostrarla es de carácter puramente teórico, basándose en fórmulas matemáticas esotéricas y complicadas. Las numerosas contradicciones entre el esquema preconcebido del "big bang" y la realidad observada han sido cubiertas cambiando constantemente las premisas para mantener a toda costa una teoría sobre la que se han construido tantas reputaciones académicas.

Según esta teoría nada en el universo puede ser más viejo que 15.000 millones de años. Pero hay pruebas que contradicen esta afirmación. En 1986, Brent Tully de la Universidad de Hawai descubrió enormes aglomeraciones de galaxias ("super-cúmulos") de 1.000 millones de años luz de longitud, 300 millones de años luz de ancho y 100 millones de años luz de espesor. Para que se pudieran haber formado objetos de este tamaño se necesitarían entre 80.000 y 100.000 millones de años luz, es decir entre cuatro y cinco veces más de lo permitido por los defensores del big bang. Desde entonces ha habido otros resultados que tienden a confirmar estas observaciones.

El *The New Scientist* (5 de febrero de 1994) traía un informe sobre el descubrimiento por parte de Charles Steidel del Massachusetts Institute of Technology y Donald Hamilton del California Institute of Technology en Pasadena, de un cúmulo de galaxias con implicaciones importantes para la teoría del big bang:

"El descubrimiento de un cúmulo de estas características significa problemas para las teorías de la materia oscura fría, que parten de la base que una gran parte de la masa del universo se encuentra en objetos fríos y oscuros como planetas o agujeros negros. Estas teorías predicen que el material del universo primitivo se agrupó empezando "por abajo", es decir, que las galaxias se formaron primero, y después se agruparon en cúmulos".

Como de costumbre, la reacción inicial de los astrónomos es recurrir a mover de nuevos los postes, ajustando la teoría para que encaje con los hechos. Mauro Giavalisco del Baltimore Space Telescope Science Institute "cree que podría ser posible explicar el nacimiento del primer cúmulo de galaxias con un desplazamiento al rojo de 3,4 afinando la teoría de la materia oscura fría. Pero añade una advertencia. 'Si se encuentran diez cúmulos con un desplazamiento al rojo de 3,5 sería el fin de las teorías de la materia oscura fría'".

Podemos dar por supuesto que existen no diez, sino un número mucho mayor de estos enormes cúmulos y que serán descubiertos. Y estos, a su vez sólo representarán una parte minúscula de toda la materia que va mucho más allá de los límites del universo observable y se extiende hasta el infinito. Todo intento de poner un límite al universo material está condenado al fracaso. La materia no tiene fronteras, ni a nivel subatómico, ni en relación al tiempo y al espacio.

El gran crujido y el supercerebro

"Dies irae, dies illa
Solvat saeculum in favilla"
(Tomas de Celano, *Dies irae*)

"Ese día, el día de la ira,
convertirá el universo en ceniza".
(Canto fúnebre medieval)

De la misma manera en que no pueden ponerse de acuerdo sobre el origen del universo, tampoco se ponen de acuerdo sobre su supuesto final, ¡aunque todos están de acuerdo en que acabará muy mal! Según una escuela de pensamiento, llegará un momento en que la gravedad detendrá la expansión del universo, a partir de entonces todo el universo colapsará sobre sí mismo, llevando a un "gran crujido" ("big crunch") en el que acabaremos tal y como empezamos, de vuelta al huevo cósmico. ¡De eso nada! exclama otra escuela de defensores del big bang. La gravedad no es suficientemente fuerte como para eso. El universo simplemente seguirá expandiéndose indefinidamente, haciéndose cada vez más delgado, al igual que "Agustín que no quería comerse la sopa", hasta que llegue un momento en que se disipe en la noche oscura de la nada.

Hace décadas, Ted Grant, utilizando el método del materialismo dialéctico, demostró la falta de base tanto de la teoría del origen del universo del big bang como de la teoría alternativa del estado estacionario planteada por Fred Hoyle y H. Bondi. Más tarde, se demostró que la teoría del estado estacionario, basada en la creación continua de la materia a partir de la nada, era falsa. Por lo tanto la teoría del big bang "ganó" por incomparecencia del adversario, y sigue siendo defendida por la mayor parte de la comunidad científica. Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, no tiene sentido hablar del "principio del tiempo", o de la "creación de la materia". Tiempo, espacio y moción son el modo de existencia de la materia, que no se puede crear ni destruir. El universo ha existido por todo el tiempo, como materia y (lo que es lo mismo) energía en constante cambio, movimiento y evolución. Todos los intentos de encontrar un "principio" o un "final" al universo material fracasarán inevitablemente. ¿Pero cómo explicarse esta extraña regresión al punto de vista medieval del sino del universo?

Aunque es absurdo intentar buscar un vínculo causal directo entre los procesos de la sociedad, la política y la economía, y el desarrollo de la ciencia (la relación no es ni automática ni directa, sino mucho más sutil), es difícil resistirse a sacar la conclusión de que el punto de vista pesimista de algunos científicos en relación al futuro del universo no es accidental, sino que está relacionado de alguna manera con el sentimiento general de que la sociedad ha llegado a un callejón sin salida. Se acerca el fin del mundo. Este no es un fenómeno nuevo. La misma

sensación de estar sentenciado estaba presente en el período de declive del Imperio Romano y al final de la Edad Media. En cada caso, la idea de que el mundo llegaba a su fin reflejaba el hecho de que un sistema concreto de sociedad había agotado sus posibilidades y había llegado al momento de su extinción. Lo que era inminente no era el fin del mundo, sino el colapso del esclavismo y del feudalismo.

Tomemos la siguiente cita de *The First Three Minutes* (Los tres primeros minutos) del premio Nóbel Steven Weinberg:

"Para los seres humanos, es casi irresistible el creer que tenemos alguna relación especial con el Universo, que la vida humana no es solamente el resultado más o menos absurdo de una cadena de accidentes que se remonta a los tres primeros minutos, sino que de algún modo formábamos parte de Él desde el comienzo. Mientras escribo estas líneas, viajo en un avión a diez mil metros de altura, por encima de Wyoming, en viaje de vuelta de San Francisco a Boston. Debajo, la Tierra parece muy suave y confortable, salpicada de vaporosas nubes, con nieve que adquiere una tonalidad rosada a medida que el sol se pone y caminos que se extienden en línea recta por el campo de una ciudad a otra. Es difícil darse cuenta de que todo esto sólo es una minúscula parte de un universo abrumadoramente hostil. Aún más difícil es comprender que este Universo actual ha evolucionado desde una condición primitiva inefablemente extraña, y tiene ante sí una futura extinción en el frío eterno o el calor intolerable. Cuanto más comprensible parece el Universo, tanto más sin sentido parece también".⁵⁹

Ya hemos visto como la teoría del big bang abre la puerta a la religión y todo tipo de ideas religiosas. Borrar la distinción entre ciencia y misticismo es retroceder 400 años atrás. Es un reflejo de la corriente de estado de ánimo irracional en la sociedad. E invariablemente lleva a conclusiones de tipo reaccionario. Tomemos por ejemplo una cuestión oscura y remota: "¿Los protones decaen?" Como ya hemos dicho esta es una de las predicciones de una de las ramas de la física de partículas moderna conocida como GUTs. Se han hecho todo tipo de experimentos sofisticados para demostrarlo. Y todos han fracasado. Y sin embargo siguen defendiendo la misma idea.

A continuación un ejemplo típico de la clase de literatura que plantean los partidarios de la teoría del big crunch:

"En los momentos finales, la gravedad pasa a ser la fuerza que lo domina todo, aplastando sin compasión materia y espacio. La curvatura del espacio-tiempo aumenta incluso más rápidamente. Regiones cada vez más grandes son comprimidas en volúmenes cada vez más pequeños. Según la teoría convencional, la implosión se hace infinitamente potente, aplastando toda la materia fuera de la existencia y arrasando cualquier cosa física, incluyendo el tiempo y el espacio mismos, en una singularidad espacio-temporal.

Este es el final

"El 'big crunch' tal como lo entendemos, no es sólo el final de la materia. Es el final de *todo*. Debido a que el propio tiempo cesa en el big crunch, no tiene sentido preguntarse qué sucede después, de la misma manera que no tiene sentido preguntarse que sucedió antes del big bang. No hay "después" de ningún tipo para que suceda nada, no hay tiempo ni siquiera para la inactividad ni espacio para el vacío. Un universo que viene de la nada en el big bang desaparecerá en la nada en el big crunch, no dejando ni siquiera una memoria de sus gloriosos pocos millones de años de existencia".

La pregunta que sigue es un clásico del humor inconsciente: "¿Tendríamos que estar deprimidos por una perspectiva de este tipo?" se pregunta Paul Davies, ¡presumiblemente esperando una respuesta seria! Inmediatamente nos empieza a animar especulando sobre diferentes maneras en que la humanidad podría escapar a la destrucción. Inevitablemente inmediatamente nos encontramos en una especie de país de las maravillas a medio camino entre la religión y la ciencia ficción.

"Uno puede preguntarse si un superser que habitase el universo colapsante en sus momentos finales podría tener un número infinito de pensamientos y experiencias diferentes en el tiempo finito a su disposición".

Así que antes de que se acaben los tres minutos finales, la humanidad abandona su crudo cuerpo material y se convierte en espíritu puro, capaz de sobrevivir el final de todas las cosas transformándose en Supercerebro.

"Cualquier supercerebro tendría que ser muy agudo e intercambiar comunicaciones de una dirección a otra en la medida en que las oscilaciones llevasen el colapso más rápidamente en una dirección y después en otra. Si el ser puede mantener el ritmo, las propias oscilaciones podrían proporcionarle la energía necesaria para dirigir el proceso de pensamiento. Es más, en modelos matemáticos simples parece haber un número infinito de oscilaciones en la duración finita que termina en el big crunch. Esto provee una cantidad infinita de procesamiento de información, y por lo tanto, por hipótesis, un tiempo subjetivamente infinito para el superser. De esta manera el mundo mental podría no acabar nunca, aunque el mundo físico llega a un cese abrupto en el big crunch".⁶⁰

¡Realmente hace falta un Supercerebro para entender este galimatías! Sería bonito pensar que el autor está bromeando. Desgraciadamente hemos leído demasiados pasajes de este tipo recientemente para estar seguros de esto. Si el big crunch significa "el final de todo", ¿qué le pasa a nuestro amigo el Supercerebro? Para empezar, sólo un idealista incorregible podría concebir un cerebro sin un cuerpo. Por supuesto que aquí se trata no de un cerebro cualquiera, sino de un Supercerebro. Incluso así nos podemos imaginar que le serían útiles una médula espinal y un sistema nervioso central; y que ese sistema nervioso, para ser justos, necesita un cuerpo; y que un cuerpo (incluso un Supercuerpo) generalmente necesita algún tipo de sustento, especialmente en la medida en que el cerebro es famoso por su glotonería, y absorbe un alto porcentaje del total de calorías consumidas incluso por un simple mortal. ¡Lógicamente un Supercerebro tendría un Superapetito! Pero por desgracia, en la medida en que el big crunch es el

final de todas las cosas, nuestro pobre Supercerebro estaría sometido a una estricta dieta para el resto de la eternidad. Sólo nos queda la esperanza de que, siendo como es muy agudo, habrá tenido tiempo de tragarse una comida rápida antes de que se le hayan acabado los tres minutos. Con este pensamiento edificante nos despedimos del Supercerebro y volvemos a la realidad.

¿No es asombroso que, después de dos mil años de los mayores avances de la ciencia y la cultura humanas, nos encontremos de vuelta al *Libro de las revelaciones*? Engels advirtió ya hace cien años que, dando la espalda a la filosofía, los científicos acabarían inevitablemente en el "mundo de los espíritus". Desgraciadamente esta predicción ha resultado ser demasiado precisa.

¿Un "universo de plasma"?

El modelo estándar del universo nos ha llevado a un callejón sin salida, científico, moral y filosófico. La propia teoría está llena de agujeros. Y sin embargo sigue en pie, aunque se aguanta a duras penas, principalmente por la falta de una alternativa. Sin embargo algo se cuece en el mundo de la ciencia. Están empezando a tomar forma nuevas ideas, que no sólo rechazan el big bang, sino que parten de la idea de un universo infinito en cambio constante. Todavía es demasiado pronto para decir cual de estas teorías se verá confirmada. Una hipótesis interesante es la del "universo de plasma", planteada por el premio Nóbel de física sueco Hannes Alfvén. Aunque no podemos entrar en detalle en la teoría, pensamos que tenemos que mencionar por lo menos algunas de las ideas de Alfvén.

Alfvén pasó de la investigación de plasma en el laboratorio al estudio de cómo evoluciona el universo. El plasma está compuesto de gases calientes conductores de la electricidad. Ahora se sabe que el 99% de la materia del universo es plasma. Mientras que en un gas normal los electrones están ligados a un núcleo y no se pueden mover fácilmente, en un plasma, los electrones se separan por el intenso calor, lo que les permite moverse libremente. Los cosmólogos del plasma plantean un universo "entrecruzado por vastas corrientes eléctricas y potentes campos magnéticos, ordenados por el contrapunto cósmico del electromagnetismo y la gravedad".⁶¹ En los años 70, las sondas espaciales *Pioneer* y *Voyager* detectaron la presencia de corrientes eléctricas y campos magnéticos rellenos con filamentos de plasma alrededor de Júpiter, Saturno y Urano.

Científicos como Alfvén, Anthony Peratt y otros, han elaborado un modelo de universo dinámico, no estático, pero que no requiere un inicio en el tiempo. El fenómeno de la expansión de Hubble necesita una explicación. Pero no tiene porque ser necesariamente el big bang. Un big bang ciertamente provocaría una explosión, pero una explosión no requiere necesariamente un big bang. Como dice Alfvén: "esto es como decir que ya que todos los perros son animales, todos los animales son perros". El problema no es la idea de una explosión, que en un momento dado dio lugar a una expansión de una parte del universo. No hay nada intrínsecamente improbable en esta idea. El problema es la idea de que toda la materia del universo estaba concentrada en un solo punto, y que el propio universo y el tiempo nacieron en un solo instante llamado big bang.

El modelo alternativo sugerido por Hannes Alfvén y Oskar Klein acepta que pudo haber habido una explosión provocada por la combinación de gran cantidad de materia y antimateria en una pequeña esquina del universo visible, que generase gran cantidad de electrones y positrones energéticos. Atrapados en campos magnéticos, estas partículas empujaron el plasma durante cientos de millones de años. "La explosión de esta Época, hace unos diez o veinte mil millones de años, envió el plasma a partir del cual se condensaron las galaxias separándose $\frac{3}{4}$ en la expansión de Hubble $\frac{3}{4}$. Pero esto de ninguna manera fue un big bang que creó materia, espacio y tiempo. Fue sólo un big bang, una explosión en una parte del universo. Alfvén es el primero en admitir que esta explicación no es la única posible. 'El punto significativo', insiste, 'es que existen alternativas al big bang'".

En un momento en que casi todos los demás científicos pensaban que el espacio estaba vacío, Alfvén demostró que no era así. Planteó que todo el universo estaba recorrido por corrientes de plasma y campos magnéticos. Alfvén realizó un trabajo pionero en el campo de las manchas solares y campos magnéticos. Más adelante, Alfvén demostró que cuando una corriente fluye a través del plasma en el laboratorio asume la forma de un filamento para poder moverse a lo largo de las líneas del campo magnético. Partiendo de esta observación, llegó a la conclusión de que el mismo fenómeno se daba en el plasma en el espacio. Es una propiedad general del plasma en todo el universo. Así tenemos corrientes eléctricas enormes fluyendo a lo largo de filamentos de plasma formados de manera natural, que cruzan todo el cosmos.

"Formando las estructuras filamentarias observadas en las escalas más pequeñas y más grandes, materia y energía se pueden comprimir en el espacio. Pero está claro que la energía también se puede comprimir en el *tiempo*, el universo está lleno de liberaciones de energía repentinas y explosivas. Un ejemplo con el que Alfvén estaba familiarizado era el de las llamaradas solares, que generan las corrientes de partículas que provocan tormentas magnéticas en la tierra. Sus modelos 'generador' de fenómenos cósmicos demostraron como la energía se puede producir gradualmente, como en una planta energética que se comporte correctamente, y también en llamaradas. La comprensión de la liberación explosiva de energía era la clave de la dinámica del cosmos".

Alfvén había demostrado la corrección de la hipótesis nebular de Kant-Laplace. Por lo tanto, si las estrellas y planetas se pueden formar por la acción de enormes corriente filamentarias, no hay razón para que no se puedan formar de la misma manera sistemas solares completos:

"Nuevamente, este proceso es idéntico, pero su tiempo es inmensamente mayor: filamentos extendidos a lo largo de una nebulosa protogaláctica contraen el plasma en los materiales constituyentes del sol y otras estrellas. Una vez que el material se contrae inicialmente, la gravedad unirá a algunos, especialmente las partículas de hielo y polvo de

movimiento más lento, que entonces crearán la semilla para el crecimiento de un cuerpo central. Además, el movimiento de vórtice del filamento dará un momento angular a cada una de las aglomeraciones menores dentro de Él, generando un nuevo, y menor conjunto de corrientes con filamentos y un nuevo ciclo de compresión que forma un sistema solar. (En 1989, esta hipótesis ahora ampliamente aceptada, fue confirmada definitivamente cuando los científicos observaron que los ejes de rotación de todas las estrellas en una nube determinada están alineadas con el campo magnético de la nube, claramente una formación estelar controlada por el campo magnético)".

Por supuesto, las teorías de Alfvén fueron rechazadas por los cosmólogos, en la medida en que cuestionaban no sólo el modelo estándar, sino que incluso ponían en duda la existencia de agujeros negros, que por aquel entonces estaban muy de moda. Alfvén ya había explicado correctamente que los rayos cósmicos no eran los restos del big bang sino productos de la aceleración electromagnética.

"De esta manera, en el escenario de Alfvén y Klein, sólo una pequeña parte del universo -la que observamos^{3/4} habría colapsado primero y luego explotado. En lugar de provenir de un sólo punto, la explosión proviene de una vasta región de cientos de millones de años luz de anchura y que tiene cientos de millones de años luz de desarrollo ^{3/4} no se necesita un 'origen' del universo- ".⁶²

El tiempo dirá si se demuestra que esta teoría es correcta. Lo importante, como resalta el propio Alfvén, es que existe la posibilidad de teorías alternativas al big bang. Pase lo que pase, estamos seguros de que el modelo de universo que finalmente sea corroborado por la ciencia no tendrá nada en común con un universo cerrado con un big bang en una punta y un big crunch en la otra. El descubrimiento del telescopio en 1609 fue un punto de inflexión decisivo en la historia de la astronomía. Desde entonces, el horizonte del universo se ha ido ampliando cada vez más. Hoy en día los potentes radiotelescopios penetran en las profundidades del espacio exterior. Cada vez se descubren nuevos objetos, más grandes y más alejados, sin ningún final a la vista. Sin embargo la obsesión humana por lo finito crea la necesidad urgente de poner un "límite final" a todas las cosas. Podemos ver como este fenómeno se repite una y otra vez en la historia de la astronomía.

Es irónico que precisamente cuando la tecnología nos permite penetrar más que nunca en la enormidad del universo, somos testigos de una regresión psicológica al mundo medieval de un universo finito, empezando con la Creación y acabando en una aniquilación total de espacio, tiempo y materia. En este punto se traza una línea insuperable, más allá de la cual la mente humana no puede preguntarse, puesto que "no podemos conocer" lo que hay más allá. Es el equivalente del siglo XX a los antiguos mapas en los que se dibujaba el fin del mundo con un aviso amenazador: "Aquí hay monstruos".

Einstein y el big bang

En las últimas décadas se ha enraizado el prejuicio de que la ciencia "pura", especialmente la física teórica es el producto solamente del pensamiento abstracto y la deducción teórica. Como plantea Eric Lerner, Einstein es parcialmente responsable de esta tendencia. A diferencia de teorías anteriores, como las leyes del electromagnetismo de Maxwell, o la ley de la gravedad de Newton, que se basaban sólidamente en el experimento, y fueron rápidamente confirmadas por cientos de miles de observaciones independientes, las teorías de Einstein se confirmaron en un primer momento solamente sobre la base de dos observaciones -la deflexión de la luz de las estrellas por el campo gravitatorio del sol y una ligera desviación de la órbita de Mercurio-

El hecho de que más adelante se demostrase que la teoría de relatividad era correcta ha llevado a otros, posiblemente sin el nivel de genialidad de Einstein, a creer que esta es la manera de actuar. ¿Por que preocuparse perdiendo el tiempo en experimentos y observaciones tediosas? De hecho, ¿por qué depender de la evidencia de los sentidos, si podemos ir directamente a la verdad a través del método de la deducción pura?

Podemos ver una tendencia creciente hacia un tratamiento puramente abstracto de la cosmología, basado exclusivamente en cálculos matemáticos y la teoría de la relatividad. "El número de comunicaciones cosmológicas publicadas anualmente aumentó astronómicamente de sesenta en 1965 a más de quinientas en 1980, pero este crecimiento se ha dado casi únicamente en trabajo *puramente* teórico: en 1980 casi el 95% de estas comunicaciones se dedicaban a varios modelos matemáticos, como el 'universo de Bianchi tipo XI'. A mediados de la década de 1970, la confianza de los cosmólogos era tal que se sentían capaces de describir con gran detalle acontecimientos de las primeras centésimas de segundo del tiempo, hace varios miles de millones de años. Cada vez más, la teoría tomó las características de un mito, conocimiento exacto, absoluto sobre acontecimientos en el pasado distante pero un conocimiento cada vez menos claro de cómo llevaron al universo que vemos ahora, y un rechazo creciente de la observación".

El talón de Aquiles del universo cerrado y estático de Einstein es que colapsaría sobre sí mismo inevitablemente debido a la fuerza de la gravedad. Para solventar este problema Él planteó la hipótesis de la "constante cosmológico", una fuerza de repulsión que contrarrestaría la fuerza de la gravedad, impidiendo de esta manera el colapso del universo. Durante un tiempo, la idea de un universo estático, que las fuerzas gemelas de la gravedad y la "constante cosmológica" mantendrían para siempre en un estado de equilibrio fue apoyada -por lo menos por el pequeño número de científicos que decían entender las teorías extremadamente abstractas y complicadas de Einstein- .

En 1970, en un artículo en *Science*, Gerard de Vaucouleur demostró que, en la medida en que los objetos del universo son más grandes, su densidad es menor. Por ejemplo un objeto diez veces más grande sería 100 veces menos denso. Esto tiene serias implicaciones para los intentos de establecer la densidad media del universo, que es

necesaria para saber si hay suficiente gravedad para detener la expansión de Hubble. Si la densidad media disminuye con el aumento de tamaño, será imposible definir la densidad media del universo en su conjunto. Si De Vaucouleur tiene razón, la densidad del universo observado sería mucho menor de lo que se pensaba, y el valor de omega podría ser tan pequeño como 0,0002. En un universo con tan poca materia, los efectos de la gravedad serían tan débiles que la diferencia entre la relatividad general y la gravedad newtoniana sería insignificante y por lo tanto, "a efectos prácticos, la relatividad general, el fundamento de la cosmología convencional, puede *¡ser ignorada!*". Lerner continua: "El descubrimiento de De Vaucouleur demuestra que en ninguna parte del universo $\frac{3}{4}$ quizás con la excepción de cerca de una estrella de neutrones ultra densa $\frac{3}{4}$ la relatividad general no es más que una corrección sutil".⁶³

Las dificultades a la hora de comprender lo que Einstein "realmente quería decir" ya son legendarias. Hay una historia según la cual cuando un periodista preguntó al científico inglés Eddington si era cierto que sólo había tres personas en el mundo que entendiesen la relatividad, este contestó: "¿Ah sí? Y quién es el tercero?" Sin embargo el matemático ruso Alexander Friedmann, a principios de los 20 demostró que el modelo de universo de Einstein era sólo una de entre un número infinito de cosmologías posibles, algunas en expansión, otras en contracción dependiendo del valor de la constante cosmológica, y de las "condiciones iniciales" del universo. Este era un resultado puramente matemático, deducido de las ecuaciones de Einstein. El auténtico significado del trabajo de Friedmann fue que puso en duda la idea de un universo cerrado y estático, y demostró que había otros modelos posibles.

Estrellas de neutrones

Contrariamente a la idea de la antigüedad de que las estrellas eran eternas e inmutables, la astronomía moderna ha demostrado que las estrellas y otros cuerpos celestes tienen una historia, un nacimiento, una vida y una muerte, gigantes y rarificadas en su juventud; azules, calientes y radiantes en la mitad de la vida; contraídas, densas y rojas de nuevo en su vejez. Las observaciones astronómicas con potentes telescopios nos han permitido acumular gran cantidad de información. Sólo en Harvard ya se habían clasificado un cuarto de millón de estrellas en cuarenta tipos diferentes, antes de la Segunda Guerra Mundial, gracias al trabajo de Annie J. Cannon. Ahora se conocen muchas más gracias a los radiotelescopios y la exploración espacial.

El astrónomo inglés Fred Hoyle ha realizado una investigación detallada de la vida y la muerte de las estrellas. El combustible de las estrellas es la fusión de hidrógeno en helio en su núcleo. Una estrella en su estadio inicial cambia poco de temperatura o de tamaño. Esta es la etapa actual de nuestro sol. Sin embargo, más pronto o más tarde el hidrógeno que se consume en el centro a gran temperatura se convierte en helio. Este se acumula en el núcleo hasta que, cuando alcanza cierto tamaño, la cantidad se transforma en calidad. Se produce un cambio dramático, provocando un salto repentino de tamaño y temperatura. La estrella se expande enormemente, mientras que su superficie pierde calor. Se convierte en una *gigante roja*.

Según esta teoría, el helio del núcleo se contrae, elevando la temperatura hasta el punto en que el núcleo de helio se funde creando carbón y liberando más energía. Según se calienta se contrae todavía más. En este momento, la vida de la estrella llega rápidamente a su final, ya que la energía producida por la fusión del helio es mucho menor que la producida por la fusión del hidrógeno. En un momento dado el nivel de energía empieza a caer por debajo del necesario para mantener la expansión de la estrella contra su propio campo gravitatorio. La estrella se contrae rápidamente, colapsando sobre sí misma para convertirse en una *enana roja*, rodeada por un halo de gas, los restos de las demás capas fundidas por el calor de la contracción. Estas son las bases de las nebulosas planetarias. La estrella puede permanecer en este estado durante largo tiempo, enfriándose lentamente, hasta que ya no tiene suficiente energía como para brillar. Acaba siendo una *enana blanca*.

Sin embargo estos procesos parecen bastante tranquilos en comparación al escenario planteado por Hoyle para las estrellas más grandes. Cuando una estrella grande llega a un estadio tardío de desarrollo, en el que su temperatura interna llega a 3-4.000 millones de grados, se empieza a formar hierro en su núcleo. Llegados a cierto punto la temperatura alcanza tal grado que los átomos de hierro se escinden para formar helio. En este momento la estrella colapsa sobre sí misma en más o menos un segundo. Un colapso de este tipo provoca una violenta explosión que hace salir despedido todo el material externo al centro de la estrella. Esto es lo que se conoce como *supernova*, como la que asombró a los astrónomos chinos en el siglo XI.

Surge la cuestión de qué sucede si una estrella grande sigue colapsando bajo la presión de su propia gravedad. Fuerzas gravitatorias inimaginables exprimirían los electrones en el espacio ya ocupado por los protones. Según una ley de la mecánica cuántica conocida como el principio de exclusión de Pauli, dos electrones no pueden ocupar el mismo estado de energía en un átomo. Es este principio el que, actuando sobre los neutrones evita un colapso mayor. En este estadio, la estrella se compone principalmente de neutrones, y de ahí su nombre. Una estrella de este tipo tiene un radio muy pequeño, quizás de 10 km., o $\frac{1}{700}$ parte del radio de una enana roja, y con una densidad más de cien millones de veces mayor que la de esta, ya de por sí bastante alta. Una sola caja de cerillas llena de este material pesaría tanto como un asteroide de un kilómetro de diámetro.

Con tal concentración de masa, la atracción gravitatoria de una estrella de neutrones absorbería todo lo que estuviese a su alrededor. La existencia de este tipo de estrellas fue predicha teóricamente en 1932 por el físico soviético Lev Landau, y posteriormente estudiada en detalle por J. R. Oppenheimer y otros. Durante algún tiempo se dudó si estas estrellas podían existir. Sin embargo, en 1967 el descubrimiento de pulsares dentro de los restos de

una supernova como la Nebulosa del Cangrejo dio lugar a la teoría de que los pulsares eran realmente estrellas de neutrones. En esto no hay nada que sea inconsistente con los principios del materialismo.

Los pulsares son estrellas pulsantes, es decir que liberan rápidas explosiones de energía a intervalos regulares. Se estima que sólo en nuestra galaxia puede haber 100.000 pulsares, de los cuales ya se han localizado cientos. Se pensó que la fuente de estas potentes ondas de radio eran estrellas de neutrones. Según la teoría tendría que tener un inmenso campo magnético. Ante la atracción del campo gravitatorio de una estrella de neutrones, los electrones sólo podrían escaparse en los polos magnéticos, perdiendo energía en forma de ondas de radio en el proceso. Las cortas emisiones de ondas de radio se podrían explicar por el hecho de que la estrella de neutrones estuviese rotando. En 1969 se descubrió que la luz de una estrella tenue en la Nebulosa del Cangrejo emitía luz de forma intermitente en línea con las pulsaciones de microondas. Esta fue la primera observación de una estrella de neutrones. Después, en 1982 se descubrió un pulsar rápido, con pulsaciones 20 veces más rápidas que las de la Nebulosa del Cangrejo -642 veces por segundo-

En los años 60 se descubrieron nuevos objetos con los radiotelescopios, los cuasares. A finales de la década se habían descubierto 150, algunos de ellos a unos 9.000 millones de años luz, asumiendo que el desplazamiento al rojo sea correcto. Para que podamos observar objetos a esta distancia tienen que ser entre 30 y 100 veces más luminosos que una galaxia normal. Y sin embargo parecían ser pequeños. Esto planteaba dificultades, lo que llevó a algunos astrónomos a negarse a aceptar que pudiesen estar tan lejos.

El descubrimiento de los cuasares dio un apoyo inesperado a la teoría del big bang. La existencia de estrellas colapsadas con un enorme campo gravitatorio planteaba problemas que no se podían resolver con la observación directa. Este hecho abrió la puerta a una avalancha de especulaciones, incluyendo las interpretaciones más peculiares de la teoría general de la relatividad de Einstein. Como plantea Eric Lerner:

"El *glamour* de los misteriosos cuasares atrajo rápidamente jóvenes investigadores a los cálculos de arcano de la relatividad general y de esta manera a problemas cosmológicos, especialmente aquellos de carácter matemático. Después de 1964 el número de comunicaciones publicadas en cosmología dio un salto hacia arriba, pero el crecimiento fue prácticamente todo en trabajos puramente teóricos, exámenes matemáticos de algunos problemas de la relatividad general, que no se hacían ningún esfuerzo por comparar los resultados con las observaciones. Ya en 1964, quizás cuatro de cada cinco comunicaciones cosmológicas eran teóricas, cuando una década antes sólo lo eran un tercio".⁶⁴

Es necesario distinguir claramente entre agujeros negros, cuya existencia se ha deducido de una interpretación particular de la teoría de la relatividad general, y estrellas de neutrones, que han sido observadas. La idea de agujeros negros ha capturado la imaginación de millones de personas a través de los escritos de autores como Stephen Hawking. Sin embargo la existencia de agujeros negros no está universalmente aceptada, ni tampoco ha sido demostrada definitivamente. Roger Penrose, en un ensayo basado en una conferencia de la BBC Radio de 1973, describe de esta manera la teoría de los agujeros negros:

"¿Qué es un agujero negro? A efectos astronómicos se comporta como un 'cuerpo' pequeño, altamente condensado y oscuro. Pero no es realmente un cuerpo material en el sentido normal de la palabra. No tiene superficie ponderable. Un agujero negro es una región de espacio vacío (aunque extrañamente distorsionado) que actúa como centro de atracción gravitatoria. Hubo *un* tiempo en el que el cuerpo material *estuvo* allí. Pero el cuerpo colapsó hacia adentro bajo la presión de su propia gravedad. Cuanto más se concentraba el cuerpo sobre su centro más fuerte se hacía su campo gravitatorio y el cuerpo era más incapaz de impedir que colapsase todavía más. En un momento dado se alcanzó un punto de no retorno, el cuerpo desapareció dentro de su 'horizonte absoluto de acontecimiento'.

"Más tarde diré más acerca de esto, pero para nuestro propósito actual, es el horizonte absoluto de acontecimiento el que actúa como frontera superficial del agujero negro. Esta superficie no es material. Es simplemente una línea de demarcación trazada en el espacio separando una región interior de una exterior. La región interior -en la que el cuerpo ha caído- se define por el hecho de que ninguna materia, luz o señal de ningún tipo puede escapar de ella, mientras que la región exterior es donde señales o partículas materiales todavía pueden escapar al mundo exterior. La materia que colapsó formando el agujero negro ha caído profundamente hacia adentro para alcanzar densidades increíbles, aparentemente incluso ha sido aplastada hasta dejar de existir alcanzando lo que se conoce como una 'singularidad espacio-tiempo' -un lugar en el que las leyes físicas, tal y como las entendemos actualmente, deben dejar de aplicarse-".⁶⁵

Stephen Hawking

En 1970, Stephen Hawking planteó la idea de que el contenido de energía de un agujero negro podría producir ocasionalmente un par de partículas subatómicas, una de las cuales podría escapar. Esto implica que un agujero negro podría evaporarse, aunque esto llevaría un período de tiempo inimaginablemente largo. Al final, según este planteamiento, explotaría, produciendo una gran cantidad de rayos gamma. Las teorías de Hawking han atraído mucha atención. Su libro *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*, fue quizás el libro que llamó la atención del público en general sobre las nuevas teorías cosmológicas. El lúcido estilo del autor hace que ideas complicadas parezcan simples y atractivas. Es de buen leer, pero también lo son muchas obras de ciencia ficción. Desgraciadamente parece haberse puesto de moda entre los autores de obras populares sobre cosmología aparecer cuanto más místicos mejor, y plantear las teorías más descabelladas, basadas en la máxima cantidad de

especulación y la mínima cantidad de hechos posible. Los modelos matemáticos han desplazado casi por completo a la observación. La filosofía central de esta escuela de pensamiento se resume en el aforismo de Stephen Hawking "no se puede discutir realmente con un teorema matemático".

Hawking afirma que Él y Roger Penrose demostraron (matemáticamente) que la teoría general de la relatividad "implicaba que el universo tenía que tener un principio y, posiblemente, un final". La base de todo esto es que se toma la teoría de la relatividad como una verdad absoluta. Sin embargo, paradójicamente, en el momento del big bang la teoría de la relatividad de golpe y porrazo se hace irrelevante. Deja de aplicarse, como todas las demás leyes de la física, de tal manera que *no se puede decir nada en absoluto sobre el caso*. Nada, es decir, excepto especulación metafísica de la peor especie. Pero volveremos al tema más adelante.

Según esta teoría, el tiempo y el espacio no existían antes del big bang, cuando toda la materia del universo estaba supuestamente concentrada en un solo punto infinitesimal, conocido por los matemáticos como singularidad. El propio Hawking señala las dimensiones implicadas en esta insólita transacción cosmológica:

"En la actualidad sabemos que nuestra galaxia es sólo una de entre los varios cientos de miles de millones de galaxias que pueden verse con los modernos telescopio, y que cada una de ellas contiene cientos de miles de millones de estrellas. Vivimos en una galaxia que tiene un diámetro aproximado de cien mil años luz, y que está girando lentamente. Las estrellas en los brazos de la espiral giran alrededor del centro con un período de varios cientos de millones de años. Nuestro Sol no es más que una estrella amarilla ordinaria, de tamaño medio, situada cerca del centro de uno de los brazos de la espiral. ¡Ciertamente, hemos recorrido un largo camino desde los tiempos de Aristóteles y Ptolomeo, cuando creíamos que la Tierra era el centro del universo!"⁶⁶

De hecho, las enormes cantidades de materia aquí mencionadas no nos dan una idea real de la cantidad de materia del universo. A cada momento se están descubriendo nuevas galaxias y super-cúmulos, en un proceso que no tiene final. Podemos haber adelantado mucho desde Aristóteles en algunos aspectos. Pero en otros parece que estamos muy, muy por detrás suyo. Aristóteles nunca hubiera cometido el error de hablar de un tiempo antes de la existencia del tiempo, o plantear que todo el universo ha sido en la práctica, *creado a partir de la nada*. Para encontrar ideas de este tipo tendríamos que retroceder algunos miles de años al mundo del mito de la Creación Judeo-Babilónico.

Cuando alguien intenta protestar contra estos procedimientos, inmediatamente se le lleva ante el gran Einstein, de la misma manera que a un estudiante travieso se le envía al despacho del director y se le da una severa reprimenda sobre la necesidad de mostrar mayor respeto por la relatividad general, y se le informa que no se puede discutir con teoremas matemáticos, y se le envía a casa debidamente castigado. La principal diferencia es que la mayoría de los directores están vivos y Einstein está muerto, y por lo tanto es incapaz de hacer ningún comentario sobre esta particular interpretación de sus teorías. De hecho, no hay ni una sola referencia en los escritos de Einstein al big bang, los agujeros negros y demás. El propio Einstein, aunque inicialmente tendía hacia el idealismo filosófico, se opuso implacablemente al misticismo en la ciencia. Se pasó las últimas décadas de su vida luchando contra el idealismo subjetivo de Heisenberg y Bohr, y, de hecho, se acercó bastante a una posición materialista. Ciertamente estaría bastante horrorizado de las conclusiones místicas que se han sacado de sus teorías. He aquí un buen ejemplo:

"Todas las soluciones de Friedmann comparten el hecho de que en algún tiempo pasado (entre diez y veinte mil millones de años) la distancia entre galaxias vecinas debe haber sido cero. En aquel instante, que llamamos *big bang*, la densidad del universo y la curvatura del espacio-tiempo habrían sido infinitas. Dado que las matemáticas no pueden manejar realmente números infinitos, esto significa que la teoría de la relatividad general (en la que se basan las soluciones de Friedmann) predice que hay un punto en el universo en donde la teoría en sí colapsa. Tal punto es un ejemplo de lo que los matemáticos llaman una singularidad. En realidad, todas nuestras teorías científicas están formuladas bajo la suposición de que el espacio-tiempo es uniforme y casi plano, de manera que ellas dejan de ser aplicables en la singularidad del *big bang*, en donde la curvatura del espacio-tiempo es infinita. Ello significa que aunque hubiera acontecimientos anteriores al *big bang*, no se podrían utilizar para determinar lo que sucedería después, ya que toda capacidad de predicción fallaría en el *big bang*. Igualmente, si, como es el caso, sólo sabemos lo que ha sucedido después del *big bang*, no podremos determinar lo que sucedió antes. Desde nuestro punto de vista, los sucesos anteriores al *big bang* no pueden tener consecuencias, por lo que no deberían formar parte de los modelos científicos del universo. Así pues, deberíamos extraerlos de cualquier modelo y decir que el tiempo tiene su principio en el *big bang*".

Pasajes de este tipo nos recuerda la acrobacia intelectual de los escolásticos medievales discutiendo sobre el número de ángeles que podrían bailar en la punta de un alfiler. Esto no hay que tomarlo como un insulto. Si la validez del argumento se determina por su *consistencia interna*, los argumentos de los escolásticos eran tan válidos como este. No eran tontos, sino lógicos y matemáticos altamente cualificados, que erigieron construcciones teóricas tan elaboradas y perfectas a su manera como las catedrales medievales. Todo lo que había que hacer era aceptar sus premisas y todo encajaba. El problema es si la premisa inicial es correcta o no. Este es el problema general de toda la matemática, y su debilidad central. Y toda esta teoría se basa principalmente en la matemática:

"En el tiempo que llamamos big bang" Pero si *no había tiempo*, ¿cómo nos podemos referir a Él como "el tiempo"? Se plantea que el tiempo *empezó* en ese punto. ¿Entonces, qué había antes del tiempo? ¡Un tiempo en el que no había tiempo! El carácter auto contradictorio de esta idea es evidente. Tiempo y espacio son el modo de existencia de la materia. Si no había tiempo, ni espacio, ni materia, ¿entonces qué había? ¿Energía? Pero la energía, como explica Einstein, es sólo otra manifestación de la materia. ¿Un campo de fuerza? Pero un campo de fuerza también

es energía con lo cual no resolvemos nada. La única manera en que podemos librarnos del tiempo es si antes del big bang no había *nada*.

El problema es: ¿cómo es posible pasar de nada a algo? Si uno es religioso no hay problema: Dios creo el universo a partir de la nada. Esta es la doctrina de la Iglesia Católica, la Creación *ex nihilo*. Hawking se da cuenta de este hecho, que le resulta bastante incómodo, como queda evidente en la siguiente línea de su libro:

"A mucha gente no le gusta la idea de que el tiempo tenga un principio, probablemente porque suena a intervención divina. (La Iglesia católica, por el contrario, se apropió del modelo del big bang y en 1951 proclamó oficialmente que estaba de acuerdo con la Biblia)".

El propio Hawking no quiere aceptar esta conclusión. Pero es inevitable. Todo este lío parte de un concepto del tiempo filosóficamente incorrecto. Einstein es en parte responsable de esto, en la medida en que parece que introdujo un elemento subjetivo confundiendo la medición del tiempo con el propio tiempo. Una vez más vemos como la reacción contra la vieja mecánica newtoniana se lleva a un extremo. La cuestión no es si el tiempo es "relativo" o "absoluto". La cuestión principal que hay que responder es si el tiempo es *objetivo* o *subjetivo*, si el tiempo es el modo de existencia de la materia o un concepto totalmente subjetivo existente en la mente y determinado por el observador. Hawking claramente adopta una visión subjetiva del tiempo cuando plantea:

"Las leyes de Newton del movimiento acabaron con la idea de una posición absoluta en el espacio. La teoría de la relatividad elimina el concepto de un tiempo absoluto. Consideremos un par de gemelos. Supongamos que uno de ellos se va a vivir a la cima de una montaña, mientras que el otro permanece al nivel del mar. El primer gemelo envejecerá más rápidamente que el segundo. Así, si volvieran a encontrarse, uno sería más viejo que el otro. En este caso, la diferencia de edad sería muy pequeña, pero sería mucho mayor si uno de los gemelos se fuera de viaje en una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz. Cuando volviera, sería mucho más joven que el que se quedó en la Tierra. Esto se conoce como la paradoja de los gemelos, pero es sólo una paradoja si uno tiene siempre metida en la cabeza la idea de un tiempo absoluto. En la teoría de la relatividad no existe un tiempo absoluto único, sino que cada individuo posee su propia medida personal del tiempo, medida que depende de dónde está y de cómo se mueve".⁶⁷

No está en discusión el hecho de que hay un elemento subjetivo en la medición del tiempo. Medimos el tiempo según un marco de referencia determinado, que puede variar, y de hecho varía, de un sitio a otro. La hora en Londres es diferente de la hora en México o en Madrid. Pero esto no significa que el tiempo sea puramente subjetivo. Los procesos objetivos en el universo tienen lugar seamos capaces de medirlos o no. Tiempo, espacio y moción son objetivos a la materia, y no tienen principio ni fin.

Aquí es interesante ver lo que Engels planteaba sobre el tema:

"El 'ser atemporalmente sido' de Hegel y el 'ser inmemorial' neoschellingiano son incluso nociones racionales, comparados con este ser fuera del tiempo. Por eso el señor Dühring procede, en efecto, muy cautelosamente: se trata realmente de un tiempo, pero de un tiempo al que en el fondo no debe llamarse tal, pues naturalmente que el tiempo en sí no consta de partes reales, sino que en nuestro entendimiento el que lo divide arbitrariamente; sólo un conjunto de cosas distintas que ocupen el tiempo pertenece a lo enumerable, y no se sabe qué puede significar la acumulación de una duración vacía. No es aquí del todo indiferente, en efecto, lo que puede significar esa acumulación; lo que se pregunta es si el mundo en el estado presupuesto por el señor Dühring dura, recorre un lapso de tiempo. Sabemos hace mucho tiempo que no puede obtenerse ningún resultado midiendo una duración sin contenido, como tampoco se conseguirá nada haciendo mediciones sin finalidad y sin objetivo en un espacio vacío; precisamente por eso, por esa ociosidad del procedimiento, Hegel llamaba *mala* a esa infinitud".⁶⁸

¿Existen las singularidades?

Un agujero negro y una singularidad no son lo mismo. No hay nada en principio que excluya la existencia de agujeros negros estelares, en el sentido de estrellas masivas colapsadas en las que la fuerza de la gravedad es tan enorme que ni siquiera la luz puede escapar de su superficie. Incluso la idea no es nueva. Fue predicha en el siglo XVIII por John Mitchell que planteó que una estrella suficientemente grande atraparía la luz. Llegó a esta conclusión basándose en la teoría clásica de la gravedad. La relatividad general no entraba aquí para nada.

Sin embargo, la teoría planteada por Hawking y Penrose va más allá de los hechos observados, y, como hemos visto, saca conclusiones que tienden a todo tipo de misticismo, incluso si esa no era su intención. Eric Lerner considera el que los argumentos a favor de agujeros negros supermasivos en el centro de las galaxias es débil. Junto con Anthony Peratt ha demostrado que todas las características asociadas con estos agujeros negros supermasivos, quasares, etc. se pueden explicar mejor a través de fenómenos electromagnéticos. Sin embargo piensa que la evidencia es mucho más fuerte para la existencia de agujeros negros de tamaño estelar en la medida en que esto se basa en la detección de fuerzas de rayos X muy intensas demasiado grandes para ser estrellas de neutrones. Pero incluso en este caso las observaciones están lejos de demostrar el caso.

Las abstracciones matemáticas son herramientas muy útiles para comprender el universo, con una condición; que no se pierda de vista el hecho de que incluso la mejor abstracción matemática es sólo un aproximación a la realidad. El problema empieza cuando se empieza a confundir el modelo con la cosa en sí. El propio Hawking revela la debilidad de su método en el pasaje citado. *fl supone* que la densidad del universo en el punto del big bang era infinita, sin darnos las razones para ello, y después añade, en una línea de argumentación bastante peculiar que "debido a que

las matemáticas no pueden realmente tratar con números infinitos" la teoría de la relatividad se rompe en este punto. A esto, es necesario añadir, "y todas las leyes conocidas de la física", puesto que no es sólo la relatividad general lo que se rompe con el big bang sino toda la ciencia. No es sólo que no sabemos que ocurrió antes. Es que *no podemos saberlo*.

Esto es una vuelta a la teoría de Kant de la Cosa-en-Sí incognoscible. En el pasado, correspondía a la religión y a ciertos filósofos idealistas, como Hume y Kant, poner límites al conocimiento humano. La ciencia podía llegar hasta aquí pero no más lejos. En el momento en que no se permite avanzar la inteligencia humana empieza el misticismo y la religión y la irracionalidad. Sin embargo la historia de la ciencia es la historia de cómo se derribó una barrera tras otra. Lo que era supuestamente incognoscible para una generación se convertía en un libro abierto para la siguiente. Toda la ciencia se basa en la noción de que podemos conocer el universo. Ahora, por primera vez, los científicos están poniendo límites al conocimiento, una cosa totalmente extraordinaria y bastante triste en relación a la situación actual de la física teórica y la cosmología.

Consideremos las implicaciones del pasaje anterior: a) puesto que las leyes de la ciencia, incluyendo la relatividad general (que se supone que es la base de toda la teoría) dejan de aplicarse en el big bang, es imposible saber qué sucedió antes, si es que sucedió algo, b) incluso si hubiese habido acontecimientos antes del big bang, no tienen efecto sobre lo que pasó después, c) no podemos conocer nada sobre ello, y por lo tanto, d) simplemente "lo sacaremos del modelo y diremos que el tiempo empezó en el big bang".

La aire de autosuficiencia con que se hacen estas afirmaciones realmente nos deja con la boca abierta. Se nos pide que aceptemos un límite absoluto a nuestra capacidad de comprender los problemas más fundamentales de la cosmología, de hecho, que no hagamos preguntas (porque todas las preguntas sobre el tiempo antes del tiempo no tienen sentido) y que deberíamos aceptar sin más que el tiempo empezó con el big bang. De esta manera, Stephen Hawking simplemente presupone lo que hay que demostrar. De la misma manera los teólogos aseguran que Dios creó el universo, y cuando se les pregunta que *quiÉn* creó a Dios, simplemente responden que estas cuestiones están más allá de las mentes de los mortales. Sin embargo en una cosa sí podemos estar de acuerdo; toda la cosa "huele a intervención divina". Más que eso, lo implica necesariamente.

En su polémica contra Dühring, Engels plantea que es imposible que la moción pueda surgir de la inmovilidad, que *algo*, surgía de la *nada*: "Sin acto de creación no podemos pasar de nada a algo, aunque el algo sea tan pequeño como un infinitésimo matemático".⁶⁹ La principal defensa de Hawking parece ser que la teoría alternativa al big bang, planteada por Fred Hoyle, Thomas Gould y Hermann Bondi -la llamada teoría del estado estacionario- se demostró que era falsa. Desde el punto de vista del materialismo dialéctico, nunca hubo mucho que elegir entre estas dos teorías. De hecho la teoría del estado estacionario, que sugería que la materia se estaba creando continuamente en el espacio a partir de la nada, era, si es posible, más mística que su rival. El propio hecho de que esa idea pudiese ser tomada en serio por científicos es una condena de la confusión filosófica que ha hechizado la ciencia durante tanto tiempo.

Los antiguos ya comprendía que "de la nada no surge nada". Este hecho se expresa en una de las leyes más fundamentales de la física, la ley de la conservación de la energía. El planteamiento de Hoyle de que sólo se planteaba respecto a una pequeña cantidad no mejora la cuestión. Es un poco como la ingenua jovencita que para aplacar la ira de su padre que se enteró de que iba a tener un hijo, le aseguró que sólo era "uno pequeño". Ni la más mínima partícula de materia (o energía que es lo mismo) se puede crear ni destruir, y por lo tanto la teoría del estado estacionario estaba condenada desde el principio.

La teoría de la "singularidad" de Penrose, en un principio no tenía nada que ver con el origen del universo. Simplemente planteaba que una estrella que colapsase sobre su propia gravedad quedaría atrapada en una región cuya superficie en un momento dado se contraía hasta un tamaño cero. Sin embargo, en 1970, Él y Hawking publicaron una comunicación conjunta en la que pretendían haber demostrado que el propio big bang era una "singularidad" de este tipo, partiendo de la base que "la relatividad general es correcta y el universo contiene tanta materia como la que observamos".

"Hubo una fuerte oposición a nuestro trabajo, por parte de los rusos, debido a su creencia marxista en el determinismo científico, y por parte de la gente que creía que la idea en sí de las singularidades era repugnante y estropeaba la belleza de la teoría de Einstein. No obstante, uno no puede discutir en contra de un teorema matemático. Así, al final, nuestro trabajo llegó a ser generalmente aceptado y, hoy en día, casi todo el mundo supone que el universo comenzó con una singularidad como la del *big bang*".

La relatividad general ha demostrado ser una herramienta muy potente, pero toda teoría tiene sus límites, y nos da la sensación de que esta ha sido llevada más allá de los suyos. Es imposible decir cuanto tiempo más puede durar antes de ser sustituida por un conjunto de ideas más amplio y comprensivo, pero lo que está claro es que esta aplicación en concreto ha llevado a un callejón sin salida. Por lo que se refiere a la cantidad de materia en el universo, nunca sabremos la cantidad total, porque no tiene límite. Están tan enredados en ecuaciones matemáticas que se olvidan de la realidad. En la práctica, las ecuaciones han sustituido la realidad.

Habiendo logrado convencer a mucha gente sobre la base de que "uno no puede discutir en contra de un teorema matemático", a la postre Hawking cambió de opinión: "Resulta por eso irónico que, al haber cambiado mis ideas, esté tratando ahora de convencer a los otros físicos de que no hubo en realidad singularidad al principio del universo. Como veremos más adelante, Ésta puede desaparecer una vez que los efectos cuánticos se tienen en cuenta". El

carácter arbitrario de todo el método se demuestra por el extraordinario cambio de opinión de Hawking. Ahora afirma que no hay singularidad en el big bang. ¿Por qué? ¿Qué ha cambiado? No hay más evidencia real que antes. Todos estos giros y cambios tienen lugar dentro del mundo de las abstracciones matemáticas.

La teoría de los agujeros negros de Hawking representa una extensión de la idea de la singularidad de partes concretas del universo. Está llena de los elementos más contradictorios y místicos. Tomemos el siguiente pasaje, que describe el extraordinario escenario de un astronauta que cayera en un agujero negro:

"El trabajo que Roger Penrose y yo hicimos entre 1965 y 1970 demostró que, de acuerdo con la relatividad general, debe haber una singularidad de densidad y curvatura del espacio-tiempo infinitas dentro de un agujero negro. La situación es parecida al *big bang* al principio del tiempo, sólo que sería el final, en vez del principio del tiempo, para el cuerpo que se colapsa y para el astronauta. En esta singularidad, tanto las leyes de la ciencia como nuestra capacidad de predecir el futuro fallarían totalmente. No obstante, cualquier observador que permaneciera fuera del agujero negro no estaría afectado por este fallo de capacidad de predicción, porque ni la luz ni cualquier otra señal podrían alcanzarle desde la singularidad. Este hecho notable llevó a Roger Penrose a proponer la hipótesis de la censura cósmica, que podría parafrasearse como 'Dios detesta una singularidad desnuda'. En otras palabras, las singularidades producidas por un colapso gravitatorio sólo ocurren en sitios, como los agujeros negros, en donde están decentemente ocultas por medio de un horizonte de sucesos, para no ser vistas desde fuera. Estrictamente, esto es lo que se conoce como la hipótesis débil de la censura cósmica: protege a los observadores que se quedan fuera del agujero negro de las consecuencias de la crisis de predicción que ocurre en la singularidad, pero no hace nada por el pobre desafortunado astronauta que cae en el agujero".⁷⁰

El que lo entienda que nos lo explique. No contentos con el principio (y el final) del tiempo en su conjunto, ahora Penrose y Hawking descubren numerosas partes del universo en las que ¡el tiempo ya ha terminado! A pesar de que la evidencia de la existencia de los agujeros negros es muy débil, parece bastante probable que exista algún fenómeno de este tipo, en forma de estrellas colapsadas con tremendas concentraciones de materia y gravedad. Pero parece bastante dudoso que este colapso gravitatorio pueda nunca llegar al punto de una singularidad, y mucho menos quedarse en este estado para siempre. Mucho antes de que se llegase a este punto tal enorme concentración de energía provocaría una explosión masiva.

Todo el universo es una prueba de que el proceso de cambio no tiene fin a todos los niveles. Zonas enormes del universo pueden estar en expansión, mientras que otras se están contrayendo. Largos períodos de equilibrio aparente interrumpidos por violentas explosiones, como supernovas, que a su vez proporcionan la materia prima para la formación de nuevas galaxias, que es un proceso continuo. No hay desaparición ni creación de la materia, sino el continuo e incesante cambio de un estado a otro. Por lo tanto no se puede plantear el "fin del tiempo" ni en un agujero negro ni en ninguna otra parte.

Una abstracción vacía

Toda la noción mística se deriva de la interpretación subjetivista del tiempo, que lo hace dependiente de ("relativo a") un observador. Pero el tiempo es un fenómeno objetivo, independiente de cualquier observador. La necesidad de introducir el pobre astronauta en la idea no surge de ninguna necesidad científica, sino que es el producto de un punto de vista filosófico concreto, pasado de contrabando bajo la bandera de la "teoría de la relatividad". Veis, para que el tiempo sea "real", necesita que haya un *observador*, que pueda interpretarlo desde su punto de vista. ¡Se supone que si no hay observador no hay tiempo! En un razonamiento de lo más peculiar el observador está protegido contra la influencia maligna del agujero negro, por una hipótesis arbitraria, una "censura cósmica débil", lo que quiera que esto signifique. Sin embargo, dentro del agujero, no hay tiempo. Por lo tanto en el exterior el tiempo existe, pero un poca más allá ya no existe. En la frontera entre los dos estados tenemos un misterioso *horizonte de acontecimiento*, cuya naturaleza permanece en la oscuridad.

Al final parece que tenemos que abandonar toda esperanza de conocer lo que hay más allá del horizonte de acontecimiento, ya que, citando Hawking, está "decentemente escondido de la vista". Aquí tenemos el equivalente del siglo XX de la Cosa-en-Sí kantiana. Y al igual que la Cosa-en-Sí, al final parece que no es tan difícil de entender. Aquí lo que tenemos es un punto de vista místico idealista del tiempo y el espacio, metido en un modelo matemático y confundido con la realidad.

Tiempo y espacio son las propiedades más fundamentales de la materia. Más correctamente son el modo de existencia de la materia. Kant ya planteó que si dejamos aparte las propiedades físicas de la materia sólo nos queda tiempo y espacio. Pero esto en realidad es una abstracción vacía. Tiempo y espacio no pueden existir separadamente de las propiedades físicas de la materia de la misma manera que uno no puede comer "fruta" en general, en oposición a naranjas y manzanas, o hacer el amor con el Género Femenino. Se ha planteado la acusación contra Marx, sin la más mínima base real, de que concibió que la historia tenía lugar sin la participación consciente de hombres y mujeres, como resultado de las fuerzas económicas, o algún sin sentido por el estilo. De hecho Marx plantea claramente que la historia no puede hacer nada, y que los hombres y mujeres hacen su propia historia, aunque no la hacen totalmente de acuerdo con su "libre voluntad".

Hawking, Penrose y muchos otros son culpables precisamente del error que se atribuye falsamente a Marx. En lugar de la abstracción vacía de la Historia, que en efecto se personifica y toma vida propia, tenemos una abstracción igualmente vacía del Tiempo, concebida como una entidad independiente que nace y muere, y que en general hace

todo tipo de trucos, con su amigo el Espacio, que surge y colapsa y se dobla, un poco como un borracho cósmico, y acaba tragándose a los desventurados astronautas que caen en un agujero negro.

Este tipo de cosas están bien para la ciencia ficción, pero no es una manera útil de comprender el universo. Claramente existen enormes dificultades prácticas para obtener información precisa sobre, por ejemplo, estrellas de neutrones. En cierto sentido, en relación al universo, nos encontramos en una posición en líneas generales análoga a la de los hombres y mujeres primitivos en relación a los fenómenos naturales. Sin información adecuada intentamos encontrar una explicación racional a cosas difíciles y oscuras. Sólo nos quedan nuestros propios recursos -la imaginación y la mente-. Las cosas parecen misteriosas cuando no las entendemos. Para comprender es necesario hacer hipótesis. Algunas de ellas serán erróneas. Esto en sí mismo no es un problema. Toda la historia de la ciencia está llena de ejemplos de cómo hipótesis incorrectas llevaron a descubrimientos importantes.

Sin embargo, tenemos el deber de intentar asegurar que las hipótesis tienen un carácter razonablemente racional. Aquí se hace inevitable el estudio de la filosofía. ¿Necesitamos realmente volver atrás a los mitos primitivos y la religión para poder entender el universo? ¿Necesitamos revivir las desacreditadas nociones del idealismo, que, de hecho están bastante relacionadas con los mitos y la religión? ¿Es necesario reinventar la rueda? "No se puede discutir con un teorema matemático". Quizás no. Pero ciertamente es posible discutir con premisas filosóficas falsas, y una interpretación idealista del tiempo, que nos lleva a conclusiones como esta:

"Existen algunas soluciones de las ecuaciones de la relatividad general en las que le es posible al astronauta ver una singularidad desnuda: Él puede evitar chocar con la singularidad y, en vez de esto, caer a través de un 'agujero de gusano', para salir en otra región del universo. Esto ofrecería grandes posibilidades de viajar en el espacio y en el tiempo, aunque desafortunadamente parece ser que estas soluciones son altamente inestables; la menor perturbación, como, por ejemplo, la presencia del astronauta, puede cambiarlas, de forma que el astronauta podría no ver la singularidad hasta que chocara con ella, momento en el que encontraría su final. En otras palabras, la singularidad siempre estaría en su futuro y nunca en su pasado. La versión fuerte de la hipótesis de la censura cósmica nos dice que las singularidades siempre estarán, o bien enteramente en el futuro, como las singularidades de colapsos gravitatorios, o bien enteramente en el pasado, como el *big bang*. Es muy probable que se verifique alguna de las versiones de la censura cósmica, porque cerca de singularidades desnudas puede ser posible viajar al pasado. Aunque esto sería atractivo para los escritores de ciencia ficción, significaría que nuestras vidas nunca estarían a salvo: ¡alguien podría volver al pasado y matar a tu padre o a tu madre antes de que hubieras sido concebido!".⁷¹

Los "viajes en el tiempo" pertenecen a las páginas de la ciencia ficción, dónde pueden ser fuente de un entretenimiento inocuo. Pero estamos convencidos que nadie debería de estar preocupado por que su existencia esté amenazada por que algún desconsiderado viajero del tiempo se cargue a su abuela. Francamente uno sólo tiene que hacerse la pregunta para darse cuenta de que es totalmente absurda. El tiempo sólo se mueve en una dirección, del pasado al futuro, y no se le puede dar la vuelta. Sea lo que sea lo que nuestro amigo el astronauta se encuentre al fondo del agujero negro, lo que no encontrará es que el tiempo se da la vuelta, o "se detiene" (excepto en el sentido en que, puesto que inmediatamente se haría pedazos debido a la fuerza de la gravedad, el tiempo se acabará *para Él*, junto con otras muchas cosas).

Ya hemos comentado la tendencia a confundir ciencia con ciencia ficción. También nos podemos dar cuenta de que parte de la ciencia ficción está impregnada por un espíritu semi-religioso, místico e idealista. Hace tiempo, Engels señaló que los científicos que rechazan la filosofía frecuentemente caen víctimas de todo tipo de misticismo. Engels escribió un artículo sobre este tema titulado *Ciencia Natural y el mundo de los espíritus*, del cual sacamos este extracto:

"Esta escuela predomina en Inglaterra. Ya su padre, el muy alabado Francis Bacon, había presentado la exigencia de que su nuevo método empírico, inductivo, se aplicara para lograr, ante todo: la prolongación de la vida, el rejuvenecimiento, en cierta medida; el cambio de estatura y de las facciones, la transformación de un cuerpo en otro, la producción de nuevas especies, el dominio del aire y la producción de tormentas. Se queja de que tales investigaciones se hayan abandonado, y en su historia natural ofrece recetas definidas para producir oro y ejecutar diversos milagros. De la misma manera, en su vejez Isaac Newton se afanó por exponer la Revelación de San Juan. De manera que no debe sorprender que en los últimos años del empirismo inglés en la persona de algunos de sus representantes -y no los peores-, parezca haber caído víctima, sin remedio, de la invocación y visión de espíritus, importadas de Norteamérica".⁷²

Sin duda Stephen Hawking y Roger Penrose son científicos y matemáticos brillantes. El problema es que, si empiezas con una premisa falsa, inevitablemente sacas conclusiones falsas. Hawking se siente claramente incómodo con la idea de que se puedan sacar conclusiones religiosas de sus teorías. Menciona que en 1981 asistió a una conferencia sobre astronomía en el Vaticano, organizada por los jesuitas, y comenta:

"La Iglesia católica había cometido un grave error con Galileo, cuando trató de sentar cátedra en una cuestión de ciencia, al declarar que el Sol se movía alrededor de la Tierra. Ahora, siglos después, había decidido invitar a un grupo de expertos para que la asesorasen sobre cosmología. Al final de la conferencia, a los participantes se nos concedió una audiencia con el Papa. Nos dijo que estaba bien estudiar la evolución del universo después del *big bang*, pero que no debíamos indagar en el *big bang* mismo, porque se trataba del momento de la Creación y por lo tanto de la obra de Dios. Me alegré entonces de que no conociese el tema de la charla que yo acababa de dar en la conferencia: la posibilidad de que el espacio-tiempo fuese finito pero no tuviese ninguna frontera, lo que significaría

que no hubo ningún principio, ningún momento de Creación. ¡Yo no tenía ningún deseo de compartir el destino de Galileo, con quien me siento fuertemente identificado en parte por la coincidencia de haber nacido exactamente 300 años después de su muerte!".⁷³

Claramente, Hawking quiere trazar una línea divisoria entre Él y los creacionistas. Pero el intento no tiene mucho Éxito. ¿Cómo puede ser que el universo sea finito y no tenga fronteras? En matemáticas es posible tener una serie infinita de números que empiece por uno. Pero en la práctica, la idea de infinito no puede empezar por uno, ni por ningún otro número. El infinito no es un concepto matemático. No se puede contar. Este "infinito" es una sola dirección es lo que Hegel llama el *mal infinito*. Engels trata este tema en su polémica con Dühring:

"Pero ¿qué hay de la contradicción de las 'sucesiones numéricas infinitas y sin embargo contadas'? Podremos estudiarla mejor en cuanto que el señor Dühring nos exhiba la habilidad de *contarlas*. En cuanto que haya conseguido contar de ni (menos infinito) hasta cero podrá volver a adoctrinarnos. Está claro que, empiece a contar por donde empiece, dejará a sus espaldas una sucesión infinita, y, con ella, la tarea que tiene que resolver. Que invierta su propia sucesión infinita $1 + 2 + 3 + 4$ e intente contar desde el final infinito hasta el uno; se trata obviamente del intento de un hombre que no ve de qué trata. Aún más. Cuando el señor Dühring afirma que la serie infinita del tiempo transcurrido está contada, afirma con eso que el tiempo tiene un comienzo, pues en otro caso no podría empezar siquiera a 'contar'. Por tanto, está siempre dando como presupuesto lo que tiene que probar. La idea de la sucesión infinita y sin embargo enumerada, o, dicho de otro modo, la ley dühringiana universal de la cantidad discreta determinada, es, pues, una *contradictio in adjecto*, contiene una contradicción en sí misma, y más precisamente una contradicción *absurda*.

"Está claro que la infinitud que tiene un final, pero no tiene un comienzo, no es ni más ni menos infinita que la que tiene un comienzo y no tiene un final. La más modesta comprensión dialéctica habría debido decir al señor Dühring que el comienzo y el final van necesariamente juntos como el Polo Norte y el Polo Sur, y que cuando se prescinde del final el comienzo se convierte en final, es decir, en *un* final de la sucesión, y a la inversa. Toda esa ilusión sería imposible sin la costumbre matemática de operar con sucesiones infinitas. Como en la matemática hay que partir de lo determinado y finito para llegar a lo indeterminado y desprovisto de final, todas las sucesiones matemáticas, positivas o negativas, tienen que empezar con un uno para poder calcular con ellas. Pero la necesidad ideal del matemático está muy lejos de ser una ley necesaria y constrictiva del mundo real".⁷⁴

Stephen Hawking ha llevado su especulación relativista hasta su extremo en su trabajo sobre los agujeros negros, llevándonos directamente al reino de la ciencia ficción. En un intento de dar la vuelta a la espinosa cuestión de qué pasó antes del big bang, se ha planteado la idea de "universos bebés", naciendo todo el tiempo, y conectados entre sí por los llamados "agujeros de gusano". Como Lerner comenta irónicamente: "Es una visión que parece exigir alguna forma de control de natalidad cósmico".⁷⁵ Resultado realmente asombroso que científicos serios puedan dar por buenas ideas tan grotescas.

La idea de un "universo finito sin fronteras" es otra abstracción matemática que no se corresponde con la realidad de un universo infinito y en constante cambio. Una vez que se adopta este punto de vista, no hay necesidad de especulaciones místicas sobre "agujeros de gusano", singularidades, supercuerdas, y todo lo demás. En un universo infinito no hay que buscar un principio y un final, sino simplemente trazar el proceso sin fin de movimiento, cambio y desarrollo. Esta concepción dialéctica no deja lugar a Cielo ni Infierno, Dios ni Diablo, Creación ni Juicio Final. No se puede decir lo mismo de Hawking que, como era de esperar, acaba intentando "conocer la mente de Dios".

Los reaccionarios se frotan las manos ante este espectáculo, y utilizan la actual corriente de oscurantismo en la ciencia para sus propios fines. William Rees-Mogg, asesor financiero, escribe:

"Pensamos que es extremadamente probable que el movimiento religioso que podemos observar en muchas sociedades en todo el globo se fortalezca si pasamos por un período económicamente muy difícil. La religión se fortalecerá porque el actual empuje de la ciencia ya no mina la concepción religiosa de la realidad. De hecho, por primera vez en siglos, en realidad la refuerza".⁷⁶

Pensamientos en el vacío

"Algunas veces he creído hasta seis cosas imposibles antes del desayuno".
(Lewis Carroll)

*"Con el hombre esto es imposible,
Mas con Dios todas las cosas son posibles".*
(Mateo, 19:26)

"Nada se puede crear de la nada". (Lucrecio)

Justo antes de acabar de escribir este libro, hemos encontrado la última contribución a la cosmología del big bang, que apareció en el *The New Scientist* del 25 de febrero de 1995. En un artículo de Robert Matthews titulado *Nothing like a Vacuum* (Nada como un vacío), leemos lo siguiente:

"Te rodea por todas partes, pero no lo puedes notar. Es la fuente de todo, pero es nada".

¿Qué es esta cosa tan sorprendente? Un vacío. ¿Qué es un vacío? El diccionario lo define como "espacio falto de contenido físico". Este era el caso hasta ahora, pero ya no lo es. El humilde vacío, en palabras de Matthews, se ha convertido en "uno de los temas más calientes de la física contemporánea".

"Está demostrando ser una tierra de las maravillas de efectos mágicos: campos de fuerza que surgen de la nada, partículas burbujeantes que aparecen y desaparecen y agitaciones nerviosas sin fuente aparente".

Gracias a Heisenberg y a Einstein (¡pobre Einstein!), tenemos "nos damos cuenta asombrados de que alrededor nuestro partículas subatómicas 'virtuales' aparecen perpetuamente de la nada, y desaparecen de nuevo en unos 10⁻²³ segundos. Por lo tanto el 'espacio vacío' no está realmente vacío, sino que es un mar hirviendo de actividad que se extiende por todo el universo". Esto es cierto y falso. Es cierto que todo el universo está lleno de materia y energía, y que el "espacio vacío" no está realmente vacío, sino lleno de partículas, radiación y campos de fuerza. Es cierto que las partículas cambian constantemente, y que algunas tienen una vida tan fugaz que se denominan partículas 'virtuales'. No hay absolutamente nada "asombroso" en estas ideas que ya se conocían hace décadas. Pero lo que es totalmente falso es que aparecen "de la nada". Ya hemos explicado esta idea errónea anteriormente y no es necesario repetir lo dicho

Como un viejo disco rayado, los que intentan introducir el idealismo en la física repiten una y otra vez la idea de que puedes sacar algo de la nada. Esta idea contradice todas las leyes conocidas de la física, incluyendo la física cuántica. ¡Sin embargo aquí nos encontramos con la idea fantástica de que se puede obtener energía literalmente de la nada! Esto es como los intentos de descubrir la *moción perpetua*, que ya fueron correctamente ridiculizados en el pasado.

La física moderna empieza rechazando la vieja idea del *Éter*; un medio invisible universal, a través del cual se creía que viajaban las ondas de luz. La teoría especial de la relatividad de Einstein demostró que la luz puede viajar a través del vacío, y que no necesita un medio especial. Increíblemente, después de citar a Einstein como autoridad (algo tan obligatorio hoy en día, como santiguarse al salir de la iglesia, e igual de inútil) Matthews pasa a introducir de nuevo el *Éter* en la física:

"Esto no significa que no pueda existir un fluido universal, sino que este fluido tiene que cumplir las leyes de la relatividad especial. El vacío no está forzado a ser simplemente fluctuaciones cuánticas alrededor de un estado medio de verdadera nada. Puede ser una fuerza de energía permanente diferente de cero en el universo".

Bien, ¿qué se supone precisamente que quiere decir todo esto? Hasta ahora se nos ha hablado sobre nuevos desarrollos "asombrosos" en la física, "tierras de las maravillas" de partículas, y se nos ha asegurado que el vacío posee suficiente energía para solucionar todas nuestras necesidades. Pero la información real del artículo no parece ser nada nueva. Es muy largo en afirmaciones, pero muy corto en hechos. Quizás fuese la intención del autor compensarla falta de información con la oscuridad de la expresión. Cualquiera se puede preguntar qué quiere decir "*una fuerza de energía permanente diferente de cero*". Y qué es un *estado medio de verdadera nada*. Si lo que se quiere decir es que es un vacío real, entonces hubiera sido preferible decirlo en dos palabras sencillas en lugar de seis complicadas. Este tipo de complicación deliberada normalmente se utiliza para encubrir un embrollo mental, especialmente en este terreno. ¿Por qué no hablar claramente? A menos que lo que tengamos sea una "verdadera nada"É de contenido.

El verdadero quid del artículo es demostrar que un vacío crea cantidades ilimitadas de la nada. La única "prueba" de esto son un par de referencias a las teorías de la relatividad especial y general, que se utilizan regularmente como perchero para colgar de ellas cualquier hipótesis arbitraria. "La relatividad especial exige que las propiedades del vacío parezcan las mismas para todos los observadores, independientemente de su velocidad. Para que esto sea cierto la presión del 'marí vacío tiene que ser tal que anule exactamente la energía de su densidad. Es una condición que parece bastante inocente, pero que tiene algunas consecuencias asombrosas. Por ejemplo significa que una zona concreta de energía de vacío retiene la misma densidad de energía, independientemente de lo que se expanda la zona. Esto es raro, por decir poco. Comparémoslo con el comportamiento de un gas normal, cuya densidad de energía decrece en la medida en que aumenta su volumen. Es como si el vacío tuviese una reserva constante de energía".

En primer lugar, nos damos cuenta de que lo que hace un par de frases era sólo un hipotético "fluido universal" ahora se ha convertido en un "mar" vacío *real*, aunque nadie está seguro de dónde sale todo este "agua". Esto es raro, por decir poco. Aceptemos, como el autor, lo que todavía está por demostrar, y aceptemos la existencia de este vasto océano de nada. Parece que esta "nada" no es solamente *algo*, sino "algo" bastante substancial. Como por arte de magia se llena de energía de una "reserva constante". Este es el equivalente cosmológico de la *cornucopia*, o "cuerno de la abundancia" de la mitología griega e irlandesa, un misterioso cuerno para beber que independientemente de lo mucho que bebieras nunca se vaciaba. Este era un regalo de los dioses. Ahora Matthews nos quiere regalar algo que hace que el cuerno de la abundancia sea un juego de niños.

Si la energía entra en el vacío tiene que venir de alguna parte de fuera del vacío. Esto está bastante claro, ya que el vacío no puede existir aisladamente de la materia y energía. La idea de un espacio vacío sin materia tiene tan poco sentido como la idea de la materia sin espacio. No hay nada en la tierra parecido al vacío perfecto. La cosa más parecida a un vacío perfecto es el espacio. Pero de hecho tampoco el espacio está vacío. Ya hace décadas Hannes Alfvén planteó que el espacio estaba lleno de redes de corrientes eléctricas y campos magnéticos llenos de filamentos de plasma. Esto no son los resultados de la especulación o apelaciones a la teoría de la relatividad, sino que surge de la observación, incluyendo la de las sondas *Voyager* y *Pioneer* que detectaron estas corrientes y filamentos alrededor de Júpiter, Saturno y Urano.

Por lo tanto de hecho hay bastante energía en el espacio. Pero no el tipo de energía de la que habla Matthews. En absoluto. En su "mar vacío" la energía viene *directamente del vacío*. ¡No se necesita materia! Esto es mucho mejor que sacarse un conejo de la chistera. Después de todo, todos sabemos que el conejo viene de alguna parte. Esta energía no viene absolutamente de ninguna parte. Viene del vacío, por cortesía de la teoría de la relatividad general: "una de las características clave de la teoría general de la relatividad de Einstein es que la masa no es la única fuente de gravedad. En particular, la presión, tanto positiva como negativa puede dar lugar a efectos gravitatorios".

Llegados a este punto, el lector ya está totalmente mistificado. Pero ahora todo queda claro (o casi): "Esta característica del vacío," se nos dice, "está en el centro del nuevo concepto quizás más importante en la cosmología de la última década: la inflación cósmica. Desarrollada principalmente por Alan Guth en el MIT y Andrei Linde, ahora en Stanford, la idea de la inflación cósmica surge de la asunción de que el universo primitivo estaba lleno de energía de vacío inestable cuyo efecto 'antigravitatorio' expandió el universo a un factor de probablemente 1050 en tan sólo 10-32 segundos. La energía de vacío se disipó, dejando fluctuaciones casuales cuya energía se transformó en calor. Debido a que energía y materia son intercambiables, el resultado fue la creación de materia que ahora llamamos big bang".

¡Así que es eso! Toda la construcción arbitraria es para apoyar la teoría inflacionaria del big bang. Como siempre mueven los postes continuamente para defender su hipótesis a toda costa. Es como los defensores de la vieja teoría de Aristóteles y Ptolomeo de las esferas de cristal, que la iban revisando continuamente, haciéndola cada vez más compleja, para que encajase con los hechos. Como hemos visto, últimamente la teoría ha estado pasando por un mal momento, con la "materia fría oscura" perdida y todos los líos con la constante de Hubble. Necesitaba un poco de apoyo y he aquí que sus defensores han buscado alguna explicación para uno de sus problemas centrales $\frac{3}{4}$ de dónde salió toda la energía para provocar el big bang inflacionario $\frac{3}{4}$. "El mayor buffet libre de todos los tiempos" como lo llamó Alan Guth. Pero ahora quieren pasarle la factura a alguien o a algo y nos salen con un vacío. Tenemos nuestras dudas de si alguien llegará a pagar nunca esta factura. Y en el mundo real, a la gente que no paga la factura se le enseña la puerta sin más contemplaciones incluso si se ofrecen a pagar en forma de teoría general de la relatividad argumentando que no tienen nada en metálico.

"De la nada, a través de la nada, hacia la nada", dijo Hegel. Es un epitafio que encaja muy bien con la teoría de la inflación. Sólo hay una manera de sacar algo de la nada a través del acto de la Creación. Y eso sólo es posible con la intervención de un Creador. Por mucho que intenten evitarlo, los defensores del big bang se encontrarán que sus pasos siempre les llevan en esa dirección. Algunos irán bastante contentos, otros protestarán que ellos no son religiosos "en el sentido convencional". Pero la vuelta al misticismo es la consecuencia inevitable de este mito de la Creación moderno. Por suerte cada vez hay más gente que están insatisfechos con este estado de las cosas. Más pronto o más tarde, se producirá una ruptura al nivel de la observación que dejará salir una nueva teoría, dejando descansar decentemente al big bang. Cuanto antes mejor.

Los orígenes del sistema solar

El espacio no está realmente vacío. Un vacío perfecto no existe. El espacio está lleno de un gas fino "gas interestelar" detectado por primera vez por Hartmann en 1904. Las concentraciones de gas y polvo se hacen mucho más densas en los alrededores de las galaxias, que están rodeadas de "niebla", compuesta principalmente de átomos de hidrógeno, ionizados por la radiación de las estrellas. Incluso esta materia no es inerte y sin vida, sino que se divide en partículas subatómicas con carga eléctrica, sujetas a todo tipo de movimiento, procesos y cambios. Estos átomos ocasionalmente chocan y pueden cambiar su estado de energía. Aunque un átomo individual puede chocar sólo una vez cada 11 millones de años, dado el enorme número de átomos implicados, es bastante como para dar lugar a una emisión continua y detectable, la "canción del hidrógeno" detectada por primera vez en 1951.

Casi todo esto es hidrógeno, aunque también hay deuterio, una forma más compleja de hidrógeno, oxígeno y helio. Puede parecer imposible que se pueda dar combinación, dada la distribución extremadamente dispersa de estos elementos en el espacio. Pero se da, y hasta un nivel de complejidad bastante notable. Se han encontrado en el espacio moléculas de agua (H₂O), y también amoníaco (NH₃), y más tarde formaldehído (H₂CO), e incluso moléculas más complicadas, dando lugar a una nueva ciencia, la astroquímica. Finalmente se ha demostrado que las moléculas básicas de la vida $\frac{3}{4}$ *aminoácidos* $\frac{3}{4}$ también existen en el espacio.

Kant (en 1755) y Laplace (en 1796) plantearon por primera vez la hipótesis nebular de la formación del sistema solar. Según esto, el sol y los planetas se formaron a partir de la condensación de una inmensa nube de materia. Esto parecía encajar con los hechos, y en el momento en que Engels escribió *La Dialéctica de la Naturaleza*, ya se aceptaba de manera general. Sin embargo, en 1905, Chamberlain y Moulton plantearon una teoría alternativa la hipótesis planetesima. Esta fue desarrollada por Jeans y Jeffreys, que plantearon la hipótesis de marea en 1918. Esto implicaba la idea de que el sistema solar se formó como resultado de la colisión de dos estrellas. El problema de esta teoría es que, si fuese cierta, los sistemas planetarios serían fenómenos extremadamente raros. Las enormes distancias que separan las estrellas significan que este tipo de colisiones son 10.000 veces menos frecuentes que las supernovas $\frac{3}{4}$ que ya de por sí son fenómenos poco comunes $\frac{3}{4}$. Una vez más podemos ver como, intentando solucionar un problema recurriendo a fuentes externas accidentales como una estrella perdida, creamos más problemas de los que resolvemos.

Más tarde se demostró que la teoría que se suponía que había sustituido el modelo Kant-Laplace no tenía base matemática. Otros intentos como la teoría de la "colisión de tres estrellas" (Littleton) y la teoría de la supernova de Hoyle, también quedaron descartadas en 1939, cuando se demostró que material extraído de la superficie del sol de

esa manera sería demasiado caliente como para condensarse en planetas. Simplemente se expandiría en un gas fino. De esta manera la teoría catastrófica-planetesimal quedó descartada. La hipótesis nebular volvió a ocupar su posición, pero a un nivel superior. No era una simple repetición de las ideas de Kant y Laplace. Por ejemplo, se comprendía que las nubes de gas y polvo planteadas en el modelo tendrían que haber sido mucho mayores de lo que se había pensado. En una escala tan colosal, la nube habría experimentado *turbulencias*, creando vastos remolinos, que se habrían condensado en sistemas separados. Este modelo totalmente dialéctico fue desarrollado en 1944 por el astrónomo alemán Carl F. von Weizsäcker, y perfeccionado por el astrofísico sueco, Hannes Alfvén.

Weizsäcker calculó que habría suficiente materia en los remolinos más grandes para crear galaxias en el proceso de contracción turbulenta, dando lugar a sub-remolinos. Cada uno de estos podría dar lugar a sistemas solares y planetas. Hannes Alfvén hizo un estudio especial del campo magnético del sol. En sus primeros estadios el sol estaba girando a gran velocidad pero su campo magnético finalmente la redujo. Esto transmitió momento angular a los planetas. La nueva versión de la teoría de Kant-Laplace, tal y como la desarrollaron Alfvén y Weizsäcker, ahora es aceptada como la versión más probable de los orígenes del sistema solar.

El nacimiento y muerte de las estrellas constituye un ejemplo más del funcionamiento dialéctico de la naturaleza. Antes de que se quede sin combustible nuclear, la estrella experimenta un período prolongado de evolución pacífica de millones de años. Pero llegado a un punto crítico, experimenta un final violento, colapsando bajo su propio peso en menos de un segundo. En este proceso libera una enorme cantidad de energía en forma de luz, emitiendo más luz en unos pocos meses que la que emite el sol en 1.000 millones de años. Sin embargo esta luz sólo representa una pequeña fracción de la energía total de una supernova. La energía cinética de la explosión es diez veces mayor. Quizás diez veces más que esto se disipa en forma de neutrinos, emitidos en un destello de una fracción de segundo. La mayor parte de la masa se dispersa en el espacio. Una explosión de una supernova en los alrededores de la Vía Láctea se llevó una cuarta parte de su masa, reducida a cenizas nucleares, conteniendo gran variedad de elementos. La tierra y todo lo que contiene, incluyéndonos a nosotros mismos, se compone totalmente de este polvo de estrella reciclado. Siendo el hierro que contiene nuestra sangre es una muestra típica de escombros cósmicos reciclados.

Las revoluciones astronómicas, al igual que las terrestres, son acontecimientos bastante raros. En nuestra propia galaxia, sólo se han registrado tres supernovas en los últimos 1000 años. La más brillante de ellas, registrada por observadores chinos en 1054, creó la Nebulosa del Cangrejo. La clasificación de las estrellas nos ha llevado a la conclusión de que no hay nuevos tipos de materia en el universo. La misma materia existe en todas partes. Las principales características del espectro de todas las estrellas se pueden registrar en términos de sustancias que existen en la tierra. El desarrollo de la astronomía infrarroja proporcionó los instrumentos para explorar el interior de las nubes interestelares oscuras, que es probablemente dónde se forman la mayor parte de las nuevas estrellas. La radio-astronomía ha empezado a revelar la composición de estas nubes -principalmente hidrógeno y polvo, pero con una mezcla de algunas moléculas sorprendentemente complejas, muchas de ellas orgánicas-.

El nacimiento de nuestro sistema solar hace unos 4.600 millones de años se desarrolló a partir de los escombros de una estrella ahora extinguida. El actual sol se unió en el centro de una nube delgada, mientras que los diferentes planetas se desarrollaron en diferentes puntos alrededor del sol. Se cree que los planetas exteriores $\frac{3}{4}$ Júpiter, Saturno, Urano y Plutón -son muestras de la nube original: hidrógeno, helio, metano, amoníaco y agua. Los pequeños planetas internos $\frac{3}{4}$ Mercurio, Venus, la Tierra y Marte- son ricos en elementos pesados y pobres en gases como helio y neón, que fueron capaces de escapar a sus gravedades menores.

Aristóteles pensaba que todo sobre la tierra podía perecer, pero que los cielos eran inmutables e inmortales. Ahora sabemos que no es así. Cuando contemplamos maravillados la inmensidad del cielo de la noche, sabemos que cada uno de esos cuerpos estelares que alumbran en la oscuridad un día se extinguirán. No sólo hombres y mujeres son mortales, sino que las propias estrellas que llevan nombres de dioses experimentan la agonía y el Éxtasis del cambio, el nacimiento y la muerte. Y, de alguna manera extraña, este conocimiento nos acerca más al gran universo de la naturaleza, del cual venimos y al cual algún día tenemos que volver. Nuestro sol tiene suficiente hidrógeno para mantenerse por miles de millones de años en su estado actual. Sin embargo llegará un momento en que incrementará su temperatura hasta hacer imposible la vida sobre la tierra. Todos los seres individuales tienen que perecer, pero la maravillosa diversidad del universo material en toda su miríada de manifestaciones es eterna e indestructible. La vida surge, desaparece, y vuelve a surgir una y otra vez. Así ha sido y así será para siempre.

Tercera Parte: Vida, mente y materia

10. La dialéctica de la geología

Hay un dicho inglés, "tan sólido como la tierra bajo nuestros pies". Sin embargo esta idea reconfortante está bastante lejos de la realidad. La tierra bajo nuestros pies no es tan sólida como parece. Las rocas, las cordilleras montañosas, los propios continentes, están en un estado constante de movimiento y cambio, cuya naturaleza exacta sólo ha empezado a ser comprendida en la segunda mitad de este siglo. La geología es la ciencia que trata de la observación y explicación de los fenómenos que tienen lugar sobre y dentro del planeta. A diferencia de otras ciencias naturales, como la química y la física, la geología no se basa en la experimentación, sino en la observación.

Como resultado, su desarrollo se vio fuertemente condicionado por la forma en que se interpretaban estas observaciones, lo cual a su vez estaba condicionado por las corrientes filosóficas y religiosas del momento. Este hecho explica el desarrollo tardío de la geología en relación a otras ciencias terrestres. No fue hasta 1830 en que Charles Lyell, uno de los padres de la geología moderna, demostró que la tierra era bastante más vieja que lo que dice el libro del Génesis. Más tarde, mediciones basadas en la decadencia radioactiva lo confirmaron, estableciendo la edad de la tierra y de la luna en aproximadamente 4.600 millones de años.

Desde los tiempos más remotos los hombres y las mujeres eran conscientes de fenómenos como los terremotos y las erupciones volcánicas, que revelaban las tremendas fuerzas encerradas bajo la superficie terrestre. Pero hasta este siglo este tipo de fenómenos eran atribuidos a la intervención de los dioses. Poseidón-Neptuno era el que "sacudía la tierra", mientras que Vulcano-Hefistes, el herrero cojo de los dioses, vivía en las entrañas de la tierra y provocaba las erupciones volcánicas con sus golpes de martillo. Los primeros geólogos de los siglos XVIII y XIX eran aristócratas y sacerdotes, que creían, junto con el Obispo Ussher, que el mundo había sido creado por Dios el 23 de Octubre del 4004 ad C. Para explicar las irregularidades de la superficie terrestre, como cañones y grandes montañas, desarrollaron una teoría el catastrofismo que intentaba hacer coincidir los hechos observables con las historias bíblicas de cataclismos, como el Diluvio Universal. Cada catástrofe aniquilaba especies completas, explicando así la existencia de los fósiles que encontraban enterrados profundamente en las rocas de las minas de carbón.

No es casualidad que la teoría geológica de las catástrofes ganase terreno en Francia, donde la Gran Revolución de 1789-94 tuvo una influencia decisiva en la psicología de todas las clases, y cuyos ecos se hicieron sentir durante generaciones. Para los que fuesen olvidadizos, las revoluciones de 1830, 1848, y 1870 les recordaron la caracterización que hizo Marx de Francia como el país en el que la lucha de clases siempre se lleva hasta el final. Para George Cuvier, el famoso naturalista y geólogo francés del siglo XIX, el desarrollo de la tierra estaba marcado por "una sucesión de periodos breves de cambio intenso y que cada periodo marca un punto de inflexión en la historia. En medio, hay largos periodos de estabilidad en los que no pasa nada. Como la Revolución Francesa, después del levantamiento todo es diferente. De igual manera, el tiempo geográfico se subdivide en capítulos diferenciados, cada uno con su propio tema básico".¹

Si Francia es el país clásico de la revolución y contrarrevolución, Inglaterra es el país clásico del reformismo gradualista. La revolución burguesa inglesa fue, como la francesa, un asunto bastante sangriento, en el que un rey perdió la cabeza al igual que mucha otra gente. Las "clases respetables" en Inglaterra han intentado esconderlo desde entonces. Prefieren hacer hincapié en la cómicamente denominada "Gloriosa revolución" de 1688, cuando un golpe de estado nada glorioso en el que un aventurero holandés actuó como intermediario en un reparto sin principios del poder entre los avariciosos nuevos ricos de la City y la aristocracia. Esto ha sido la base de la supuesta tradición anglosajona de gradualismo y "compromisos".

La aversión por el cambio revolucionario en cualquier forma se traduce en una preocupación obsesiva por eliminar todo rastro de cambios repentinos en la naturaleza y la sociedad. En general, la tradición anglosajona se caracteriza por su impaciencia a la hora de hacer generalizaciones teóricas de cualquier tipo, lo cual es una de sus principales debilidades, pero Lyell planteó un punto de vista diametralmente opuesto al catastrofismo. Según Él las fronteras entre los diferentes niveles geológicos representaban, no catástrofes, sino simplemente la transición entre dos entornos sedimentarios diferentes. No había ninguna necesidad de buscar modelos globales. Los periodos geológicos eran simplemente un método de clasificación conveniente, bastante parecido a la división de la historia inglesa según los monarcas reinantes.

Engels, rendía tributo a la contribución de Lyell a la ciencia geológica:

"Lyell fue el primero en introducir sensatez en la geología, al remplazar las revoluciones repentinas, debidas a los estados de ánimo del creador, por los efectos graduales de una lenta transformación de la tierra". No obstante, también reconoce sus deficiencias: "El defecto de la concepción de Lyell por lo menos en su primera forma consistió en que concebía las fuerzas que actuaban sobre la tierra como constantes, tanto en su calidad como en su cantidad. El enfriamiento de la tierra no existe para Él; la tierra no se desarrolla en una dirección definida, sino que cambia de manera incoherente y fortuita".²

"Estos puntos de vista representan las filosofías dominantes de la naturaleza de la historia geológica", escribe Peter Westbroeck, "por una parte catastrofismo, la noción de estabilidad interrumpida por pequeños periodos de cambio rápido, y por la otra, gradualismo, la idea de fluctuación continua. En el tiempo de Cocquand, el catastrofismo era generalmente aceptado en Francia, pero la simpatía por esta filosofía pronto se desvanecería, por razones puramente prácticas. Se tenía que construir la teoría geológica desde el principio. Los fundadores de la geología se vieron obligados a aplicar el principio del presente como clave del pasado tan rigurosamente como fuera posible. El catastrofismo era poco útil precisamente porque planteaba que las condiciones geológicas eran fundamentalmente diferentes de aquellas de los subsiguientes periodos de estabilidad. Con la teoría geológica mucho más avanzada que tenemos a nuestra disposición ahora, podemos adoptar una actitud más flexible. Es interesante que el catastrofismo está ganando terreno de nuevo".³

En realidad la discusión entre gradualismo y catastrofismo es artificial. Hegel ya había tratado esto inventando la *línea nodal de medición*, en la que la acumulación lenta de cambios cuantitativos da lugar a saltos cualitativos periódicos, en los que el gradualismo se interrumpe, hasta que se restaura un nuevo equilibrio pero a un nivel

superior que antes. El proceso de cambio geológico, que ha sido demostrado de forma concluyente, se corresponde exactamente al modelo de Hegel.

La teoría de Wegener

A principios del siglo XX, Alfred Wegener, un científico alemán, estaba intrigado por el parecido de la línea de la costa oriental de América del Sur y la costa occidental de África. En 1915 publicó su teoría de la transposición de los continentes, que se basaba en el supuesto de que, en algún momento en el pasado, todos los continentes habían formado parte de una sola enorme masa de tierra, a la que llamó *Pangaea*, que posteriormente se rompió en masas de tierra separadas que se alejaron, formando los continentes actuales.

La teoría de Wegener inevitablemente fue incapaz de dar una explicación científica del mecanismo detrás de la deriva continental. Sin embargo representó una auténtica revolución en la geología, y fue indignadamente rechazada por la conservadora comunidad geológica. El geólogo Chester Longwell llegó a afirmar que el hecho de que los continentes encajasen tan bien unos con los otros era "un truco del diablo" para confundirnos. Durante los siguientes 60 años el desarrollo de la geología fue frenado por la teoría dominante de la "isostasia", una teoría de estado estacionario que sólo aceptaba movimientos verticales de los continentes. Incluso sobre la base de esta hipótesis falsa, como sucede muchas veces en la historia de la ciencia, se dieron importantes pasos adelante, preparando el terreno para la negación de la teoría que cada vez entraba más en contradicción con los resultados observados.

Como pasa frecuentemente en la historia de la ciencia, el avance tecnológico, vinculado a las necesidades de la producción, es el estímulo necesario para el desarrollo de las ideas. La búsqueda de petróleo por parte de las grandes compañías como Exxon llevó a innovaciones importantes para la investigación de la geología del fondo oceánico, y el desarrollo de nuevos y potentes métodos de contorneo sísmico, perforación del fondo marino, y la mejora de los métodos de datación de fósiles. A mediados de los 60, Peter Vail, un científico del principal laboratorio de Exxon en Houston, empezó a estudiar las irregularidades de los modelos lineales del fondo oceánico. Vail simpatizaba con el viejo punto de vista francés de la evolución interrumpida, y creía que estas rupturas en el proceso representaban importantes puntos de inflexión geológicos. Sus observaciones revelaron modelos de cambio sedimentario que parecían ser los mismos en todo el mundo. Esto fue una poderosa prueba a favor de la interpretación dialéctica de los procesos geológicos.

La hipótesis de Vail fue acogida con escepticismo por sus colegas. Jan van Hinte, otro de los científicos de Exxon recordaba: "Nosotros los paleontólogos no creímos ni una palabra de lo que estaba diciendo. Todos nosotros nos habíamos formado en la tradición anglosajona de gradualismo, y esto olía a catastrofismo". Sin embargo las observaciones del mismo Jan van Hinte del registro fósil y sísmico del Mediterráneo, revelaron exactamente lo mismo que las de Vail, y las edades de las rocas se correspondían con las predicciones de Vail. Ahora se nos aparece toda la imagen dialécticamente:

"Es una característica común en la naturaleza: la gota que colma el vaso. Un sistema que está estabilizado internamente se va minando gradualmente por alguna influencia externa hasta que colapsa. Entonces un pequeño ímpetu lleva a cambios dramáticos, y se crea una situación totalmente nueva. Cuando el nivel del mar está aumentando, los sedimentos se van acumulando gradualmente en la plataforma continental. Cuando el mar baja, la secuencia se desestabiliza. Se mantiene por algún tiempo, y entonces, ¡Plaf! Parte de ella se desliza en las profundidades marinas. Llega un momento en que el nivel de los mares empieza a subir, y poco a poco, los sedimentos se acumulan". 4

La cantidad se transformó en calidad cuando, a finales de los 60, como resultado de unas excavaciones en aguas profundas se descubrió que el fondo marino en el Océano Atlántico de hecho se estaba separando. La "Dorsal Central oceánica" (es decir una cadena montañosa bajo el mar, localizada en mitad del Atlántico) indicaba que el continente americano se estaba separando de la masa terrestre eurasiática. Este fue el punto de partida para el desarrollo de una nueva teoría, la *tectónica de placas*, que ha revolucionado la ciencia de la geología.

He aquí otro ejemplo de la ley dialéctica de la negación de la negación aplicada a la historia de la ciencia. La teoría original de Wegener de la deriva continental fue negada por la teoría del estado estacionario de la isostasia. Esta a su vez fue negada por la tectónica de placas, que representa una vuelta a la vieja teoría pero a un nivel cualitativamente superior. La teoría de Wegener era una hipótesis brillante y básicamente correcta, pero era incapaz de explicar el mecanismo exacto que provoca la deriva continental. Hoy en día, sobre la base de los descubrimientos y avances científicos del último medio siglo, no sólo sabemos que la deriva continental es un hecho, sino que podemos explicar exactamente como se produce. La nueva teoría está a un nivel muy superior que su predecesora, con una comprensión más profunda de los complejos mecanismos de evolución del planeta.

Esto representa el equivalente en la geología a la revolución darwiniana en la biología. La evolución no sólo se aplica a lo animado, sino también a la materia inanimada. De hecho, las dos se interpenetran y condicionan la una a la otra. Los complejos procesos naturales están interconectados. La materia orgánica, la vida, surge inevitablemente de la materia inorgánica en un momento dado. Pero la existencia de la materia orgánica a su vez ejerce un profundo efecto en el medio ambiente físico. Por ejemplo, la existencia de plantas productoras de oxígeno tuvo un efecto decisivo en la atmósfera y por lo tanto en las condiciones climatológicas. El desarrollo del planeta, y de la vida sobre la tierra, nos da una gran cantidad de ejemplos de la dialéctica de la naturaleza, del desarrollo mediante contradicciones y saltos, en el que largos periodos de cambio lento y "molecular" se alternan con desarrollos catastróficos, desde el choque de continentes a la extinción de especies completas. Además, si lo miramos más de

cerca vemos como los saltos y catástrofes repentinos y aparentemente inexplicables normalmente tienen su raíz en los periodos previos de cambio lento y gradual.

¿Qué es la tectónica de placas?

En un momento dado la superficie fundida de la tierra se enfrió lo suficiente como para formar una corteza, bajo la cual quedaron atrapados gas y rocas fundidas. La superficie del planeta se rompía continuamente por explosiones volcánicas, expulsando lagos de lava. En ese periodo se formaron los primeros continentes en un mar de rocas fundidas (magma) y se empezó a formar la corteza oceánica. Los gases y el vapor expulsados por los volcanes empezaron a aclarar la atmósfera provocando violentas tormentas eléctricas. Debido a las altas temperaturas reinantes este fue un periodo de grandes catástrofes y explosiones, con la formación de la corteza continental y su posterior división, su reformación, fusiones parciales, formación de cristales, choques, a una escala mucho mayor que cualquier acontecimiento posterior. Los primeros micro continentes se movían mucho más rápidamente y chocaban más frecuentemente que hoy en día. Hubo un proceso rápido de generación y reciclaje de la corteza continental. La formación de la corteza continental fue uno de los acontecimientos más importantes de la historia del planeta. A diferencia del fondo submarino, la corteza continental no se destruye por subducción sino que incrementa su volumen total a lo largo de tiempo. Por lo tanto la creación de los continentes fue un proceso irreversible.

La tierra se compone de diferentes capas de material. Las principales capas son el núcleo (dividido en núcleo interno y externo), el manto grueso y la fina corteza de la superficie. Cada capa tiene su propia composición química y propiedades físicas. Cuando la tierra se enfrió hace unos 4.000 millones de años, los materiales más pesados se hundieron hacia el centro de la tierra, mientras que los elementos más ligeros se quedaron más cerca de la superficie. El núcleo interno de la tierra es una masa sólida comprimida a presiones colosales. La corteza forma una capa muy fina alrededor del manto semi-líquido, como la piel que rodea una manzana. Empezando por la fina corteza fría, a cincuenta kilómetros de profundidad la temperatura es de unos 800°C. A mayor profundidad, a unos 2.000 Km, la temperatura sube a más de 2.200°C. A esta profundidad las rocas se comportan más bien como líquidos.

Esta corteza soporta los océanos y las masas terrestres, y todas las formas de vida. Siete décimas partes de la corteza están recubiertas de agua, que es la principal característica del planeta. La corteza terrestre es muy irregular, con enormes cordilleras montañosas sobre las masas terrestres, y cordilleras submarinas en las profundidades oceánicas. Un ejemplo es la Dorsal del Atlántico Medio, que forma la frontera entre cuatro de las placas terrestres. La corteza esta formada por diez placas principales que encajan como un rompecabezas. Sin embargo en los bordes de estas placas están situadas las "fallas", donde se concentra la actividad sísmica y volcánica. Los continentes están fijados a estas placas y se mueven con ellas.

En el borde de las placas, en las dorsales, volcanes submarinos escupen rocas fundidas de las entrañas de la tierra, creando un nuevo suelo oceánico. El lecho marino se extiende desde la dorsal como una cinta transportadora, llevándose consigo grandes trozos de corteza continental. Los volcanes son la fuente de transformación de gran cantidad de energía de la tierra en calor. Actualmente se estima que hay unos 430 volcanes activos. Paradójicamente las explosiones volcánicas liberan presiones que permiten fundir las rocas de la corteza terrestre. La litosfera está cambiando y renovándose constantemente. Continuamente se crea nueva litosfera mediante la intrusión y efusión de magma en las dorsales centrales oceánicas a través de la fusión parcial de la estenosfera. Esta creación de nueva corteza en estas fallas empuja y aparta el viejo suelo y con él las placas continentales. Esta nueva litosfera se extiende desde las dorsales centrales oceánicas en la medida en que se va añadiendo más material, hasta que la misma expansión del suelo oceánico le lleva en otro punto a sumergirse en el interior de la tierra.

Este proceso explica el movimiento de los continentes. Esta constante turbulencia subterránea a su vez crea una enorme cantidad de calor que se acumula provocando nueva actividad volcánica. Estas zonas están marcadas por arcos de islas y cordilleras montañosas y volcanes, terremotos y profundas fosas submarinas. Esto mantiene el balance entre lo viejo y lo nuevo, en una unidad de contrarios dialéctica. En la medida en que las propias placas chocan, provocan volcanes.

Esta actividad continua bajo la superficie de la tierra es la que gobierna muchos de los fenómenos que afectan el desarrollo del planeta. Las masas terrestres, los océanos y la atmósfera no sólo están afectados por los rayos del sol, sino también por la gravedad y el campo magnético que rodea la tierra. "El cambio continuo", dice Engels, "es decir, la abolición de la identidad abstracta consigo mismo, también se encuentra en la denominada naturaleza orgánica. La geología es su historia. En la superficie, cambios mecánicos (erosión, heladas), cambios químicos (desintegración por la acción atmosférica); en el interior, cambios mecánicos (presión), calor (volcánico), químicos (agua, ácidos, sustancias cohesivas); en gran escala, cataclismos, terremotos, etc." Y de nuevo, "todos los cuerpos se ven expuestos en forma continua a influencias mecánicas, físicas y químicas, que siempre los cambian y modifican su identidad". 5

Debajo del Océano Atlántico hay una cadena montañosa submarina en la que constantemente se está creando magma. Como resultado la corteza oceánica aumenta de tamaño separando los continentes de América del Sur y África, y también América del Norte y Europa. Sin embargo, si algunas zonas aumentan de tamaño, otras tendrán que consumirse. En la medida en que el continente americano está siendo empujado por fuerzas colosales contra la

corteza oceánica del Pacífico, el océano se ve forzado a sumergirse debajo de América, donde se disuelve, mueve en corrientes, y finalmente resurge después de millones de años en otra dorsal central oceánica.

Estos procesos no son lineales y suaves sino que funcionan de forma dialéctica, es decir, a través de contradicciones y cambios de dimensiones cataclísmicas. Hay momentos en que las fuerzas bajo la corteza exterior terrestre se encuentran con tal resistencia que se ven forzadas a volver atrás sobre sí mismas, y encontrar una nueva dirección. Así durante un largo periodo de tiempo un océano como el Pacífico puede aumentar de tamaño. Sin embargo, cuando el balance de fuerzas cambia, todo el proceso se vuelve en su contrario. Un enorme océano puede ser exprimido entre dos continentes e incluso desaparecer entre y por debajo de los continentes. En los 4.600 millones de años de historia del planeta se han repetido muchas veces procesos de este tipo. Hace 200 millones de años, había un océano, Tethys, entre Eurasia y África. Hoy en día el único vestigio de este océano es parte del mar Mediterráneo. El resto de ese gran océano ha sido consumido y se ha desvanecido debajo de las montañas de los Cárpatos y el Himalaya, destruido por la colisión de Europa y Arabia con la India.

Por otra parte, cuando una dorsal central oceánica se cierra (es decir se consume debajo de un continente) nueva *litosfera* aparece en otra parte. Como regla la *litosfera* se rompe por su punto más débil. Fuerzas inimaginables se acumulan durante millones de años, hasta que al final un cambio cuantitativo provoca un cataclismo. La corteza exterior se rompe y la nueva litosfera se abre paso abriendo el camino para el nacimiento de nuevos continentes y océanos. Este proceso se ha repetido muchas veces en la historia de la tierra. Hoy en día podemos ver señales de este proceso en el valle volcánico de Afar, en África Oriental, donde el continente se está rompiendo y un nuevo océano se formará en los próximos cincuenta millones de años. De hecho el mar Rojo es un océano muy joven que está separando el sur de Arabia de África.

La comprensión de que la propia tierra no es una entidad estática sino dinámica dio un profundo impulso a la geología, poniéndola en sobre bases realmente científicas. El gran mérito de la teoría de la tectónica de placas es que combina todos los fenómenos naturales de manera dialéctica, superando las concepciones conservadoras de la ortodoxia científica basada en la lógica formal. Su idea básica es que todo está en constante movimiento y que este se produce a través de contradicciones explosivas. Océanos y continentes, montañas y valles, ríos, lagos y costas están en un proceso de cambio constante, en el que periodos de "calma" y "estabilidad" son violentamente interrumpidos por revoluciones a escala continental. La atmósfera, las condiciones climáticas, el magnetismo e incluso la posición de los polos magnéticos del planeta están por igual en un estado de flujo permanente. El desarrollo de cada proceso individual está influenciado y determinado, en mayor o menor medida, por la interconexión con todos los demás procesos. Es imposible estudiar un proceso geológico aislado de los demás. Todos se combinan creando la suma total única de fenómenos que es nuestro mundo. Los geólogos modernos se ven obligados a pensar de manera dialéctica aunque no hayan leído una sola línea de Marx o Engels, precisamente porque su materia de estudio no se puede interpretar correctamente de ninguna otra manera.

Terremotos y la Génesis de las montañas

Charles Darwin, de joven, encontró el fósil de un animal marino bastante tierra adentro. Si era cierto que animales marinos habían vivido en ese sitio en algún momento, entonces las teorías existentes de la historia de la tierra estaban equivocadas. Darwin, emocionado, enseñó su hallazgo a un eminente geólogo, que le respondió: "Oh, esperemos que no sea cierto". El geólogo prefería creer que alguien había dejado caer el fósil allí, después de un viaje a la orilla del mar. Desde el punto de vista del sentido común nos parece increíble que los continentes se muevan. Nuestros ojos nos dicen lo contrario. La velocidad media de este tipo de movimiento es de 1 a 2 cm. al año. Por lo tanto, a todos los efectos normales se puede obviar. Sin embargo en un periodo de tiempo mucho más largo, un periodo de millones de años, estos pequeños cambios pueden provocar los cambios más dramáticos imaginables.

En las cimas del Himalaya (a unos 8.000 metros sobre el nivel del mar) hay rocas que contienen fósiles de organismos marinos. Esto significa que estas rocas que se originaron en las profundidades de un océano prehistórico fueron empujadas hacia arriba para crear las montañas más altas de la tierra en un periodo de 200 millones de años. Incluso este proceso no fue uniforme, sino que implicó contradicciones, con tremendos levantamientos, avances y retrocesos, a través de miles de terremotos, destrucción masiva, rupturas de la continuidad, deformaciones y pliegues. Es evidente que el movimiento de las placas está provocado por fuerzas gigantescas en el interior de la tierra. Toda la faz del planeta, su apariencia e identidad está determinada por esto. La humanidad tiene una experiencia directa de una minúscula fracción de estas fuerzas a través de los terremotos y erupciones volcánicas. Una de las características básicas de la superficie terrestre es las cordilleras montañosas. ¿Cómo se desarrollan?

Tomemos un montón de hojas de papel y presionémoslas contra una pared. Las hojas se arrugarán y deformarán bajo la presión y se "moverán" hacia arriba, creando una superficie curvada. Ahora imaginemos el mismo proceso cuando un océano es presionado entre dos continentes. El océano se ve obligado a sumergirse bajo uno de los dos continentes pero en ese punto las rocas se deformarán y plegarán creando una montaña. Después de la desaparición total del océano, los dos continentes chocarán, y en ese punto la corteza aumentará de tamaño verticalmente en la medida en que las masas continentales se comprimen. La resistencia a la subducción provocando amplios pliegues nappe y fallas, y esta elevación da lugar a una cadena de montañas.

El choque entre Eurasia y la placa Africana (o partes de África) creó una gran cadena montañosa, empezando en los Pirineos en el Oeste, pasando por los Alpes (choque de Italia y Europa), lo Balcanes, los Helénicos, Taurídicos, el Cáucaso (choque de Arabia del sur con Asia) y finalmente el Himalaya (choque de India y África. De la misma

manera los Apeninos y las montañas Rocallosas en América están situadas en la zona donde la placa oceánica se hunde bajo en continente americano.

No es sorprendente que estas zonas también se caractericen por una intensa actividad sísmica. Las zonas sísmicamente activas del mundo son exactamente los bordes entre las diferentes placas tectónicas. Particularmente las zonas donde se están creando montañas son áreas en las que se han estado acumulando fuerzas colosales durante un largo periodo de tiempo. Cuando los continentes chocan podemos ver la acumulación de fuerzas actuando sobre diferentes rocas, en diferentes sitios y de diferentes formas. Las rocas que están formadas por los materiales más duros pueden resistir la deformación. Pero llegado un punto crítico, la cantidad se transforma en calidad, e incluso las rocas más fuertes se rompen o se deforman plásticamente. Este salto cualitativo se expresa en terremotos, que a pesar de su apariencia espectacular, en realidad representan un movimiento mínimo de la corteza terrestre. La formación de una cadena de montañas requiere miles de terremotos que provoquen un pliegue extensivo, deformación y ruptura de rocas.

Aquí podemos ver el proceso dialéctico de evolución a través de saltos y contradicciones. Las rocas que están siendo comprimidas representan una barrera inicial, ofreciendo resistencia a la presión de las fuerzas subterráneas. Sin embargo, cuando se rompen se vuelven exactamente en su contrario, convirtiéndose en canales para la liberación de estas fuerzas. Las fuerzas que actúan bajo la superficie son las responsables de la creación de cadenas montañosas y fosas submarinas. Pero en la superficie hay otras fuerzas que actúan en sentido opuesto.

Las montañas no aumentan de tamaño y altura constantemente, porque están sujetas a la actuación de fuerzas contrarias. En la superficie tenemos los agentes climáticos, la erosión y el transporte de material de las montañas y continentes de vuelta a los océanos. La acción de fuertes vientos, intensas lluvias, la nieve y el hielo desgastan las rocas más sólidas debilitando su corteza externa. Después de un período se produce un nuevo salto cualitativo. Las rocas pierden su consistencia gradualmente, pequeños granos se van desprendiendo de estas rocas. El efecto del viento y el agua, especialmente los ríos, transporta millones de estos granos de los niveles más altos a los valles, lagos, pero principalmente a los océanos, donde estos trozos de rocas se vuelven a unir de nuevo en el fondo de los mares. Entonces quedan enterradas en la medida que nuevos materiales se van acumulando encima y empieza una nueva operación, la puesta empiezan a consolidarse nuevas rocas.

Como resultado se crean nuevas rocas, que seguirán el movimiento del lecho oceánico hasta que queden de nuevo enterradas bajo un continente, donde se funden y sufren nuevas metamorfosis, reemergiendo posiblemente en la cima de una nueva montaña en alguna parte de la superficie terrestre.

Procesos subterráneos

El hecho de que el material que hay debajo de la superficie sólida sea líquido se demuestra por la lava que fluye de los volcanes. Las rocas quedan profundamente enterradas en la corteza terrestre bajo enormes montañas en las zonas de subducción. En estas condiciones sufren toda una serie de cambios. En la medida en que se hunden más profundamente en la corteza, la actividad interna de la tierra provoca un aumento de su temperatura. Al mismo tiempo el peso de las rocas y las montañas de encima provocan un enorme aumento de la presión.

La materia se organiza en combinaciones específicas de elementos que en estado sólido forman cristales denominados minerales. Los diferentes minerales se unen formando rocas. Cada roca tiene una combinación única de minerales y cada mineral tiene una combinación única de elementos en una forma cristalina específica. El aumento de temperatura y presión provoca cambios químicos en la mayoría de los minerales a través de la sustitución de un elemento por otro, pero otros minerales se mantienen estables. Sin embargo llega un punto crítico en el que la materia se reorganiza en formas cristalinas diferentes provocando un cambio cualitativo en los minerales que reaccionan produciendo una nueva combinación que refleja las nuevas condiciones. Este es un cambio cualitativo, como la transformación del agua en hielo a 0°C. El resultado es que la roca en su conjunto se transforma en una roca totalmente nueva. Bajo la presión de las condiciones medio ambientales tenemos un salto cualitativo que implica una transformación, no sólo de los minerales sino de las propias rocas. No existe un solo mineral que se mantenga constante bajo todo tipo de condiciones naturales.

En zonas que sufren la subducción de un océano bajo un continente las rocas pueden quedar muy profundamente enterradas bajo la corteza. En estas condiciones extremas las rocas se funden. Sin embargo este proceso no sucede de golpe. Tenemos un proceso de fusión parcial porque los diferentes minerales se funden a diferentes puntos. El material fundido tiene tendencia a moverse hacia arriba en la medida en que es menos denso que las rocas que le rodean. Pero este no es un movimiento sencillo debido a la resistencia de las rocas que están por encima. La roca fundida o magma, se moverá lentamente hacia arriba hasta que, enfrentada a una barrera sólida se verá obligada a detenerse temporalmente. Además la zona exterior del magma empezará a consolidarse formando una capa sólida que actuará como una barrera adicional en el camino del magma. Pero llegará un momento en que la fuerza elemental de la presión de abajo irá aumentando gradualmente hasta que rompa las barreras, y el magma se abrirá camino a través de la superficie en una explosión violenta liberando las colosales fuerzas encerradas.

Por lo tanto es evidente que estos procesos no se dan de manera accidental como podrían pensar las víctimas de un terremoto, sino que se corresponden a leyes fundamentales que sólo ahora empezamos a entender. Estos procesos se dan en zonas específicas, localizadas en los bordes de las placas y especialmente en las dorsales centrales oceánicas y debajo de las zonas de subducción. Este es el motivo por el que hay tantos volcanes activos en el sur de Europa (Santorini en Grecia, Etna en Italia), en Japón, donde hay zonas de subducción (que provocaron el terremoto

de Kobe), en el centro del Atlántico y en el océano Pacífico (islas volcánicas y volcanes sumergidos en las dorsales centrales oceánicas) y en África Oriental (Kilimanjaro) donde se da deriva continental y la formación de un nuevo océano.

Los mineros saben muy bien que la temperatura de la corteza terrestre aumenta a medida que estás a mayor profundidad. La fuente principal de este inmenso calor, que es el responsable de los procesos que se dan en las entrañas de la tierra, es la energía calórica liberada por la decadencia de los elementos radioactivos. Los elementos contienen isótopos (átomos del mismo elemento pero de diferente masa), algunos de los cuales son radioactivos, es decir, son inestables y con el tiempo se rompen, produciendo calor e isótopos más estables. Este proceso continuo de reacción tiene lugar muy lentamente. Estos isótopos han estado decayendo desde el principio de la tierra cuando debieron de ser muy abundantes, por lo tanto la producción y flujo de calor debió ser mayor que la actual, quizás dos o tres veces más durante el periodo arcaico que ahora.

Así, la división arcaico-proterozoica es enormemente importante en la medida en que marca un cambio cualitativo. No sólo tenemos el surgimiento de las primeras formas de vida, sino también otro cambio crucial en la masa terrestre, de gran cantidad de pequeñas placas terrestres en el periodo arcaico con gran cantidad de colisiones entre placas, a la formación de placas más grandes, más gruesas y más estables durante el proterozoico. Estas grandes masas continentales fueron el resultado de la unión de muchas pequeñas placas protocontinentales. Este fue el mayor periodo de formación de montañas en el que se pueden distinguir dos episodios importantes, hace 1.800 millones y hace 1.000 millones de años. Los restos de estos procesos titánicos, en que las rocas sufrieron sucesivas metamorfosis, deformaciones y reformaciones se pueden ver hoy en día en el sur de Canadá y en el noreste de Noruega.

La teoría gradualista del uniformitarismo, planteada por Hutton en 1778, no tiene ningún tipo de aplicación para la historia temprana de la tierra. Todas las pruebas a nuestra disposición sugieren que la tectónica de placas tal y como la conocemos empezó a principios del proterozoico, mientras que una variante anterior de la tectónica de placas es la que parece que se produjo en los tiempos arcaicos. Más del 80% de la corteza continental se creó antes del final del periodo proterozoico. La tectónica de placas es el factor determinante de todos estos procesos. La formación de montañas, los terremotos, los volcanes y metamorfosis son procesos interconectados, los unos dependen de los otros, cada uno determina e influencia, causa o es causado por otro, y todos ellos tomados en conjunto constituyen la evolución de la tierra.

11. Como surgió la vida

Oparin y Engels

"Lo que no sabemos hoy lo sabremos mañana". Esta simple declaración subraya la conclusión de un informe sobre el *Origen de la vida* escrito por el biólogo ruso Aleksandr Ivanovich Oparin en 1924. Era la primera vez que se hacía una apreciación moderna del asunto y se abría un nuevo capítulo en la comprensión de la vida. No fue por casualidad que como materialista y como dialéctico viese este tema de una manera original. Fue un principio decidido, en los inicios de la bioquímica y la biología molecular, que fue apoyado por la contribución independiente del biólogo británico J. B. S. Haldane otro materialista en 1929. Este trabajo produjo la hipótesis Oparin-Haldane en la que se basa la subsiguiente comprensión de todo el origen de la vida. "En Él", escribe Asimov, "los problemas del origen de la vida se trataban por primera vez en detalle desde un punto de vista completamente materialista. Ya que la Unión Soviética no estaba inhibida por los escrúpulos religiosos a los que las naciones occidentales se sentían ligadas, esto, quizás, no es sorprendente". 6

Oparin siempre reconoció la deuda que tenía con Engels y no hizo ningún secreto de su postura filosófica:

"Este problema (de los orígenes de la vida) sin embargo, siempre ha sido el foco de un agrio conflicto de ideas entre dos escuelas filosóficas irreconciliables, el conflicto entre idealismo y materialismo", escribe Oparin.

"Se nos abre una perspectiva completamente diferente si tratamos de buscar una solución del problema dialécticamente en lugar de metafísicamente, sobre la base del estudio de los sucesivos cambios en la materia que precedieron la aparición de la vida y que llevaron a su surgimiento. La materia nunca está en descanso, se está moviendo y desarrollando constantemente y en este desarrollo cambia de una forma de moción a otra y a otra, cada una de ellas más complicada y armoniosa que la precedente. De esta manera la vida aparece como una forma particular muy complicada de moción de la materia, surgiendo como una nueva propiedad en un estadio concreto del desarrollo general de la materia.

"Ya a finales del siglo pasado, Frederick Engels indicó que un estudio de la historia del desarrollo de la materia es de lejos la línea más prometedora de aproximación para encontrar una solución al problema del origen de la vida. Estas ideas de Engels sin embargo, no fueron suficientemente reflejadas en el pensamiento científico de su tiempo".

Engels tenía razón fundamentalmente cuando describió la vida como el modo de la moción de las proteínas. Sin embargo hoy en día podemos añadir que la vida es la función de las reacciones mutuas de los ácidos nucleicos y las proteínas. Tal y como explicó Oparin: "F. Engels, al igual que los biólogos de su tiempo, utilizaba frecuentemente el término 'protoplasma' y 'cuerpos albumínicos'. Por lo tanto no hay que identificar las 'proteínas' de Engels con las diferentes sustancias químicas que gradualmente hemos conseguido aislar en los organismos vivos, ni con los

preparados purificados de proteínas compuestos de mezclas de proteínas puras. Sin embargo, Engels estaba bastante avanzado a las ideas de su tiempo cuando, hablando de proteínas, puso especial énfasis en los aspectos químicos de la materia e insistió en el significado de las proteínas en el metabolismo, esa forma de moción de la materia que caracteriza la vida".

"Sólo ahora hemos empezado a ser capaces de apreciar el valor de la perspicacia sorprendentemente científica de Engels. Los avances en la química de proteínas que existe ahora nos ha permitido caracterizar las proteínas como compuestos químicos individuales, como polímeros de aminoácidos con estructuras extremadamente específicas".⁷ Bernal nos da una explicación alternativa a la definición de la vida de Engels como "una auto realización parcial, continua, progresiva, multiforme y condicionalmente interactiva de las potencialidades de estados atómicos electrónicos".⁸

Aunque la hipótesis Oparin-Haldane sentó las bases para el estudio de los orígenes de la vida, como rama de la ciencia es más correcto adscribirla a la revolución en la biología a mediados del siglo XX. Sin embargo las teorías en relación al origen de la vida son en gran medida especulativas. No hay restos en el registro fósil. Nos referimos a las formas de vida más simples imaginables, formas transicionales que eran bastante diferentes a la idea de seres vivientes que tenemos hoy en día, pero que sin embargo representaban un salto decisivo de materia inorgánica a materia orgánica. Quizás, tal como dice Bernal, más correcto que decir el origen de la vida sería decir el origen de los procesos de la vida.

Engels explica que la revolución darwiniana "no sólo reducía al mínimo la brecha entre la naturaleza inorgánica y la orgánica, sino que además eliminaba una de las dificultades esenciales que antes se había interpuesto en el camino de la teoría de la descendencia de los organismos. La nueva concepción sobre la naturaleza estaba completa en sus rasgos principales: toda la rigidez había desaparecido, ya no existía fijeza alguna, todas las particularidades consideradas eternas se volvían transitorias, se mostraba al conjunto de la naturaleza moviéndose en un eterno flujo y en una trayectoria cíclica".⁹ Los descubrimientos científicos desde que esto fue escrito han servido para reforzar la doctrina evolutiva.

Oparin sacó la conclusión de que la atmósfera original de la tierra era radicalmente diferente de la de hoy en día. Sugirió que el carácter de la atmósfera era reductor más que oxidante. Oparin propuso que la química orgánica de la que depende la vida se formó espontáneamente en este tipo de atmósfera bajo la influencia de la radiación ultravioleta del sol. J. B. S. Haldane llegó a conclusiones similares de forma independiente:

"El sol era quizás ligeramente más brillante que ahora y no había oxígeno en la atmósfera, los rayos ultravioletas químicamente activos del sol no eran detenidos, como son ahora, principalmente por el ozono (una forma modificada de oxígeno) en la atmósfera externa y el propio oxígeno más abajo. Penetraban la superficie de la tierra y el mar, o por lo menos hasta las nubes. Pero cuando el ultravioleta actúa sobre una mezcla de agua, dióxido de carbono, y amoníaco, se crean una amplia variedad de sustancias orgánicas, incluyendo azúcares y aparentemente algunos de los materiales a partir de los cuales se forman las proteínas".¹⁰

De forma más general Engels apuntó en la dirección correcta cincuenta años antes: "Por último, si la temperatura se nivela hasta tal punto, que por lo menos en una porción considerable de la superficie ya no supera los límites en que puede vivir la proteína, entonces, si lo favorecen otras condiciones químicas previas, se forma el protoplasma vivo". Continuaba, "Miles de años pasaron antes que aparecieran las condiciones en que se pudiese dar el paso siguiente, y en que esta proteína informe produjera la primera célula por formación del núcleo y la membrana celular. Pero esta primera célula también proporcionó el cimiento para el desarrollo morfológico de todo el mundo orgánico. Los primeros en desarrollarse, como se puede suponer por toda la analogía de los registros paleontológicos, fueron innumerables especies de protistas no celulares y celulares".¹¹ Aunque este proceso tuvo lugar en un periodo de tiempo más prolongado, la predicción era correcta en general.

De la misma manera que la comunidad científica ignoró las ideas de Engels en su tiempo, también ignoró las ideas de Oparin y Haldane. Sólo recientemente estas teorías están recibiendo el reconocimiento que se merecen. Richard Dickerson escribe:

"Las ideas de Haldane aparecieron en el *Rationalist Annual* en 1929, pero no provocaron prácticamente ninguna reacción. Cinco años antes Oparin había publicado una pequeña monografía proponiendo ideas bastante similares sobre el origen de la vida, igualmente con poco efecto. Los bioquímicos ortodoxos estaban demasiado convencidos de que Louis Pasteur había desaprobado la generación espontánea de una vez por todas como para considerar el origen de la vida como una cuestión científica legítima. No fueron capaces de apreciar que Oparin y Haldane estaban proponiendo algo bastante especial: no que la vida evolucione a partir de materia inanimada hoy en día (la teoría clásica de la generación espontánea, que no se podía sostener después de Pasteur) sino que la vida en un momento dado evolucionó a partir de materia inanimada en las condiciones que existían en la tierra primitiva y ante la falta de competencia de otros organismos vivos".¹²

¿Cómo surgió la vida?

No hay otro asunto de tan tremenda importancia para nosotros que la cuestión de cómo criaturas vivientes, sensibles y pensantes surgieron de la materia inorgánica. Este enigma ha ocupado la mente humana desde los tiempos más remotos y ha sido respondido de diferentes maneras. Podemos identificar tres tendencias principales:

1ª teoría - Dios creó toda la vida, incluyendo los seres humanos.

2ª teoría - la vida surgió de la materia inorgánica, por generación espontánea, como los gusanos surgen de la carne podrida, o los escarabajos en un estercolero (Aristóteles).

3ª teoría - la vida llegó del espacio exterior en un meteorito que cayó a la tierra y entonces se desarrolló.

Esta transformación de la materia inorgánica en materia orgánica es un punto de vista relativamente reciente. En contraste la teoría de la generación espontánea el surgimiento de la vida desde la nada tiene una larga historia. Desde el antiguo Egipto, China, India y Babilonia vemos la creencia en la generación espontánea. Podemos verlo en los escritos de los antiguos griegos. "Aquí surgen gusanos en un estercolero y de la carne podrida, aquí salen los piojos del sudor humano, aquí salen luciérnagas de las chispas de una pira funeraria, y finalmente en la tierra húmeda de rocío salen ranas y ratones. Para ellos la generación espontánea era simplemente un hecho obvio, empíricamente establecido cuya base teórica era de importancia secundaria", escribe Oparin. 13 La mayor parte de esto estaba vinculado a las leyendas y mitos religiosos. Sin embargo el punto de vista de los griegos era de carácter materialista.

Fue el punto de vista idealista de Platón, reflejado en Aristóteles, el que dio a la generación espontánea una calidad sobrenatural y más tarde formó la base de la cultura científica medieval y dominó las mentes de la gente durante siglos. No es que la materia contenga la vida sino que esta imbuida de ella. A través de las escuelas filosóficas griega y romana, la primitiva iglesia cristiana tomó prestada esta concepción para desarrollar su concepción mística del origen de la vida. San Agustín vio en la generación espontánea una manifestación de la voluntad de divina, la animación de la materia inerte por el "espíritu creador de la vida". Como Lenin plantea, "los escolásticos y clérigos se apoderaron de lo que estaba muerto en Aristóteles y no de lo que estaba vivo". Más tarde fue desarrollado por Santo Tomás de Aquino de acuerdo con las enseñanzas de la iglesia católica. La iglesia ortodoxa tiene un punto de vista similar. El obispo de Rostov, Dimitrii explicó en 1708 que Noé no metió en su arca aquellos animales capaces de generación espontánea: "Esos perecieron en el Diluvio y después del Diluvio surgieron de nuevo de tales principios". Esta era la opinión predominante en occidente hasta mediados del siglo XIX.

El gran T. H. Huxley en su conferencia de Edimburgo en 1886 explicó claramente por primera vez que la vida tenía una base física común: protoplasma. Insistió en que era funcional, formal y substancialmente el mismo para todo el espectro de seres vivos. En función, todos los organismos tienen movimiento, crecimiento, metabolismo y reproducción. En su forma están compuestos de células nucleadas; y en sustancia, están todos formados de proteínas, un compuesto de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Esto refleja gráficamente la unidad subyacente de la vida.

El científico francés Louis Pasteur, el padre de la microbiología, en una serie de experimentos finalmente desacreditó la teoría de la generación espontánea. "La vida sólo puede venir de la vida", dijo Pasteur. Los descubrimientos de Pasteur dieron un golpe de muerte a la teoría ortodoxa de la generación espontánea. El triunfo de la teoría de la evolución de Darwin forzó a los vitalistas (la idea de la "fuerza vital") a mirar el origen de la vida de una manera diferente. Desde ese momento su defensa del idealismo vino del argumento de la imposibilidad de entender este fenómeno sobre la base del materialismo.

Ya en 1907 el químico sueco, Svente Arrhenius en su libro *Worlds in the Making* (Mundos en formación) planteó la teoría de la panspermia, que concluía que si la vida no podía surgir espontáneamente en la tierra tenía que provenir de otros planetas. Él describía esporas viajando a través del espacio para "sembrar" la vida en otros planetas. Cualquier tipo de esporas de la vida que entrasen en nuestra atmósfera, al igual que los meteoritos, se quemarían. Para contrarrestar estas críticas, Arrhenius argumentó que por lo tanto la vida era eterna y no tenía origen. Pero la evidencia estaba en contradicción con esta teoría. Se demostró que la existencia de rayos ultravioletas en el espacio destruiría rápidamente cualquier tipo de esporas bacterianas. Por ejemplo se colocó algunos micro organismos seleccionados por su resistencia en la cápsula espacial *Gemini 9* en 1966, y expuestos a la radiación espacial. Sólo duraron seis horas. Más recientemente, Fred Hoyle pensó que la vida había sido traída a la tierra en las colas de los cometas. Esta idea ha sido remendada por Francis Crick y George Orgel que sugieren ¡que la tierra puede haber sido sembrada deliberadamente por vida inteligente del espacio exterior! Incluso si aceptamos que la vida llegó a la tierra desde otro planeta, esto sigue sin resolver la pregunta de cómo surge la vida, sino que simplemente la pone en otro estadio anterior, el hipotético planeta de origen.

No hace falta viajar al espacio exterior para encontrar una explicación racional a los orígenes de la vida. Se pueden encontrar los orígenes de la vida en los procesos en funcionamiento en la naturaleza de nuestro planeta hace tres mil millones de años, en condiciones muy especiales. Este proceso no se puede volver a repetir porque estos organismos estarían a merced de las formas de vida existentes que darían cuenta de ellos rápidamente. Sólo podrían surgir en un planeta en el que no existiese vida, y en el que hubiese muy poco oxígeno, ya que el oxígeno se combinaría con los elementos químicos necesarios para formar la vida rompiéndolos. La atmósfera de la tierra en ese momento estaba formada principalmente de metano, amoníaco y vapor de agua. En experimentación en laboratorios se ha demostrado que una mezcla de agua, amoníaco, metano y hidrógeno, sometida a radiación ultravioleta produce dos aminoácidos simples, y rastros de algunos más complicados. En los 60 se descubrieron moléculas complejas presentes en las nubes gaseosas en el espacio. Por lo tanto es posible que, en un estadio muy inicial de la formación de la tierra, los elementos para el surgimiento de la vida, o casi vida, estuviesen ya presentes en forma de aminoácidos. Experimentos más recientes han demostrado más allá de cualquier duda que las proteínas y los ácidos nucleicos que son la base de toda vida pueden haber surgido de cambios químicos y físicos normales en la "sopa" primordial.

Según Bernal, la unidad de la vida es parte de la historia de la vida y consecuentemente está implícita en sus orígenes. Todo fenómeno biológico nace, se desarrolla y muere según leyes físicas. La bioquímica ha demostrado que toda la vida sobre la tierra es lo mismo a nivel químico. A pesar de la enorme variedad de las especies, el mecanismo básico de enzimas, coenzimas y ácidos nucleicos aparece en todas partes. Al mismo tiempo forman un conjunto de partículas idénticas que se mantienen unidas por los principios de auto unión en las estructuras más elaboradas.

El nacimiento revolucionario de la vida

Cada vez es más claro que la tierra en sus estadios iniciales no funcionaba de la misma manera que hoy en día. La composición de la atmósfera, el clima, la propia vida se desarrolló a través de un proceso de cambios convulsivos, saltos bruscos y todo tipo de transformaciones, incluyendo retrogresiones. Lejos de ser una línea recta la evolución de la tierra y de la propia vida está llena de contradicciones. El primer periodo de la historia de la tierra, conocido como *arcaico* se prolongó hasta hace 1.800 millones de años. Al principio la atmósfera estaba compuesta principalmente de dióxido de carbono, amoníaco, agua y nitrógeno, pero no había oxígeno libre. Antes de este punto no había ningún tipo de vida en la tierra. Así pues ¿cómo surgió?

Como hemos visto hasta principios del siglo XX los geólogos creyeron que la tierra tenía una historia muy limitada. Gradualmente quedó claro que el planeta era mucho más viejo y, además, tenía una historia caracterizada por cambios constantes y, a veces, cataclísmicos. Podemos ver un fenómeno similar en relación a la supuesta edad del sistema solar y del universo, que parece ser mucho más viejo de lo que se creía. Basta con decir que los avances de la tecnología después de la segunda guerra mundial, especialmente el descubrimiento de los relojes atómicos, sentaron las bases para mediciones más precisas lo que significó un enorme paso adelante en la comprensión de la evolución de nuestro planeta.

Hoy en día podemos decir que la tierra se convirtió en un planeta sólido hace más de 4.500 millones de años. Desde el punto de vista de las observaciones diarias es una magnitud temporal totalmente inimaginable. Pero cuando se trata de tiempo geológico entramos en un orden de magnitudes totalmente diferente. Los geólogos están acostumbrados a tratar con millones y miles de millones de años, de la misma manera en que nosotros pensamos en horas, días y años. Se hizo necesario crear una escala temporal diferente, capaz de abarcar este tipo de periodos de tiempo. Esto cierra los estadios "iniciales" de la historia de la tierra, y sin embargo este periodo convulsivo representa el 88% de la historia del planeta. Comparado con esto toda la historia de la raza humana no es más que un momento fugaz. Desgraciadamente los pocos restos que tenemos de este periodo nos impiden tener una imagen más clara de estos procesos.

Para entender el origen de la vida, es necesario conocer la composición de la atmósfera y el medio ambiente primitivos de la tierra. Dado el escenario probable de que la tierra se formase a partir de una nube de polvo, su composición habría sido principalmente hidrógeno y helio, que son los más abundantes entre los elementos pesados. Hoy en día la tierra contiene grandes cantidades de elementos más pesados, como el oxígeno y el hierro. De hecho contiene aproximadamente un 80% de nitrógeno y un 20% de oxígeno. La razón para esto es que el hidrógeno y el helio, más ligeros escaparon de la atmósfera de la tierra en la medida en que la fuerza gravitatoria no era lo suficientemente fuerte como para atraerlos. Los planetas más grandes con una gravitación mayor, como Júpiter y Saturno, han mantenido una atmósfera densa de hidrógeno y helio. En contraste, la luna, que es mucho más pequeña, ha perdido su atmósfera.

Los gases volcánicos que formaban la atmósfera primitiva debían de haber contenido agua juntamente con metano y amoníaco. Suponemos que estos fueron liberados del interior de la tierra. Esto sirvió para saturar la atmósfera y provocar lluvia. Con el enfriamiento de la superficie terrestre empezaron a formarse mares y lagos. Se cree que estos mares constituyeron la "sopa" prebiótica (anterior a la vida) en la que los elementos químicos presentes, bajo el impacto de los rayos ultravioletas del sol, se sintetizaron para producir compuestos orgánicos de nitrógenos complejos, como los aminoácidos. Este efecto de la radiación ultravioleta fue posible por la ausencia de ozono en la atmósfera. Esta es la base de la hipótesis Oparin-Haldane.

Toda la vida se organiza en células, excepto los virus. Incluso la célula más simple es un fenómeno extremadamente complejo. La teoría estándar es que el calor de la propia tierra hubiera sido suficiente para formar compuestos complejos a partir de los simples. Las primeras formas de vida eran capaces de almacenar energía derivada de la radiación ultravioleta del sol. Sin embargo los cambios en la composición de la atmósfera cortaron el suministro de rayos ultravioletas. Ciertos agregados que habían desarrollado la sustancia conocida como clorofila fueron capaces de utilizar la luz visible que penetraba la capa de ozono que filtraba la radiación ultravioleta. Estas algas primitivas consumían dióxido de carbono y emitían oxígeno, llevando a la creación de la atmósfera actual.

A través de todo el curso del tiempo geológico podemos ver una interdependencia dialéctica entre la actividad atmosférica y la actividad biosférica. Por un lado la mayor parte del oxígeno libre de la atmósfera es la consecuencia de la actividad biológica (a través de proceso de fotosíntesis de las plantas). Por otro cambios en la composición de la atmósfera, especialmente el aumento de la cantidad de oxígeno molecular presente, dieron el pistoletazo de salida de innovaciones biológicas importantes que permitieron el surgimiento y diversificación de nuevas formas de vida.

¿Cómo surgieron las primeras células vivas de la sopa primordial de aminoácidos y otras moléculas simples hace unos cuatro mil millones de años? La teoría estándar, expresada en 1953 por el premio Nóbel de química Harold Urey y su estudiante Stanley Miller, era que la vida surgió espontáneamente en una atmósfera primitiva de metano,

amoníaco y otras sustancias químicas, activada por relámpagos. Más reacciones químicas hubieran permitido el desarrollo de los simples compuestos vivientes en moléculas más complejas, llegando a producir una moléculas de doble hélice de ADN, o la de ARN de un sólo ramal que tienen, las dos, la capacidad de reproducirse.

La posibilidad de que esto suceda por accidente es realmente remota, como les gusta remarcar a los creacionistas. Si el origen de la vida fuese un acontecimiento realmente casual los creacionistas tendrían un fuerte argumento a favor. ¡Realmente sería un milagro! Las estructuras básicas de la vida y de la actividad genética en general dependen de moléculas increíblemente complejas y sofisticadas, ADN y ARN. Para hacer una sola moléculas de proteína habría que combinar varios cientos de los aminoácidos que las forman en un orden concreto. Esto es un atarea formidable, incluso en un laboratorio con el equipo más avanzado. Las posibilidades de que esto ocurra por accidente en una pequeña charca tibia son astronómicamente remotas.

Esta cuestión ha sido abordada recientemente desde el punto de vista de la complejidad, uno de los productos de la teoría del caos. Stuart Kauffman, en su trabajo sobre genética y complejidad plantea la posibilidad del surgimiento de un tipo de vida como resultado de la emergencia espontánea del orden en el caos, a través del funcionamiento natural de las leyes de la física y la química. Si la sopa primordial era suficientemente rica en aminoácidos no sería necesario esperar reacciones casuales. Se podría haber formado un entramado coherente y auto reforzado de reacciones a partir de los compuestos en la sopa.

Mediante la acción de catalizadores, diferentes moléculas podían interaccionar y fusionarse entre ellas para formar lo que Kauffman denomina un "complejo autocatalítico". De esta manera el orden emergente a partir de un sistema de caos molecular se manifestaría en forma de un sistema que crece. Esto no es todavía la vida tal y como la conocemos hoy en día. No tendría ADN, ni código genético ni membrana celular. Y sin embargo sí tendría algunas de las propiedades de la vida. Por ejemplo podría crecer. Tendría una especie de metabolismo, absorbiendo de forma continua "alimento" molecular en forma de aminoácidos y otros compuestos simples que iría agregando a sí mismo. Tendría inclusive un sistema primitivo de reproducción, extendiéndose para cubrir una área más amplia. Esta idea, que representa un salto cualitativo, o una "transición de fase" en el lenguaje de la complejidad, significaría que la vida no habría surgido como un acontecimiento casual, sino como resultado de una tendencia hacia la organización inherente a la naturaleza.

Los primeros organismos animales eran células capaces de absorber la energía almacenada en las células vegetales. El cambio en la atmósfera, la desaparición de la radiación ultravioleta, y la presencia de las formas de vida ya existentes descarta la creación de nueva vida actualmente, a no ser que se consiga por medios artificiales en un laboratorio. Ante la ausencia de rivales o predadores en los océanos, los primeros compuestos se habrían expandido muy rápidamente. Llegados a cierto punto se daría un cambio cualitativo con la creación de las primeras células ácido nucleicas capaces de reproducirse a sí mismas: un organismo viviente. De esta manera la materia orgánica surge de la materia inorgánica. La vida misma es el producto de la materia inorgánica organizada de determinada manera. Gradualmente y a lo largo de un periodo de millones de años empezaría a aparecer la mutación dando lugar a nuevas formas de vida.

Así podemos llegar a una edad mínima para la vida en la tierra. Uno de los principales obstáculos para la evolución de la vida tal y como la conocemos era la ausencia de una pantalla de ozono en la atmósfera exterior en los tiempos arcaicos. Esto permitía la penetración en las capas superficiales de los océanos de la radiación universal, incluyendo los rayos ultravioletas que desactivaban la moléculas de ADN, inductora de la vida. Los primeros organismos primitivos vivientes las *células procariotas* eran unicelulares pero les faltaba un núcleo y eran incapaces de llevar a cabo la división celular. Sin embargo eran relativamente resistentes a la radiación ultravioleta, o, según una teoría, dependían de ella. Estos organismos fueron la forma predominante de la vida en la tierra durante un periodo de unos 2.400 millones de años.

Las criaturas procariotas unicelulares se reproducían asexualmente a través de brotes y fisiones. Generalmente la reproducción asexual crea seres idénticos, a no ser que se desarrolle una mutación, lo cual es bastante poco frecuente. Esto explica la lentitud del cambio evolutivo en este periodo. Sin embargo la aparición de células nucleadas (*eucariotas*) dio lugar a la posibilidad de una mayor complejidad. Parece ser que la evolución de las eucariotas surgió de una colonia de procariotas. Por ejemplo algunos procariotas modernos pueden invadir y vivir dentro de células eucariotas. Algunos organelos (órganos) de eucariotas tienen su propio ADN que podría ser un resto de una existencia previa independiente. La vida tiene toda una serie de rasgos principales, incluyendo el metabolismo (la totalidad de cambios químicos que se dan en un organismo) y la reproducción. Si aceptamos la continuidad de la naturaleza los organismos más simples que existen hoy en día tienen que haber evolucionado a partir de procesos cada vez más simples. Además, las bases materiales de la vida son los elementos más comunes del Universo: hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno.

Una vez que ha aparecido la vida esta por sí misma constituye una barrera que impide el resurgimiento de vida en el futuro. El oxígeno molecular, un subproducto de la vida, surge del proceso de fotosíntesis (en el que la luz se transforma en energía). "La vida que tenemos en la tierra hoy en día de hecho, se divide en dos grandes categorías reconocidas desde hace tiempo por la especie humana, los animales que respiran oxígeno y las plantas fotosintéticas o que crecen por la luz", plantea Bernal. "Los animales pueden vivir en la oscuridad pero necesitan aire para respirar, ya sea aire libre u oxígeno disuelto en agua. Las plantas no necesitan oxígeno de hecho lo producen a la luz del día pero no pueden crecer durante largo tiempo en la oscuridad. Por lo tanto, ¿cuáles de ellos aparecieron primero? ¿O les precedió alguna forma de vida? Esta alternativa parece ahora prácticamente cierta.

Estudios detallados de las historias de la vida, la anatomía celular interna y el metabolismo tanto de plantas como animales demuestran que son dependientes divergentemente especializados de algún zoo-fito. Este tiene que haber sido parecido a algún tipo de bacteria de hoy en día que puede llevar al mismo tiempo funciones de animales y plantas, y actuar tanto como agente oxidante y como fotosintético". 14

Formas de vida primitivas

Es un hecho llamativo el que los cromosomas de todos los organismos vivos, desde las bacterias a los seres humanos, tienen una composición similar. Todos los genes están hechos del mismo tipo de sustancias químicas, nucleoproteínas. Esto también es cierto para los virus, las cosas vivas más simples conocidas que están en el umbral que separa la materia orgánica de la inorgánica. La composición química de las nucleoproteínas permite a la entidad molecular reproducirse a sí misma, la característica básica de la vida, tanto en genes como en virus.

Engels plantea que la evolución de la vida no se puede entender sin todo tipo de formas transicionales:

"Las líneas duras y rígidas son incompatibles con la teoría de la evolución. Inclusive la línea limítrofe entre los vertebrados e invertebrados ya no es rígida, y menos aun la que separa a los peces de los anfibios, en tanto que la que existe entre las aves y los reptiles se reduce cada vez más, con cada día que pasa. Entre el *Compsognato* y el *Arqueoptérix*, sólo faltan unos pocos eslabones intermedios, y los picos dentados de aves surgen en ambos hemisferios. 'O bien o si no' resulta cada vez más inadecuado, Entre los animales inferiores no se puede establecer con nitidez el concepto del individuo. No sólo respecto de si determinado animal es un individuo o una colonia, sino, además, en el plano del desarrollo, dónde termina *un* individuo y empieza el otro (nodrizas).

"Para una etapa de la concepción de la naturaleza en que todas las diferencias se unen en etapas intermedias, y todos los contrarios se confunden entre sí por eslabones intermedios, ya no basta el antiguo método metafísico de pensamiento. La dialéctica, que de igual manera no conoce líneas rígidas, ningún 'o bien o si no' incondicional, de validez universal, y que franquee las diferencias metafísicas fijas, y que además del 'o bien o si no' reconoce también, en el lugar adecuado 'tanto esto como aquello' y reconcilia los contrarios, es el único método de pensamiento adecuado, en el más alto grado, para esta etapa. Es claro que para la utilización cotidiana, para el cambio menudo de la ciencia, las categorías metafísicas conservan su validez".15

Las líneas divisorias entre la materia viva e inanimada, entre animales y plantas, reptiles y mamíferos, no son tan claras como se podría suponer. Los virus por ejemplo forman una clase de la que no se puede decir que sea vida tal y como la entendemos, y sin embargo poseen claramente algunos de los atributos de la vida. Como escribe Ralph Buchsbaum:

"Los virus se encuentran entre las proteínas más grandes conocidas, y ya se han preparado bastantes de ellos en forma cristalina pura. Incluso después de repetidas cristalizaciones, un tratamiento al que obviamente ninguna sustancia viva ha sido nunca capaz de sobrevivir, los virus retoman sus actividades y se multiplican cuando se les devuelve a condiciones favorables. Aunque hasta ahora nadie ha conseguido cultivarlos en ausencia de materia viva, está claro que los virus ayudan a llenar el eslabón que anteriormente se creía que existía entre seres vivos y no vivos. Ya no se puede decir que existe una distinción misteriosa y brusca entre lo vivo y lo no vivo, sino que más bien parece existir una transición gradual en complejidad.

"Si nos imaginamos que las primeras sustancias auto-propagantes eran algo parecidas a los virus, no es difícil suponer que una agregación de proteínas del tipo de los virus podrían llevar al desarrollo de organismos mayores tipo bacterias, independientes, creando su propia comida a partir de sustancias simples, y utilizando la energía del sol.

"Este nivel de organización puede compararse con las formas actuales de *bacterias independientes*, algunas de las cuales realizan la fotosíntesis sin clorofila, utilizando diferentes pigmentos verdes o púrpura en su lugar. Otras utilizan la energía derivada de la oxidación de láminas simples de nitrógeno, sulfuro o hierro. Estas por ejemplo, pueden oxidar amoníaco en nitratos, o sulfuros de hidrógeno en sulfatos, con la liberación de energía que se utiliza para formar carbohidratos". 16

El periodo relativamente breve entre la formación del planeta y el enfriamiento de su corteza superficial significó que el surgimiento de la vida tuvo lugar en un espacio de tiempo sorprendentemente corto. Stephen Jay Gould explica que "la vida, con toda su complejidad, probablemente surgió rápidamente en seguida que pudo". 17 Los micro fósiles de hace 3.500 millones de años son, tal y como era de suponer, células procariotas, es decir sin núcleo (metanógenos, bacterias y algas verdiazules). se consideran las formas de vida más simples sobre la tierra, aunque incluso en ese momento había diversidad. Lo que significa que hace 3.500 o 3.800 millones de años emergió nuestro ancestro común a la vez que otras formas que se extinguieron.

En ese momento había muy poco, por no decir ninguno, oxígeno molecular en la atmósfera, en la medida en que los organismos que la habitaban no necesitaban oxígeno, de hecho les hubiese matado. Crecían oxidando el hidrógeno y reduciendo el dióxido de carbono a metano. Se ha sugerido que este organismo tenía que haber sido similar a las células eocitas que habitan los ambientes muy calientes de los respiraderos de los volcanes. Obtienen su energía no del oxígeno sino convirtiendo sulfuro en sulfito de hidrógeno.

"Uno puede hacerse una imagen visual", escribe Richard Dickerson, "de que antes de que evolucionaran las células vivientes en el océano primitivo hormigueaban glóbulos con una química especial que sobrevivían durante largo tiempo y luego desaparecían de nuevo". Y continua:

"Aquellos glóbulos que por pura casualidad contenían los catalizadores capaces de inducir polimeraciones 'útiles' sobrevivirían más tiempo que los otros; la probabilidad de supervivencia estaría directamente vinculada a la complejidad y efectividad de su 'metabolismo'. Sobre los eones actuaría una fuerte selección química de los tipos de glóbulos que contuviesen en sí mismos la capacidad de tomar moléculas e incluso energía de sus alrededores e incorporarlas en forma de sustancias que pudiesen promover su supervivencia, no sólo respecto a sus glóbulos padres sino también respecto a los glóbulos hijos en los que se dispersaban los glóbulos padres cuando se hacían demasiado grandes. Esto no es vida, pero se acerca a ella" 18.

Dada la falta de registro fósil es necesario analizar la organización de la célula moderna para echar luz sobre sus orígenes. Para que las formas de vida más simples se puedan reproducir tienen que tener un aparato genético que contenga los ácidos nucleicos. Si las células son las unidades básicas de la vida, podemos estar casi seguros de que los organismos originales contenían ácidos nucleicos o polímeros muy cercanos. Las bacterias por ejemplo están compuestas de una sola célula y posiblemente son el prototipo de toda célula viviente.

La bacteria *Escherichia coli* (E. coli) es tan pequeña que un billón de sus células cabrían en un centímetro cúbico. Contiene una pared celular, una membrana, que mantiene encerradas las moléculas esenciales; también selecciona y aspira moléculas útiles de fuera de la célula. Mantiene el balance entre la célula y su medio ambiente. El principal metabolismo de la célula tiene lugar en la membrana, dónde se dan cientos de reacciones químicas utilizando los nutrientes del medio ambiente para desarrollarse y crecer. La bacteria E. coli se reproduce cada veinte minutos. Esta transformación única dentro de la célula la hace posible un grupo de moléculas llamadas enzimas. Estas son catalizadores que aceleran las reacciones químicas sin ser alterados en el proceso. Trabajan repetidamente, transformando continuamente nutrientes en productos.

La reproducción es un elemento esencial de la vida. Cuando se produce la división celular se crean un par de células hijas idénticas. El mecanismo para la duplicación, para hacer nuevas moléculas de proteínas con exactamente la misma secuencia que la célula madre, está codificado en los ácidos nucleicos. Son únicos en el sentido en que ellos solos, con la ayuda de ciertos enzimas, son capaces de reproducirse directamente. El ADN (ácido desoxirribonucleico) lleva toda la información necesaria para dirigir la síntesis de nuevas proteínas. Sin embargo el ADN no puede hacerlo directamente sino que actúa como "copia maestra" de la cual se hacen copias mensajeras en ARN (ácido ribonucleico), que llevan la información de la secuencia al sistema sintetizador. Esto se conoce como el código genético. Los ácidos nucleicos no se pueden replicar sin enzimas, y no se pueden producir enzimas sin el ácido nucleico. Tienen que haberse desarrollado paralelamente. Es probable que en la "sopa" original de elementos existiesen moléculas de ARN que fueran también enzimas, que se desarrollaron en base a la selección natural. Este tipo de enzimas de ARN se unieron para formar una hélice formando las bases para el ARN autoreplicante. La replicación genética por supuesto no está exenta de error. En la bacteria E. coli la tasa de error es de uno en un diez millones de copias base. A lo largo de millones de generaciones este tipo de errores mutaciones pueden tener poco efecto, o por el contrario pueden provocar profundos cambios en el organismo, y sobre la base de la selección natural llevar a la formación de nuevas especies.

El siguiente estadio en la evolución orgánica fue el desarrollo de otros polímeros, combinaciones de moléculas, agrupados en familias enteras. Se necesitaba una estructura para encerrar las moléculas: una *membrana celular* semipermeable. Las membranas celulares son estructuras complejas, en un equilibrio muy frágil entre el estado sólido y el líquido. Pequeños cambios en la composición de la membrana pueden provocar un cambio cualitativo, tal y como explica Chris Langton: "Hazla temblar aunque sea muy ligeramente, cambia un poco la composición de colesterol, cambia un poco la composición de ácidos grasos, deja que una sola moléculas de proteína se una con un receptor en la membrana, y puedes producir grandes cambios, cambios biológicamente útiles". 19

Fotosíntesis y reproducción sexual

Como podemos ver, la evolución de la célula es un estadio relativamente bastante avanzado de la evolución orgánica. En la medida en que los abundantes componentes de la sopa biótica se fueron agotando fue necesaria la evolución de materiales orgánicos de la atmósfera solubles en agua. El siguiente paso fue el de la fermentación, el sistema más simple pero menos eficaz de metabolismo, a la fotosíntesis. Había evolucionado la moléculas clorofílica. Esto permitió a los seres vivos capturar la luz solar para sintetizar moléculas orgánicas. Los primeros fotosintetizadores se apartaron de la competencia por las moléculas ricas en energía, cada vez más escasas, y se convirtieron en productores primarios. Una vez que se consigue el proceso de fotosíntesis se asegura el futuro de la vida. Tan pronto como surge y produce suficiente oxígeno se hace posible la respiración. Es más, según las leyes de la selección natural, una vez que empezó la fotosíntesis dejó su marca sobre todas las formas de vida subsiguientes y tuvo tanto Éxito que aniquiló todas las formas de vida anteriores.

Este desarrollo representa un salto cualitativo. La evolución posterior de formas más complejas de vida es un proceso natural prolongado que conduce finalmente a una nueva rama de la vida, la célula con núcleo. En la cumbre del árbol eucariota, aparecen simultáneamente diferentes ramas, como plantas, animales y hongos. Según el biólogo molecular americano Mitchell Sogin la cantidad de oxígeno afectó el ritmo de la evolución. La composición química de las rocas pretéritas sugiere que el oxígeno atmosférico aumentó en etapas claramente diferenciadas separadas por largos periodos de estabilidad. Algunos biólogos piensan que la explosión de la vida se podría haber disparado al alcanzar un cierto nivel de oxígeno.

El surgimiento de la célula con núcleo *eucariota* se ha adaptado completamente al oxígeno y muestra poca variación. El surgimiento de esta nueva y revolucionaria forma de vida permitió la existencia de reproducción sexual

avanzada, lo que a su vez aceleró el ritmo de la evolución. Mientras que las procariotas sólo se dividen en dos grupos de organismos, las bacterias y las algas verdiazules (Éstas productoras de oxígeno por fotosíntesis), las eucariotas comprenden todas las plantas verdes, todos los animales y los hongos. La reproducción sexual representa otro salto adelante cualitativo. Esto requiere que el material genético esté empaquetado dentro del núcleo. La reproducción sexual permite la mezcla de genes entre dos células, por lo tanto las posibilidades de variación son mucho más grandes. De esta manera, en la reproducción, los cromosomas de las células eucariotas se fusionan para producir nuevas células. La selección natural sirve para preservar las variantes genéticas más favorables en la combinación genética.

Uno de los aspectos clave de la vida es la reproducción. Todas las células de animales y plantas tienen las mismas estructuras básicas. La reproducción y transmisión de las características de los padres herencia se produce a través de la unión de células sexuales, el óvulo y el espermatozoide. El material genético del ADN a través del cual se transmiten las características de las formas de vida de una generación a la otra, está presente en los núcleos de todas las células. La estructura de la célula, que se compone de citoplasma también contiene una serie de órganos en miniatura, llamados organelos. La estructura interna de los organelos es idéntica a la de diferentes tipos de bacterias, lo que parece indicar que la composición de las células de plantas y animales es el resultado de la combinación de estos órganos, antaño independientes y con su propio ADN, en un todo cooperativo. En los 70 se descubrieron los microtúbulos. Son varillas de proteínas que llenan todas las células del cuerpo, como un andamiaje interno. Este "esqueleto" interno da forma a la célula y parece jugar un papel en la circulación de las proteínas y los productos de plasma. El surgimiento de la célula eucariota o nucleada constituyó una revolución biológica hace unos 1.500 millones de años.

La reproducción sexual surgió a partir de la división asexual. Esto fue un cambio cualitativo en la evolución de la vida. Posibilitó la mezcla del material hereditario de dos individuos de tal manera que la descendencia sería diferente de los padres, lo que hizo posible la variación en la que se basa la selección natural. En cualquier célula animal o vegetal el ADN está organizado en pares de cromosomas en el núcleo. Estos cromosomas llevan los genes que determinan las características individuales. La nueva descendencia, aunque combina las características de sus padres, es diferente de ambos. Parece ser que el origen de la reproducción sexual está conectado con el hecho de que los organismos primitivos se injiriesen los unos a los otros. El material genético de los dos individuos se fusionaba produciendo un nuevo individuo con dos juegos de cromosomas. Entonces el organismo más grande se dividía en dos partes cada una de ellas con la cantidad correcta de cromosomas. Existían cromosomas únicos y parejas, pero con el tiempo las parejas de cromosomas pasaron a ser la condición normal en plantas y animales. Esto sentó las bases para la evolución de organismos multicelulares.

Hace unos 700 o 680 millones de años aparecieron los primeros *metazoos*. Eran organismos multicelulares complejos que necesitaban oxígeno para su crecimiento. Durante ese periodo el contenido de oxígeno en la atmósfera se incrementó constantemente, alcanzando su nivel actual hace unos 140 millones de años. Los procesos que se dan en la evolución tienen un carácter marcadamente dialéctico, en el que largos periodos de cambio gradual y cuantitativo se ven interrumpidos por explosiones repentinas. Uno de estos periodos se dio hace 570 millones de años.

La explosión cámbrica

Hace falta un esfuerzo de imaginación para poder ver lo reciente que es el fenómeno de las formas de vida complejas sobre la tierra. Imaginémonos un mundo en el que la tierra estuviera formada por rocas áridas barridas por el viento, en el que las formas más complejas eran matas de algas y escoria de estanque. Esta fue la situación durante la mayor parte de la historia de la tierra. Durante millones de años el desarrollo de la vida fue prácticamente estático. Entonces, este mundo estancado, explotó repentinamente dando lugar a una de las erupciones más dramáticas en la historia de la vida. El registro fósil muestra una extraordinaria proliferación de formas de vida diferentes. El surgimiento de animales con conchas y esqueletos conserva este progreso en tablas de piedra. La explosión de nuevas formas de vida en los océanos fue paralela a la extinción masiva de los viejos estramolites que habían sido la forma de vida dominante en el periodo proterozoico. La aparición de una inmensa multitud de criaturas multicelulares transformó la faz de la tierra.

"Quizás lo más llamativo (y también lo más desconcertante) sobre el registro fósil es su inicio", escribe F. H. T. Rhodes. "Los fósiles aparecieron primero en cantidades apreciables en rocas del periodo cámbrico bajo, depositadas hace unos 600 millones de años. Rocas anteriores (pre-cámbricas) son casi completamente no fosilíferas, a pesar de que en ellas se han conservado algunos rastros de organismos antiguos. La diferencia entre los dos grupos de rocas es tan grande como parece: un paleontólogo podría investigar estratos pre-cámbricos que pareciesen prometedores durante toda su vida y no encontrar nada (y muchos lo han hecho); pero cuando pasa al cámbrico, aparecen los fósiles, una gran variedad de formas, bien preservadas, extendidas a nivel mundial, y relativamente comunes. Esta es la primera característica de los fósiles comunes más antiguos, y aparece como un choque para el evolucionista. Porque en lugar de aparecer gradualmente, con una secuencia y desarrollo demostrable ordenado, aparecen en lo que parece una explosión geológica". 20

A pesar de su genialidad, Darwin fue incapaz de explicarse la explosión cámbrica. Aferrándose a su concepción gradualista de la evolución, creyó que este salto brusco era sólo aparente, y se debía a que el registro fósil era incompleto. En los últimos años se han hecho nuevos y sorprendentes descubrimientos en el campo de la paleontología que han llevado a un replanteamiento de la interpretación de la evolución. La vieja idea de la evolución

como un proceso ininterrumpido de cambio gradual ha sido desafiada, especialmente por Stephen Jay Gould, cuyas investigaciones sobre el registro fósil de Burgess Shale (importante yacimiento fósil en British Columbia, Canadá) han transformado el punto de vista de toda una generación.

La vida se desarrolló, no en una línea recta de progreso evolutivo ininterrumpido, sino como un proceso, muy bien explicado por Stephen Jay Gould, de equilibrio interrumpido en el que largos periodos de estabilidad aparente se ven interrumpidos por periodos de cambios repentinos y catastróficos, caracterizados por extinciones masivas de especies. Durante 500 millones de años las líneas divisorias de los periodos geológicos están marcadas por convulsiones repentinas, en las que la desaparición de algunas especies deja el camino libre para la proliferación de otras. Este es el equivalente biológico a los procesos geológicos de la formación de montañas y la deriva continental. No tienen nada en común con la vulgar caricatura de la evolución entendida como un simple proceso gradual de cambio y adaptación.

Según la teoría clásica de Darwin, el surgimiento de las primeras formas de vida multicelular compleja tenía que haber sido precedido de un largo periodo de cambio progresivo y lento que culminase en la "explosión cámbrica" hace 500 millones de años. Sin embargo los descubrimientos más recientes demuestran que esto no fue así. Las investigaciones de Gould y otros demuestran que durante dos tercios de la historia en la tierra casi 2.500 millones de años la vida estuvo confinada al menor nivel de complejidad registrado, la célula procariota, y nada más.

"Otros 700 millones de años de las células eucariotas mucho mayores e intrincadas, pero no agregación de vida animal multicelular. Entonces en un guiño de tiempo geológico de 100 millones de años, tres faunas totalmente diferentes de Ediacara a Tommotian, a Burgess. Desde entonces, más de 500 millones de años de historias maravillosas, triunfos y tragedias, pero ni un sólo filo nuevo, ni diseño anatómico básico, se ha añadido al registro de Burgess".

En otras palabras, el surgimiento de organismos multicelulares complejos, la base de la vida tal y como la conocemos hoy en día, no fue el producto de una acumulación lenta, gradual y "evolutiva" de cambios adaptativos, sino en un salto cualitativo repentino. Esto fue una auténtica revolución biológica, en la que, "en un momento geológico cercano al principio del cámbrico, prácticamente todos los filos modernos aparecieron por primera vez, junto con algunos más, experimentos anatómicos que no sobrevivieron por mucho tiempo". Durante el periodo cámbrico aparecieron por primera vez nueve filos (la unidad básica de diferenciación en el reino animal) de invertebrados marinos, incluyendo *protozoos*, *celenterados* (anémonas de mar, medusas), esponjas, moluscos y trilobites. Tardó 120 millones de años en completarse la evolución de todos los filos de invertebrados. Por otra parte tuvimos la rápida desaparición de los estromatolites, que habían sido la forma de vida dominante durante 2.000 millones de años.

"Los animales multicelulares modernos aparecen por primera vez de forma clara en el registro fósil hace unos 570 millones de años, y con una explosión, no en un crescendo prolongado. Esta 'explosión cámbrica' marca la aparición (por lo menos en la evidencia directa) de prácticamente todos los grupos más importantes de animales modernos, y todos en un periodo minúsculo, geológicamente hablando, de unos pocos millones de años". 21

Para S. J. Gould, "No encontramos una historia de progreso majestuoso, sino un mundo puntuado con periodos de extinciones masivas y originación rápida entre largas extensiones de tranquilidad relativa". 22 Y de nuevo: "La historia de la vida no es un continuo de desarrollo, sino un registro puntuado por episodios breves, en algunos casos geológicamente instantáneos, de extinción masiva y consecuente diversificación. La escala de tiempo geológico nos da un mapa de esta historia, ya que los fósiles nos proporcionan nuestro principal criterio a la hora de fijar el orden temporal de las rocas. Las divisiones de la escala temporal se sitúan en estas puntuaciones importantes debido a que las extinciones y diversificaciones rápidas dejan señales muy claras en el registro fósil". 23

Plantas y animales

Durante el periodo cámbrico y ordovícico de 570 a 440 millones de años atrás hubo un aumento impresionante de trilobites y graptolites, y un crecimiento importante de especies marinas por todo el mundo, incluyendo el surgimiento de los primeros peces. Este fue el resultado de la extensión del suelo marino, especialmente del océano Iapetus. Durante el periodo silúrico (hace 440-400 millones de años) el derretimiento de los casquetes polares provocó un importante aumento del nivel del mar. Los mares poco profundos que cubrían la mayor parte de Asia, Europa y América del Norte no representaban una barrera seria para la migración de las especies, y no es por casualidad que fuese en este periodo cuando se alcanzó el máximo nivel de transgresión marina.

En ese momento había una distribución de los continentes un poco singular. Los continentes del sur estaban débilmente unidos formando una proto-Gondwana (África, América del Sur, la Antártida, Australia y la India), pero América del Norte, Europa y Asia estaban separadas. Había un pequeño proto océano Atlántico (*Iapetus*) entre Europa y América del Norte y el polo sur estaba situado en alguna parte al noroeste de África. Más tarde, los continentes se unieron formando un solo supercontinente, *Pangaea*. Este proceso empezó hace 380 millones de años cuando el océano Iapetus se cerró dando lugar a la creación de la cadena montañosa de Caledonia-Apalaches. Esto provocó la colisión del Báltico con Canadá, uniendo Europa con América del Norte. En ese momento, la continua convergencia provocó que la esquina noroccidental de Gondwana chocase con América del Norte creando una masa de tierra semi-continua en la que todos los continentes estaban unidos.

Un aumento tal de la superficie terrestre emergida provocó un cambio revolucionario en la propia evolución de la vida. Por primera vez una forma de vida intentó desplazarse del mar a la tierra, en sus zonas costeras. Aparecieron

los primeros anfibios y plantas terrestres. Este fue el punto de partida de una explosión de crecimiento de la vida animal y vegetal. Este periodo estuvo marcado por la eliminación del medio ambiente de los mares poco profundos, y como resultado la extinción masiva o el rápido declive de muchas especies marinas. Evidentemente el cambio de ambiente obligó a algunas de las especies a trasladarse de las zonas costeras a la tierra o morir, algunas lo consiguieron, otras no. La inmensa mayoría de los organismos marinos adaptados a la vida en los bancos de arena o en los arrecifes de los mares poco profundos se extinguieron. Más adelante los anfibios dieron lugar a los reptiles. Las primeras plantas terrestres pasaron por un periodo de crecimiento explosivo, creando enormes bosques con árboles de 30 metros de altura. Muchos de los yacimientos de carbón que estamos explotando tienen su origen en este remoto periodo, el producto de la acumulación de los restos por millones y millones de años pudriéndose en el suelo de los bosques prehistóricos.

La lógica formal se aproxima al mundo natural con un ultimátum, o esto o lo otro. Una cosa o esta viva o está muerta; un organismo es una planta o un animal, y demás. En realidad las cosas no son tan sencillas. En el *Anti-Dühring*, Engels escribe: "Para casos cotidianos sabemos, por ejemplo, y podemos decir con seguridad si un animal existe o no existe; pero si llevamos a cabo una investigación más detallada, nos damos cuenta de que un asunto así es a veces sumamente complicado, como sabes muy bien, por ejemplo, los juristas que en vano se han devanado los sesos por descubrir un límite racional a partir del cual la muerte dada al niño en el seno materno sea homicidio; no menos imposible es precisar el momento de la muerte, pues la fisiología enseña que la muerte no es un acaecimiento instantáneo y dado de una vez, sino un proceso de mucha duración". 24

Ya hemos señalado la dificultad a la hora de clasificar los organismos primitivos, como los virus que están en la línea divisoria entre la materia orgánica e inorgánica. La misma dificultad surge a la hora de separar plantas de animales. Hay tres clasificaciones importantes de plantas. La primera (*talófitas*) incluye las formas más primitivas, organismos unicelulares o grupos de células débilmente organizados. ¿Son plantas o animales? Se podría decir que son plantas por que contienen clorofila. "Viven" como plantas.

Sobre esto Rodhes dice:

"Pero esta respuesta simple no resuelve nuestro problema a la hora de reconocer una planta si acaso, lo hace más confuso, porque en lugar de darnos una línea divisoria clara y conveniente entre plantas y animales nos lleva hacia una zona confusa que se solapa entre los dos reinos. Y de la misma manera que los virus nos llevaron de vuelta al umbral de la vida, estas talófitas inferiores nos llevan a la zona mal definida que separa el mundo vegetal del animal.

"Muchos de los protozoos son, como hemos visto, claramente animales, se mueven, crecen, asimilan comida, y excretan productos de despojo de la misma manera que lo hacen animales 'no dudosos'. Pero existen algunas excepciones exasperantes. Observemos por un momento el diminuto organismo unicelular *Euglena*, un habitante común de charcas y zanjas. Tiene un cuerpo más o menos ovalado que se mueve en el agua a través de los movimientos del flagelo; la criatura también puede gatear y hacer movimientos como los de un gusano: en otras palabras es capaz de movimientos típicamente 'animales', ¡pero contiene clorofila y obtiene nutrición a través de la fotosíntesis!

"La *Euglena* es realmente una contradicción viva de la mayoría de nuestras ideas sobre las diferencias de plantas y animales, y la contradicción surge, no porque no podamos decidir cuál de las dos es, sino porque parece ser ambas. Otras formas muy cercanas no tienen clorofila y se comportan como cualquier otro animal, utilizando el largo látigo como un hilo para nadar, tomando y digiriendo comida, y demás. Lo que esto implica está claro. 'Plantas' y 'animales' son categorías abstractas de nuestra invención, concebidas y formuladas simplemente por una cuestión de conveniencia. Debido a esto, no se puede plantear que todos los organismos encajan en un grupo o en otro. Quizás la *Euglena* es un resto viviente de un grupo antiguo y primitivo de organismos acuáticos diminutos que fueron los antecesores tanto de plantas como de animales. ¿Pero, no podemos resolver el problema considerando a la clorofila como distintiva? ¿Podemos suponer que 'si tiene clorofila, es una planta nos daría una regla adecuada? Desgraciadamente tampoco este es el caso, ya que algunos de estos talófitos (los hongos) que en otros sentidos son bastante parecidos a plantas, no tienen clorofila. De hecho estos hongos representan una familia problemática, porque en varios de sus miembros, todas las características 'típicas' de las plantas (necesidad de luz solar, ausencia de movimiento, y demás) no se aplican. Y sin embargo, haciendo un balance, sus miembros parecen ser plantas". 25

La diversidad de la vida multicelular representa un nuevo salto cualitativo en la evolución de la vida. El cambio de organismos con cuerpos blandos a organismos con partes mineralizadas, tal como queda registrado en Burgess Shale, representa el desarrollo de organismos superiores. Ciertas sustancias como la sal y el calcio penetran en la estructura celular y los tejidos de las criaturas marinas que necesitan secretarlas. Dentro de la célula los orgánulos que se encargan del metabolismo o la energía, mitocondrios, absorben el calcio y el fosfato y los expulsan en forma de fosfato cálcico. Este mineral puede depositarse dentro de las células o puede ser utilizado para construir un esqueleto interno o externo.

El desarrollo de un esqueleto se da normalmente a través de la siembra de cristales minerales en una proteína fibrosa llamada colágeno. El colágeno, que compone aproximadamente un tercio de todas las proteínas de los vertebrados sólo se puede formar en presencia de oxígeno libre. El primer paso hacia los vertebrados parece ser el *pikaia* en Burgess Shale, un animal parecido a un pez. La ascidia también parece ser el eslabón evolutivo entre aquellos animales que estaban fijados al fondo marino y obtenían su alimento filtrando nutrientes y los peces que nadan libremente. Estos peces (*ostracodermos*) estaban cubiertos de escamas tipo concha, y no tenían dientes ni mandíbulas. Este salto cualitativo en el periodo silúrico creó los primeros vertebrados.

Fue en este periodo, hace 410 millones de años, en que surgieron las mandíbulas a partir de una agalla frontal, lo que les permitió cazar otros animales en lugar de aspirar nutrientes del fondo marino. "Los primeros peces no tenían mandíbulas", dice Gould. "¿Cómo podría un mecanismo tan complicado, formado por diferentes huesos entrelazados, evolucionar desde el principio? 'Desde el principio' resulta ser una distracción. Los huesos estaban presente en los antecesores, pero cumplían alguna otra función, apoyaban una agalla arqueada localizada justo detrás de la boca. Estaban bien diseñados para su papel respiratorio; habían sido seleccionados para Éste y no 'sabían' nada de ninguna función futura. Retrospectivamente, los huesos estaban admirablemente preadaptados para convertirse en mandíbulas. El mecanismo complicado ya estaba ensamblado pero se utilizaba para respirar, no para comer". Este era claramente un caso, en terminología marxista, de elementos de los nuevo en lo viejo. Los primeros peces con mandíbulas, los acantopterigios, o peces espada, dieron lugar a muchos tipos de peces óseos. Los primeros vertebrados terrestres, los anfibios, evolucionaron a partir de estos peces.

Gould continua: "De manera parecida, ¿cómo podría la aleta de un pez convertirse en una extremidad terrestre? La mayoría de los peces formaron sus aletas a partir de rayos paralelos finos que no podrían aguantar el peso de un animal en tierra. Pero un grupo peculiar de peces de agua dulce que viven en el fondo nuestros antecesores evolucionaron una aleta con un eje central fuerte y solamente unas cuantas proyecciones radiadas. Estaba admirablemente preadaptada para convertirse en una pierna terrestre, pero había evolucionado puramente para sus propios fines en el agua, presumiblemente para barrenar el fondo mediante la rotación brusca del eje central contra el substrato.

"En resumen, el principio de preadaptación simplemente afirma que una estructura puede cambiar su función radicalmente sin alterar mucho su forma. Podemos saltarnos los espacios intermedios planteando una retención de las viejas funciones mientras se están desarrollando las nuevas". 26

El *Eustenopteron* tenía aletas musculadas y pulmones además de agallas. Durante los periodos de sequía estos peces se aventuraban fuera de las charcas para respirar aire a través de sus pulmones. Muchos de los anfibios carboníferos pasaban la mayor parte del tiempo en la tierra, pero volvían al agua a poner sus huevos. De aquí el salto evolutivo siguiente fue hacia los reptiles, que pasaban la mayor parte de su tiempo en la tierra y ponían menos huevos envueltos en una carcasa de carbonato cálcico. Comentando estos saltos evolutivos, Engels escribe: "Desde el momento en que aceptamos la teoría evolucionista, todos nuestros conceptos sobre la vida orgánica corresponden sólo aproximadamente a la realidad. De lo contrario no habría cambio: el día que los conceptos coincidan por completo con la realidad en el mundo orgánico, termina el desarrollo. El concepto de pez incluye vida en el agua y respiración por agallas; ¿cómo haría usted para pasar del pez al anfibio sin quebrar este concepto? Y Éste ha sido quebrado y conocemos toda una serie de peces cuyas vejigas natatorias se han transformado en pulmones, pudiendo respirar en el aire. ¿Cómo, si no es poniendo en conflicto con la realidad uno o ambos conceptos, podrá usted pasar del reptil ovíparo al mamífero, que pare sus hijos ya en vida? Y en realidad, en los monotremas tenemos toda una subespecie de mamíferos ovíparos, en 1843 yo vi en Manchester los huevos del platypus y con arrogante limitación mental me burlé de tal estupidez como si un mamífero pudiese poner huevos. ¡AY ahora ha sido comprobado!"

Extinciones masivas

La frontera entre el Paleozoico y el Mesozoico (hace 250 millones de años) representa el mayor periodo de extinciones de todo el registro fósil. Los invertebrados marinos fueron especialmente afectados. Grupos enteros se extinguieron, incluyendo los trilobites que habían dominado los océanos durante millones de años. La vida vegetal casi no se vio afectada, pero el 75% de las familias de anfibios y el 80% de las de reptiles desaparecieron. Se calcula que actualmente desaparecen tres o cuatro familias cada millón de años. Pero al final del paleozoico se produjo la desaparición del 75/90% de todas las especies. La evolución de las especies se desarrolla a través de este tipo de acontecimientos catastróficos. Sin embargo este proceso de extinciones masivas no representa un paso atrás en la evolución de la vida. Al contrario, precisamente este periodo preparó un importante paso adelante para el desarrollo de la vida sobre la tierra. Los vacíos que dejó en el medio ambiente la desaparición de algunas especies dio la oportunidad a otras para desarrollarse, florecer y dominar la tierra.

Los factores que influyen en la distribución, diversidad y extinciones de las formas de vida son infinitamente variados. Además, están dialécticamente interrelacionados. La deriva continental provoca cambios de latitud, y por lo tanto cambios climáticos. Las variaciones del clima crean ecosistemas que son más o menos favorables para diferentes organismos. La resistencia a las fluctuaciones climáticas y condiciones climáticas son factores clave en este proceso, dando lugar a una mayor diversificación. Podemos observar como la diversidad aumenta a medida que nos acercamos al ecuador.

La ruptura de los continentes, sus separaciones y colisiones, todos estos factores cambian las condiciones en las que se desarrollan las especies, separando un grupo de otro. El aislamiento físico provoca nuevas variaciones adaptativas que reflejan el nuevo entorno. Por lo tanto la fragmentación continental tiende a incrementar la diversidad de formas de vida. Los canguros solamente sobrevivieron porque Australia quedó aislada del resto de los continentes muy temprano, antes de la explosión de los mamíferos que provocó la desaparición de los grandes marsupiales en otros continentes. De igual manera, la destrucción de los océanos provoca extinciones masivas de especies marinas, pero al mismo tiempo crea las condiciones para el desarrollo de nuevas plantas y animales terrestres, como fue el caso al principio de la masa terrestre Pangaea. Por lo tanto el nacimiento y la muerte están indisolublemente unidos

en la cadena evolutiva del desarrollo, en la que la extinción masiva de unas especies es la precondition para el surgimiento y el desarrollo de otras, mejor equipadas para sobrevivir en las nuevas condiciones.

No se puede ver la evolución de las especies como un hecho aislado, encerrado en sí mismo, sino como el resultado de la compleja y constante interacción de diferentes elementos, no sólo la infinita cantidad de mutaciones genéticas en los organismos vivos, sino también los cambios continuos en el medio ambiente, las fluctuaciones del nivel del mar, de la salinidad del mar, la circulación de las corrientes oceánicas, el suministro de nutrientes a los océanos, y posiblemente, incluso factores como la inversión del campo magnético de la tierra, o el impacto de grandes meteoritos en la superficie de la tierra. La interrelación dialéctica entre estas diferentes tendencias es lo que condiciona el proceso de selección natural, que ha creado formas de vida mucho más ricas, mucho más variadas y mucho más hermosas que las más fantásticas invenciones de la literatura.

12. El nacimiento revolucionario del hombre

La Época de los dinosaurios, el mesozoico (hace 850-65 millones de años)

La masa continental, Pangaea, creada por la colisión de los continentes en el periodo paleozoico se mantuvo intacta durante unos cien millones de años. Esto dio lugar a un nuevo conjunto de condiciones tectónicas, climáticas y biológicas. Pero en el periodo mesozoico las cosas se convirtieron en su contrario. El supercontinente empezó a romperse. Enormes glaciares cubrían las zonas más al sur de África-América-Australia y la Antártida. Durante el triásico (hace 250-205 millones de años), los dinosaurios evolucionaron en la tierra, y el pleisiosaurus e ictiosaurus en el mar, mientras que el reptil alado, pterosaurius más tarde dominó el aire. Los mamíferos evolucionaron muy lentamente a partir de los reptiles tráspidos. El crecimiento explosivo de los dinosaurios, que dominaron sobre todas las formas de vida terrestre vertebrada, impidió un mayor desarrollo de los mamíferos. Siguió siendo pequeños y poco numerosos durante millones de años, eclipsados por la sombra de sus gigantescos contemporáneos, buscando comida durante la noche.

El jurásico (hace 205-145 millones de años) presencié un cambio climático importante marcado por la retirada de los glaciares, provocando un aumento de la temperatura global hacia el final del periodo. El nivel de los mares aumentó por lo menos 270 metros durante el mesozoico, alcanzando el doble de su nivel actual medio.

Se tarda bastante en romper un supercontinente. La ruptura de Pangaea empezó a principios del jurásico (hace 180 millones de años) y el último continente no se separó hasta principios del cenozoico (hace 40 millones de años). La primera separación fue sobre el eje este-oeste, en que la creación del océano Tetis escindió Pangaea en Laurasia en el norte y Gondwana en el sur. A su vez, Gondwana se escindió en tres partes en el esteóla India, Australia y la Antártida. A finales del mesozoico se produjo una escisión norte-sur, creando el océano Atlántico que separó América del Norte de Laurasia y América del Sur de África. India se desplazó hacia el norte chocando con Asia, mientras que África se desplazaba hacia el norte y chocaba parcialmente con Europa después de la destrucción del océano Tetis. De este enorme océano ha quedado sólo una pequeña parte, el actual mar Mediterráneo. En los océanos Pacífico, Atlántico e Índico se dieron periodos de rápida extensión del suelo marino que contribuyeron al movimiento de los fragmentos continentales.

Durante todo el mesozoico los dinosaurios eran el grupo dominante entre los vertebrados. A pesar de la separación de los continentes, estaban firmemente establecidos en todo el mundo. Pero al final de este periodo, hace 65 millones de años, hubo un nuevo periodo de extinciones masivas, en el que los dinosaurios se desvanecieron de la faz de la tierra. La mayoría de los reptiles terrestres, marinos y voladores (dinosaurios, ictiosauros y pterosauros) fueron eliminados. De los reptiles sólo sobrevivieron los cocodrilos, serpientes, tortugas y lagartos. Esta espectacular eliminación de especies sin embargo no se limitó sólo a los dinosaurios. De hecho un tercio de todas las especies vivas se extinguieron, incluyendo los ammonites, belemnites, algunas plantas, briozoos, moluscos bivalvos, equinoides y otros.

El Éxito de estas criaturas fue el resultado de su perfecta adaptación a las condiciones existentes. La población total de dinosaurios era por lo menos tan grande como la población actual de mamíferos. Actualmente en todas partes del mundo hay un mamífero ocupando cualquier espacio ecológico disponible. Podemos asegurar que hace 70 millones de años estos espacios estaban ocupados por una inmensa variedad de dinosaurios. Contrariamente a la impresión común de los dinosaurios como criaturas enormes y pesadas, los había de todos los tamaños. Muchos eran pequeños, caminaban erguidos sobre sus piernas traseras y podían correr bastante rápidamente. Muchos científicos hoy en día creen que por lo menos algunos de los dinosaurios vivían en grupos, cuidaban de sus crías y posiblemente cazaban en manadas. La frontera entre el mesozoico y el cenozoico (hace 65 millones de años) representa otro punto de inflexión revolucionario en la evolución de la vida. Un periodo de extinciones masivas preparó el terreno para un enorme paso adelante evolutivo, abriendo el paso a la aparición de los mamíferos. Pero antes de tratar de este proceso, vale la pena considerar la cuestión de la desaparición de los dinosaurios.

¿Por qué desaparecieron los dinosaurios?

Esta cuestión ha sido muy debatida en los últimos años y aunque se han hecho afirmaciones bastante confiadas, especialmente por parte de los defensores de la teoría meteorito-catástrofe, todavía no está completamente resuelta.

De hecho hay muchas teorías que han intentado explicar un fenómeno que, tanto por su apariencia espectacular como por su implicación en el surgimiento de nuestra propia especie, ha cautivado la imaginación popular durante mucho tiempo. Sin embargo es necesario recordar que este no es un acontecimiento único en la cadena de la evolución. No es la única extinción masiva, ni la mayor, ni siquiera la que ha tenido consecuencias evolutivas de mayor alcance.

La teoría que actualmente tiene más defensores, y a la que ciertamente se ha dado más publicidad, está basada en la afirmación de que el impacto de un enorme meteorito en alguna parte de la superficie terrestre tuvo un efecto similar al de un "invierno nuclear", que seguiría a una guerra nuclear global. Si el impacto fuese suficientemente grande echaría grandes cantidades de polvo y restos a la atmósfera. Las nubes densas que se formarían impedirían que los rayos de sol llegasen a la superficie de la tierra provocando un largo periodo de oscuridad y disminución de las temperaturas.

Hay pruebas empíricas que sugieren que tuvo lugar algún tipo de explosión, que podría haber sido provocada por un meteorito. La teoría ha ganado terreno en los últimos años después del descubrimiento de una fina capa de arcilla entre los restos fósiles, que podría coincidir con el efecto del polvo provocado por un enorme impacto de este tipo. Esta idea por ejemplo ha sido aparentemente aceptada por Stephen Jay Gould. Sin embargo hay una serie de dudas por resolver. En primer lugar los dinosaurios no desaparecieron de la noche a la mañana, o incluso en unos pocos años. De hecho la extinción se prolongó durante millones de años, un periodo de tiempo muy corto en términos geológicos pero suficientemente largo como para hacernos dudar de la teoría del meteorito.

Aunque no se puede descartar, la hipótesis del meteorito tienen una desventaja. Como hemos señalado ha habido muchas extinciones masivas a lo largo de la evolución. ¿Cómo se explican? ¿Realmente necesitamos recurrir a un fenómeno externo, como el impacto de un meteorito u otro cualquiera? ¿O simplemente la aparición y desaparición de las especies tiene que ver con tendencias inherentes al propio proceso de la evolución? Incluso hoy en día podemos observar el fenómeno del ascenso y caída de poblaciones animales. Sólo recientemente nos hemos acercado al conocimiento de las leyes que gobiernan este complejo proceso. Buscando explicaciones fuera del fenómeno mismo corremos el riesgo de abandonar la búsqueda de una auténtica explicación. Es más, una solución que parece atractiva porque elimina todas las dificultades puede crear más dificultades de las que pretendía haber resuelto.

Se han planteado otras soluciones. El periodo en estudio se caracterizó por una actividad volcánica muy extendida. Esta podría haber sido la causa, y no un meteorito, del cambio climático al que los dinosaurios no pudieron adaptarse. También se ha planteado que la desaparición de los dinosaurios podría estar vinculada a la competición con los mamíferos. Se puede trazar un paralelo con la desaparición de la población autóctona de marsupiales en América del Sur debido a la presión de los mamíferos de América del Norte. De hecho, es posible que la desaparición de estas criaturas sea el resultado de la combinación de todas estas circunstancias, actividad volcánica, destrucción del medio ambiente existente, excesiva especialización, y competencia por unos recursos alimentarios escasos con especies mejor equipadas para afrontar las condiciones cambiadas. Lo principal es que *no es necesario* introducir factores externos para explicar este fenómeno:

"No tienes que buscar manchas solares, cataclismos climáticos o cualquier otra explicación misteriosa para la desaparición de los dinosaurios", dijo Lovejoy. 'Se las arreglaron bastante bien mientras tuvieron el mundo para ellos solos, mientras no hubo ninguna estrategia reproductora disponible. Sobrevivieron durante más de cien millones de años; los humanos también deberían durar lo mismo. Pero cuando se produjo una ruptura de la adaptación, cuando los dinosaurios se enfrentaron a animales que se podían reproducir con *Éxito* tres o cuatro veces más rápidamente que ellos, estuvieron acabados". 28

El terrorista cósmico, o cómo no formular una hipótesis.

El problema queda más claro si lo planteamos de la siguiente manera: muy bien, aceptemos que la extinción de los dinosaurios fue provocada por un *accidente* en forma del impacto repentino de un meteorito. ¿Cómo explicamos las demás extinciones masivas? ¿Fueron todas causadas por meteoritos? La cuestión tiene más importancia de lo que parece. Se han hecho intentos de demostrar que todas las extinciones a gran escala fueron el resultado de tormentas periódicas de meteoritos del cinturón de asteroides. Este es la base de la llamada "teoría Némesis" desarrollada por Richard Muller de la Universidad de California.

Algunos paleontólogos (Raup y Sepkoski) plantean que las extinciones masivas ocurren a intervalos regulares de aproximadamente 26 millones de años. Sin embargo, otros, basándose en las mismas pruebas no han encontrado ninguna regularidad en el fenómeno. Hay un desacuerdo similar entre los geólogos, algunos de los cuales plantean que hay una regularidad periódica en la aparición de grandes cráteres y otros dicen que no. En resumen, no hay pruebas concluyentes ni para la idea de intervalos regulares de extinciones masivas ni para la de bombardeos regulares de la tierra por parte de meteoritos o cometas.

Este campo tiende por sí mismo a las conclusiones más arbitrarias y sin sentido. Además, precisamente este tipo de teorías "sensacionales" son las que acostumbran a recibir más publicidad, independientemente de su valor científico. La teoría de "Némesis" es un caso típico. Si aceptamos, con Muller, que las extinciones masivas tienen lugar regularmente cada 26 millones de años (algo que ciertamente no ha sido demostrado), y si además también aceptamos que las extinciones masivas han sido causadas por tormentas de meteoritos, entonces llegamos a la

conclusión de que la tierra tiene que haber sido visitada por meteoritos cada 26 millones de años, ¡tan regulares como un reloj!

La dificultad de esta idea es clara, incluso para Muller que escribe:

"Me pareció increíble que un asteroide chocase precisamente cada 26 millones de años. En la inmensidad del espacio, incluso la tierra es un objetivo pequeño. Un asteroide que pase cerca del sol tiene muy poco más que una oportunidad entre mil millones de golpear nuestro planeta. Los impactos que ocurren deberían estar espaciados al azar, no regularmente condicionados en el tiempo. ¿Qué podría hacer que chocasen conforme a un plan regular? Quizás algún terrorista cósmico nos estaba apuntando con una pistola de asteroides. De teorías ridículas se obtienen resultados ridículos".

Y Muller precisamente elaboró una teoría tan ridícula para justificar su idea preconcebida de que *todas* las extinciones masivas de hecho fueron causadas por impactos de meteoritos, y que eso sucedía regularmente cada 26 millones de años. El mismo describe una acalorada discusión con Luís Álvarez, el originador creador de la primera teoría de que los dinosaurios fueron eliminados por el choque de un asteroide contra la tierra, y que era escéptico acerca de las ideas de Muller. El siguiente extracto de esta conversación nos puede dar una visión interesante de la metodología con la que nacen ciertas hipótesis:

"Supongamos que algún día encontramos un manera de hacer que un asteroide choque con la tierra cada 26 millones de años. ¿Admitirías entonces que estabas equivocado, y que se debería haber utilizado todo los datos?

"¿Cual es tu modelo?' me preguntó. Pensé que estaba evitando mi pregunta.

"¡No importa! Es la posibilidad de un modelo de ese tipo lo que hace que tu lógica sea incorrecta, no la existencia de ningún modelo concreto'.

"Había un cierto estremecimiento en la voz de Álvarez. También Él parecía estar enfadándose. 'Mira Richí, dijo, 'he estado en el negocio del análisis de datos mucho tiempo, y mucha gente me considera bastante experto. No puedes simplemente tomar un punto de vista sin pensar e ignorar algo que sabes'.

"¡Estaba invocando su autoridad! A los científicos no se les permite hacerlo. Mantén la calma Rich, me dije. No le demuestres que te estás enfadando.

"El peso de la demostración te corresponde a ti', continué en un tono de voz artificialmente calmado. 'No tengo que presentarte un modelo. A no ser que puedas demostrar que modelos de este tipo no son posibles, tu lógica está equivocada'.

"¿Cómo puede ser que los asteroides choquen con la tierra periódicamente? ¿Cual es tu modelo? Me preguntó de nuevo. Mi frustración por poco me hace estallar. ¿Por qué Álvarez no podía entender lo que le estaba diciendo? Él era mi héroe científico. ¿Cómo podía Él ser tan estúpido?

"¡Maldición! Pensé. Si es necesario ganaré esta discusión en *sus* términos. Inventaré un modelo. Mi adrenalina estaba fluyendo. Después de pensarlo un momento dije: 'Suponte que hay una estrella hermana que orbita el sol. Cada 26 millones de años se acerca a la tierra y hace algo, no estoy seguro de qué, pero hace que asteroides choquen con la tierra. Quizás trae los asteroides consigo'".

El carácter totalmente arbitrario del método utilizado para llegar a una hipótesis sin la menor sombra de base en los hechos es obvio. Si tratamos un asunto de esta manera realmente estamos abandonando el reino de la ciencia y entrando en el de la ciencia ficción, en el que todo vale. De hecho el propio Muller es lo suficientemente honesto como para reconocer que "No pretendía que mi modelo fuese tomado en serio, aunque me parecía que mi argumento se sostendría de pie si el modelo podía resistir el asalto por lo menos unos pocos minutos". 29 Pero vivimos en la edad de la credulidad. La "teoría Némesis", que claramente no es un modelo científico sino una conjetura arbitraria, está siendo tomada con la mayor seriedad por muchos astrónomos que escudriñan el cielo buscando pistas de la existencia de esta invisible "estrella de la muerte", este terrorista cósmico que después de haber acabado con los dinosaurios volverá algún día a la escena del crimen, ¡para acabar con todos nosotros!

Aquí el problema es metodológico. Cuando Napoleón preguntó a Laplace que sitio le quedaba a Dios en su esquema del universo, Éste le dio su famosa respuesta: "Sire, je naíai pas besoin de cette hypothèse". (Sire, no tengo ninguna necesidad de esta hipótesis) El materialismo dialéctico se propone descubrir las leyes inherentes del movimiento de la naturaleza. Aunque el accidente juega un papel en todos los procesos naturales, y no se puede descartar, en principio, que la extinción de los dinosaurios fuese causada por un asteroide extraviado, es totalmente contraproducente buscar la causa de las extinciones masivas en general en fenómenos externos, sin ninguna relación con los procesos en estudio. Hay que buscar y encontrar las leyes que gobiernan la evolución de las especies en el propio proceso de la evolución, que incluye largos periodos de cambio lento pero también otros periodos en que los cambios se aceleran enormemente, dando lugar a exterminaciones masivas de algunas especies y al surgimiento de nuevas.

La falta de capacidad de tomar el proceso en su conjunto, de comprender su carácter contradictorio, complejo y no lineal, es decir la falta de un punto de vista dialéctico, lo que lleva a estos intentos arbitrarios de resolver el problema recurriendo a factores extraños, como un *deus ex machina*, el conejo que sale del sombrero del prestidigitador. Por este camino sólo se llega a un callejón sin salida, y de los que menos salida tienen. Además, la extraordinaria propensión a aceptar los escenarios más fantásticos, que casi todos incluyen la idea de una catástrofe cósmica

inevitable que significa, por lo menos, el fin del mundo, nos dice bastante sobre la situación psicológica general de la sociedad en la última década del siglo XX.

El nacimiento revolucionario del hombre

El periodo conocido como el cenozoico empieza con las extinciones masivas de hace 65 millones de años y se prolonga hasta el presente. Durante este periodo los continentes continuaron a la deriva, separándose y chocando. Esto creó nuevas condiciones medio ambientales. En los primeros 20 millones de años las temperaturas continuaron creciendo y apareció una zona tropical, en la que las condiciones en la península Ibérica se parecían a las de la selva de Malasia. El desarrollo evolutivo más importante en este periodo fue el auge extremadamente rápido de los mamíferos que ocuparon los ecosistemas que habían dejado libres los reptiles. Hace 40 millones de años habían aparecido ya los primates, elefantes, cerdos, roedores, caballos, vacas marinas, ballenas y murciélagos, así como la mayor parte de los órdenes de pájaros modernos y muchas familias de plantas.

El ascenso de los mamíferos puede ser visto como una especie de marcha triunfal, en la que la evolución progresa siempre hacia adelante, en una línea continua, culminando finalmente en la aparición del género humano, la coronación glorioso de la creación. Pero la verdad es bastante diferente. La evolución nunca fue una línea recta, como ya hemos visto. También en este periodo las Épocas de intenso crecimiento fueron interrumpidas por retrocesos dramáticos, muertes y extinciones. Hace 40-30 millones de años podemos observar el inicio de un proceso de enfriamiento. La temperatura cayó continuamente durante los 25 millones de años siguientes, estabilizándose en el nivel actual hace sólo 5 millones de años. Este periodo fue testigo del primera extinción que afectó a los mamíferos.

Los primates, los antecesores de monos y hombres, se extendieron por todo el mundo. El periodo de extinción de los dinosaurios tuvo un efecto en muchas de estas familias. Las nuevas condiciones medio ambientales llevaron al desarrollo de nuevas especies, mejor adaptadas a las nuevas condiciones. Merece la pena comentar que estas nuevas condiciones afectaron principalmente a África, Eurasia y no América. Por entonces la Antártida ya había llegado al Polo Sur y empezaba a cubrirse de hielo. Los siguientes 10-20 millones de años fueron un periodo de crecimiento explosivo de los mamíferos, el mayor que nunca haya sucedido, en el que aparecieron muchas especies de simios. Sin embargo el diseño básico de los simios no cambió durante todo el periodo, hasta que un nuevo cambio climático brusco provocó una nueva transformación. Entre los paleontólogos hay considerables desacuerdos sobre cuando y cómo los homínidos se separaron de los simios. Hay indicios en restos óseos de que ya hace 14 millones de años existía una especie parecida a los simios modernos. Los científicos creen que estos huesos pertenecieron a una especie que vivió tanto en África como en Eurasia hace 14-7 millones de años. Parece que fue una especie con bastante éxito y representa el antepasado común de hombres, monos y gorilas. Entonces, hace 10-7 millones de años se produjo un nuevo cambio medio ambiental dramático.

La Antártida ya estaba cubierta por glaciares. El casquete polar empezó a extenderse, no sólo en el Sur, sino también en el Norte, cubriendo Alaska, América del Norte y el Norte de Europa. En la medida en que una mayor cantidad de agua quedó atrapada en forma de hielo el nivel de los mares empezó a descender. Se ha calculado que la caída en el nivel del mar fue de más de 150 metros en aquella Época. Como resultado aparecieron nuevas masas de tierra, uniendo los continentes; se formaron pasadizos terrestres que unían Europa y África, Asia y América, las islas Británicas y Europa, posibilitando de esta manera la migración de las especies. El mar Mediterráneo se evaporó completamente. El clima alrededor del ecuador se volvió más seco, provocando una desertización masiva, junto con el declive de selvas y bosques, y el surgimiento de extensiones masivas de sabanas y tierra abierta. En ese tiempo Asia estaba separada de África por desiertos, separando los simios africanos de sus primos asiáticos. Inevitablemente este fue otro periodo de extinción y muerte. Pero a la vez fue un periodo de nacimiento de nuevas especies. Llegados a cierto punto, posiblemente hace 7 millones de años, el desarrollo de los mamíferos tuvo como consecuencia la aparición de los primeros homínidos (primates prehumanos).

Generalmente se acepta que el género humano tuvo su origen en África. Hace unos 5,3 millones de años el mar Mediterráneo tomo su forma actual, y una nueva especie de simio se desarrolló en África. ésta, en el transcurso de un millón de años, se desarrolló en tres direcciones diferentes dando lugar a monos, homínidos y gorilas. La separación de las tres ramas tuvo lugar hace unos 4-5 millones de años como resultado de la presión medio ambiental en África oriental. La extensión de los glaciares a África del Sur provocó un cambio dramático en África oriental, empobrecimiento severo de los bosques a causa de la disminución de la pluviosidad y de un clima en general más seco. Probablemente esta fue la fuerza motriz que llevó a la separación de las tres especies de proto simios. Hasta entonces habían vivido en los árboles, ahora tenían tres opciones:

- 1) Parte de ellos se quedaron en los árboles. Tuvieron que ser los más fuertes y más capaces de extraer comida de los recursos limitados. Sin embargo la disminución del hábitat boscoso tuvo que reducir severamente su número.
- 2) Otro grupo, obligado a trasladarse a los límites de los bosques con menos árboles y menos recursos alimenticios, se vio forzado a incrementar la variedad de su alimentación trasladándose al suelo, aunque quedándose cerca de los árboles para protegerse. Este grupo está representado por los modernos chimpancés.
- 3) Un tercer grupo, probablemente los más débiles y menos hábiles de la especie, se vio obligado, por la intensa competencia sobre unos recursos alimenticios escasos, a trasladarse totalmente fuera del bosque. Por lo tanto se vieron forzados, no sólo a trasladarse a tierra, sino también a tener que cubrir grandes distancias para encontrar la

comida necesaria para su supervivencia. Fueron obligados a desarrollar una forma de vida nueva, radicalmente diferente de la de los demás primates.

Presiones medio ambientales en Asia causadas por cambios climáticos también empujaron a algunos grupos de monos a los límites de los bosques. Estos se convirtieron en los modernos babuinos, que se trasladan al suelo en busca de comida pero vuelven a los árboles para protegerse. Los primates tienen diferentes modos de locomoción. Los tarsier saltan y se agarran; los gibones se balancean de rama en rama; el orangután tiene "cuatro manos"; el gorila camina sobre los nudillos; el mono es un cuadrúpedo auténtico; sólo los homínidos se han aventurado a ser completamente bípedos.

"Otras especializaciones han ido junto con la utilización de las manos. Si uno va a saltar y agarrarse, lo mejor es que sea capaz de juzgar adecuadamente las distancias. Si no se puede encontrar con la mano vacía en el mejor de los casos; o en el peor de los casos puede no coger la rama en absoluto y caer. La manera de juzgar con precisión la distancia es a través de la visión binocular: enfocar los dos ojos en un objeto para tener una percepción más profunda. Esto requiere que los ojos estén situados en la parte frontal del cráneo y enfocados hacia adelante, no a los lados de la cabeza, como los ojos de una ardilla. Los antepasados de los primates desarrollaron semejante isión. Sus cráneos se redondearon para acomodarse a la nueva posición de los ojos, y con este cambio de forma se produjo un aumento de la capacidad craneal y la posibilidad de tener un cerebro mayor. Al mismo tiempo la mandíbula se hizo más pequeña. Teniendo manos, un animal no tiene que buscar la comida y cazar totalmente con los dientes. Se puede permitir una mandíbula más pequeña y menos dientes. Los simios y los monos modernos, y los humanos, tienen dieciséis dientes en cada mandíbula. Sus antecesores tenían tantas como veintidós". 30

El psicólogo Jerome Bruner en sus escritos sobre el desarrollo mental del niño, ha subrayado que el comportamiento habilidoso tiene mucho en común con la producción de lenguaje por una parte y con la solución de problemas por otra. Los habilidades más simples casi siempre implican la utilización de la mano o las manos guiadas por la vista. Sobre el desarrollo de la mano humana Bruner escribe lo siguiente:

"Las manos humanas son un sistema de crecimiento lento, y pasan muchos años antes de que los humanos puedan exhibir el tipo de inteligencia manual que ha distinguido a nuestra especie de otras, la utilización y producción de herramientas. De hecho, históricamente, incluso los estudiantes de evolución de primates consideraban que las manos no tenían ninguna importancia especial. Wood Jones nos quería convencer de que había poca diferencia morfológica entre la mano del mono y la del hombre, sino que la diferencia estaba en la función que les daba el sistema nervioso central. Sin embargo, como Clark y Napier han planteado, es la dirección evolutiva del cambio morfológico de la mano, desde las musarañas de los árboles pasando por los monos del nuevo mundo por los monos del viejo mundo hasta el hombre, lo que debería revelar como ha cambiado la función de la mano y, con ella, el carácter de la implementación de la inteligencia humana.

"Ese cambio ha sido constante en la dirección de una forma muy especial de desespecialización. La mano está libre de la función locomotora, de su función braquial, y de ese tipo de requerimientos especiales a los que se respondía con garras y formas exóticas de almohadillas en la palma de los dedos. Convertirse en más desespecializado en la función significa tener más variación en las funciones que puede cumplir. Sin perder su capacidad de divergencia falangeal, necesaria para el transporte de cosas pesadas, convergencia para ahuecar la mano y poder coger comida, prensibilidad para aguantar y trepar, u oposición, todo ello parte de la herencia del primate primitivo, la mano en el desarrollo tardío del primate consigue una serie de nuevas capacidades funcionales a la vez que sufre el cambio morfológico adecuado. Se añade una capacidad combinada para coger con fuerza y precisión.

"La flexibilidad de la palma y el pulgar se incrementa a través de cambios en los huesos trapecio y hamate (????) de su articulación. El pulgar se alarga y su ángulo de descanso respecto a la mano aumenta. Las falanges terminales se amplían y refuerzan, especialmente el pulgar. Napier puede estar exagerando cuando dice, 'La evidencia actual sugiere que los instrumentos de piedra del hombre primitivo eran tan buenos (o tan malos) como la mano que los fabricó'. Porque, seguramente, las manos inicialmente estúpidas se hicieron más inteligentes cuando se las utilizó en un programa inteligente diseñado por la cultura". 31

Los primeros fósiles homínidos se encontraron en África oriental, y pertenecen a la especie conocida como *Australopithecus afarensis* que vivió hace 3,5-3,3 millones de años. Estas criaturas eran capaces de caminar erguidas, tenían manos con pulgares completamente opuestos a los dedos y por lo tanto eran capaces de manipular herramientas. Su capacidad craneal era mayor que la de otros simios (450 cc.). Aunque no se han encontrado herramientas conectadas con estos primeros homínidos, Éstas aparecen claramente cuando llegamos a las primera especie humana claramente identificable, a la que se ha dado el nombre apropiado de *Homo habilis* (hombre hábil), que caminaba erguido, tenía una altura de 1,20 metros y una capacidad craneal de 800 cc.

¿En que punto tuvo lugar la auténtica separación entre homínidos y simios? Los paleontólogos han discutido largo y tendido sobre esta cuestión. La respuesta la dio Engels en su brillante ensayo *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*. Pero ya había sido anticipada por Marx y Engels mucho antes en su trabajo pionero *La ideología alemana*, escrito en 1845:

"Podemos distinguir los hombres de los animales por la conciencia, por la religión o por lo que se quiera. Pero los hombres mismos comienzan a ver la diferencia entre ellos y los animales tan pronto comienzan a *producir* sus medios de vida, paso este que se halla condicionado por su organización corpórea. Al producir sus medios de vida, el hombre produce indirectamente, su propia vida material".32

El papel de la fabricación de herramientas

En un intento muy superficial de desacreditar el punto de vista materialista sobre el origen de la especie humana, se dice a menudo que los humanos no son los únicos animales que "utilizan herramientas". Este es un argumento completamente vacío. Aunque se puede decir que muchos animales, no sólo monos y chimpancés, sino también algunos pájaros e insectos, utilizan "herramientas" para ciertas actividades, estas se limitan a materiales naturales que se puedan encontrar como palos, piedras, etc. Además, el uso de estos o bien representa una actividad accidental, como cuando un mono tira un palo para hacer caer la fruta de un árbol, o son acciones limitadas que pueden llegar a ser altamente complejas pero que son el resultado del condicionamiento genético y el instinto. Estas acciones son siempre las mismas. No se plantea ningún tipo de planificación inteligente, creatividad o previsión, excepto en un grado muy limitado en las especies de mamíferos superiores, pero incluso los simios más avanzados no tienen nada que se parezca a la actividad productiva de los homínidos, incluso los más primitivos.

El punto esencial no es que los humanos "utilicen herramientas". Es el hecho de que los humanos son los únicos animales que fabrican herramientas, y no como una actividad accidental o aislada, sino como condición esencial de su existencia, de la que depende todo lo demás. Así, aunque desde un punto de vista genético humanos y chimpancés son prácticamente idénticos, y el comportamiento de estos animales en algunos aspectos parece remarcablemente "humano", el chimpancé más inteligente no es capaz de construir incluso la herramienta de piedra más rudimentaria producida por el *Homo erectus*, una criatura en la frontera evolutiva de la humanidad.

En su libro más reciente, *El origen del género humano*, Richard Leakey, dice lo siguiente:

"Los chimpancés son usuarios adictos de herramientas, y utilizan palos para conseguir termitas, hojas como esponjas, y piedras para romper nueces. Pero hasta ahora y a ningún nivel no se ha visto a ningún chimpancé salvaje fabricar una herramienta de piedra. Los humanos empezaron a fabricar instrumentos puntiagudos hace 2,5 millones de años golpeando una piedra contra otra, empezando la senda de la actividad tecnológica que es lo más destacado de la prehistoria humana" 33

Comparemos estas líneas con lo que escribió Engels en 1876

"Muchos monos usan las manos para construirse nidos en los árboles, e inclusive para levantar techos entre las ramas, con el fin de protegerse contra el clima, como lo hace, por ejemplo, el chimpancé. Con las manos toman garrotes para defenderse contra enemigos, y con las manos bombardean a éstos con frutos y piedras. En cautiverio, las usan para muchas operaciones sencillas, copiadas de los seres humanos. Aquí se advierte el gran abismo que existe entre la mano no desarrollada, aun de los monos más parecidos al hombre, y la mano humana, que cientos de miles de años de trabajo llevaron a una altísima perfección. La cantidad y disposición general de los huesos y músculos son las mismas en ambas manos, pero las del salvaje más primitivo pueden ejecutar cientos de operaciones que ninguna mano de simio conseguiría imitar; mano alguna de mono ha modelado nunca el más tosco cuchillo de piedra".³⁴

Nicolas Toth ha dedicado muchos años a intentar reconstruir los métodos con lo que los primeros humanos fabricaban herramientas y ha llegado a la conclusión de que incluso el proceso más básico de laminar una piedra no sólo requiere un considerable cuidado y destreza manual, sino también un grado de planificación y previsión.

"Para trabajar eficientemente, el picapedrero tiene que escoger una roca de la forma adecuada, aguantarla en el ángulo adecuado para golpearla; y el propio movimiento del golpe requiere gran práctica para darle la cantidad correcta de fuerza en el lugar adecuado. 'Parece claro que los primeros proto-humanos que fabricaron herramientas tuvieron un buen sentido intuitivo de los fundamentos del trabajo de la piedra'. Escribió Toth en una comunicación en 1985. 'No hay duda de que los primeros fabricantes de herramientas poseían una capacidad mental más allá de la de los simios,' me dijo hace poco. 'La fabricación de herramientas requiere coordinación y habilidades cognitivas y motoras significativas'". 35

Existe una estrecha correlación entre la mano, el cerebro, y todos los demás órganos del cuerpo. La parte del cerebro relacionada con las manos es mucho más grande que la relacionada con cualquier otra parte del cuerpo. Darwin ya sospechó el hecho de que el desarrollo de ciertas partes del organismo está vinculado al desarrollo de otras con las cuales aparentemente no está relacionado. Él denominó este fenómeno la ley de la correlación del crecimiento. El desarrollo de la destreza manual a través del trabajo proporciona el estímulo para un rápido desarrollo del cerebro.

El desarrollo del género humano no es ningún accidente, sino el resultado de una necesidad. La postura erguida de los homínidos era necesaria para permitirles moverse libremente en la sabana en busca de comida. La cabeza tenía que estar en la parte más alta del cuerpo para poder detectar la presencia de depredadores, como podemos ver en algunos otros animales moradores de la sabana como la mangosta africana. La limitación de los recursos alimenticios creó la necesidad de almacenar y transportar comida, lo que constituyó la fuerza motriz del desarrollo de la mano.

Los simios no están hechos para caminar sobre dos piernas y por lo tanto lo hacen de forma bastante patosa. La anatomía de incluso los primeros homínidos revela una estructura ósea claramente adaptada para caminar erguidos. La postura erguida tiene serias desventajas en muchos sentidos. Es imposible correr tan rápido sobre dos piernas como sobre cuatro. En muchos sentidos el bipedalismo es una postura antinatural lo que explica los dolores de espalda que han atormentado al animal humano desde la cueva hasta nuestros días. La gran ventaja del bipedalismo

es que liberó las manos para el trabajo. Este fue el gran salto adelante de la humanidad. El trabajo, junto con la naturaleza es la fuente de toda riqueza. Pero tal y como señaló Engels es mucho más que esto:

"Es la fundamental y primera condición de toda la existencia humana, y ello en tal medida que, en cierto sentido, debemos decir que el trabajo creó al hombre".

El desarrollo de la mano a través del trabajo está estrechamente ligado al desarrollo del cuerpo en su conjunto.

"Así pues, la mano no es sólo el órgano del trabajo, *sino también el producto del trabajo*. El trabajo, adaptación a operaciones siempre renovadas, herencia de músculos, ligamentos y, a lo largo de prolongados períodos, huesos que pasaron por un desarrollo especial y el siempre renovado empleo de ese refinamiento heredado en operaciones nuevas, cada vez más complicadas, otorgaron a la mano humana el alto grado de perfección necesario para crear los cuadros de un Rafael, las estatuas de un Thorwaldsen, la música de un Paganini.

"Pero la mano no existía sola, era apenas otro miembro de un organismo integral, muy complejo. Y lo que benefició a la mano, benefició también a todo el cuerpo al cual servía, y ello de dos maneras". 36

Lo mismo se aplica al lenguaje. Incluso aunque los simios son capaces de producir una amplia gama de sonidos y gestos que pueden ser vistos como una especie de "lenguaje" embrionario, todos los intentos de enseñarles a hablar han acabado en un fracaso. El lenguaje, como explica Engels, es el producto de la producción colectiva, y solo puede surgir en especies cuya actividad vital dependa exclusivamente de la cooperación para producir herramientas, un proceso complejo que tiene que aprenderse conscientemente y ser transmitido de una generación a la siguiente. Sobre este tema Noam Chomsky subraya:

"Cualquiera que se preocupe del estudio de la naturaleza humana y las capacidades humanas tiene que asimilar el hecho de que todos los humanos normales adquieren el lenguaje, mientras que la adquisición incluso de sus rudimentos más básicos está bastante más allá de las capacidades del simio más inteligente"

Recientemente tratar de demostrar que el lenguaje no es peculiar de los humanos se ha convertido en una costumbre. Aunque no hay duda de que existen sistemas de comunicación entre animales, es totalmente incorrecto describirlos como lenguaje. El habla humana surge de la sociedad humana y la actividad productiva humana cooperativa, y es cualitativamente diferente de cualquier otro sistema de comunicación en el mundo animal, incluso el más complejo.

"El lenguaje humano parece ser un fenómeno único, sin una analogía significativa en el mundo animal. Si es así, no tiene mucho sentido plantear el problema de explicar la evolución del lenguaje humano a partir de sistemas más primitivos de comunicación que aparecen a niveles más bajos de capacidad intelectual".

Y de nuevo:

"Por lo que sabemos, la posesión del lenguaje humano está asociada a un tipo especial de organización mental, no simplemente un nivel superior de inteligencia. Parece que el punto de vista que el lenguaje humano es simplemente una instancia más compleja de algo que se puede encontrar en otras partes del mundo animal no se sostiene. Esto plantea un nuevo problema para el biólogo, en la medida en que, si es cierto, es un ejemplo de auténtica 'emergencia', la aparición de un fenómeno cualitativamente diferente en un estadio específico de complejidad de organización". 37

El rápido crecimiento del tamaño del cerebro planteó problemas adicionales, especialmente en relación al nacimiento de los niños. Mientras que un simio recién nacido tiene un tamaño cerebral del 200 cc, aproximadamente la mitad de un adulto, el del bebé humano (385 cc.) es sólo una cuarta parte del cerebro humano adulto (unos 1350 cc.) La forma de la pelvis humana, adaptada para caminar en posición erguida limita el tamaño de la abertura pélvica. Por lo tanto todos los bebés humanos nacen "prematuramente" como resultado de su cerebro grande y las restricciones impuestas por la ingeniería genética del bipedalismo.

El desamparo total del recién nacido humano es evidente en comparación con cualquier otra especie de mamíferos superiores. Barry Bogin, un biólogo de la Universidad de Michigan, ha sugerido que la lenta tasa de crecimiento de las crías humanas, comparada con los simios, está relacionada con el largo periodo necesario para absorber las complejas reglas y técnicas de la sociedad humana. Incluso la diferencia en el tamaño corporal entre niños y adultos ayuda a establecer la relación maestro-alumno, en la que el joven aprende del viejo, mientras que entre los simios el rápido crecimiento lleva rápidamente a rivalidad física. Cuando se completa el largo proceso de aprendizaje, el cuerpo alcanza rápidamente el tamaño adulto con un salto repentino en el crecimiento durante la adolescencia.

"Los humanos se convierten en humanos a través de un intenso aprendizaje no sólo de habilidades de supervivencia sino también de costumbres sociales, parentesco y leyes sociales, es decir, cultura. El entorno social en el que son cuidados los bebés indefensos y educados los niños mayores es mucho más característico de los humanos que de los simios". 38

Organización social

La vida en la sabana abierta, con cantidad de depredadores era un asunto bastante peligroso. Los humanos no son animales fuertes, y los primeros homínidos eran mucho más pequeños que los humanos actuales. Ni tenían fuertes garras, ni dientes poderosos, ni tampoco podían correr más rápido que los leones ni otros depredadores cuadrúpedos. La única manera de sobrevivir era desarrollando una comunidad cooperativa y altamente organizada

para la explotación colectiva de los escasos recursos alimenticios. Pero sin duda el paso decisivo fue la fabricación de artefactos, empezando con raspadores de piedra, utilizados para diferentes propósitos. A pesar de su engañosa apariencia simple, estas herramientas ya eran altamente sofisticadas y versátiles, cuya producción implica un grado importante de planificación, organización y, por lo menos, elementos de una división del trabajo. Aquí tenemos los auténticos inicios de la sociedad humana. En palabras de Engels:

"Ya se señaló que nuestros antecesores simiescos eran gregarios; resulta evidente que es imposible buscar la derivación del hombre, el más social de todos los animales, de sus antecesores inmediatos no gregarios. El dominio sobre la naturaleza comenzó con el desarrollo de la mano, con el trabajo, y amplió el horizonte del hombre con cada nuevo paso hacia adelante. A cada instante descubría propiedades nuevas, hasta entonces desconocidas, en los objetos naturales. Por otro lado, el desarrollo del trabajo ayudó por fuerza a unir a los miembros de la sociedad entre sí, al incrementar los casos de ayuda mutua y de actividad conjunta, y al poner en claro la ventaja de esta actividad conjunta para cada individuo. En una palabra, los hombres en formación llegaron al punto en que *tenían algo que decirse*. La necesidad creó el órgano; la laringe no desarrollada del mono se transformó con lentitud pero con seguridad, gracias a la modulación para producir otras modulaciones cada vez más desarrolladas, y los órganos de la boca aprendimos poco a poco a pronunciar un sonido articulado tras otro".³⁹

La producción de herramientas, el inicio de la división del trabajo, en un principio entre hombres y mujeres, el desarrollo del lenguaje y una sociedad basada en la cooperación, estos fueron los elementos que marcaron el auténtico surgimiento del género humano. No fue un proceso lento y gradual, sino que representa un salto revolucionario, uno de los puntos de inflexión más decisivos de la evolución. En palabras del paleontólogo Lewis Binford, "Nuestra especie había aparecido, no como resultado de un proceso gradual y progresivo, sino explosivamente en un período de tiempo relativamente corto".⁴⁰

Engels explicó la relación entre el trabajo y todos los demás factores:

"Primero el trabajo, y con Él el lenguaje: estos fueron los dos estímulos más esenciales bajo cuya influencia el cerebro del mono se convirtió poco a poco en el del hombre, que a pesar de toda su similitud es mucho mayor y más perfecto. Junto con el desarrollo del cerebro se produjo el de sus instrumentos más inmediatos: los sentidos. Así como el desarrollo gradual del habla va acompañado de modo inevitable por un refinamiento correspondiente del órgano de la audición, así el desarrollo del cerebro en su conjunto es acompañado por un refinamiento de todos los sentidos. El águila ve más lejos que el hombre, pero el ojo humano discierne en las cosas mucho más de lo que lo hace el ojo del águila. El perro tiene un sentido del olfato más fino que el hombre, pero no distingue ni la centésima parte de los olores que para los hombres son signos definidos que denotan cosas distintas. Y el sentido del tacto, que el mono casi no posee en su tosca forma inicial, se desarrolló sólo junto con la evolución de la propia mano humana, por medio del trabajo".

Los primeros homínidos tenían una dieta predominantemente vegetariana, aunque la utilización de las herramientas más primitivas como palos para excavar, les daban acceso a comida a la que no podían llegar otros simios. Esta dieta era complementada por pequeñas cantidades de carne, conseguida principalmente de animales muertos. El auténtico paso adelante se produjo cuando la producción de herramientas y armas permitió a los humanos pasar a la caza como fuente principal de alimento. Indudablemente, el consumo de carne provocó un nuevo aumento rápido de la capacidad cerebral:

"Una *dieta de carne*", escribe Engels, "contenía, en estado casi acabado, los ingredientes más esenciales que necesitaba el organismo para su metabolismo. Al abreviar el tiempo necesario para la digestión, también abrevió los otros procesos corporales vegetativos que corresponden a los de la vida vegetal, con lo cual ganó más tiempo, material y deseo para la manifestación activa de vida animal propiamente dicha. Y cuanto más se alejaba el hombre en formación del reino vegetal, más se elevaba por encima del animal. Así, al acostumbrarse a una dieta vegetal junto con la carne, los gatos y perros salvajes se convierten en los servidores del hombre, así también la adaptación a una dieta de carne, junto con una vegetal, contribuyó en gran medida a proporcionar al hombre en formación su fuerza e independencia corporales. Pero la dieta de carne produjo su máximo efecto sobre el cerebro, que entonces recibió un aflujo mucho más rico de los materiales necesarios para su alimento y desarrollo, y que por lo tanto pudo desarrollarse con más rapidez y perfección, de generación en generación".⁴¹

Richard Leakey plantea exactamente el mismo punto, vinculándolo a un cambio fundamental en la organización social. En la mayoría de los demás primates hay una feroz competencia entre los machos para aparejarse con las hembras. Esto tiene su reflejo en diferencias considerables en el tamaño corporal entre machos y hembras, por ejemplo en los babuinos de la sabana. Se puede observar este tipo de diferencia en los primeros homínidos, como el *Australopithecus Afarensis*. Esto sugiere una estructura social más cercana a la de los simios que a la de los humanos. En otras palabras, adaptaciones físicas como el bipedalismo, aunque indudablemente era una precondition vital para la evolución humana, todavía no nos permiten, contrariamente a lo que sugiere Richard Leakey, caracterizar estos primeros homínidos como humanos.

Entre los babuinos de la sabana los machos (que son el doble de grandes que las hembras) dejan el grupo tan pronto como alcanzan la madurez y se unen a otro grupo, en el que inmediatamente entran en competencia con los machos establecidos por el acceso a las hembras. Por lo tanto, en términos darwinianos, estos machos no tienen ningún motivo (genético) para colaborar entre ellos. Entre los chimpancés, por otra parte, por razones que todavía no conocemos, los machos permanecen en el grupo en el que han nacido y las hembras emigran. Por lo tanto, los chimpancés machos, estando genéticamente relacionados, tienen un motivo darwiniano para colaborar, y lo hacen,

tanto para defender el grupo contra extraños, como para colaborar a veces en la caza de un mono para suplementar su dieta. La diferencia en el tamaño corporal entre machos y hembras en los chimpancés es sólo del 15-20% lo que refleja el carácter predominantemente cooperativo de esta sociedad.

Mientras que la diferencia de tamaño entre machos y hembras en el grupo de *Australopithecus Afarensis* era tan grande que al principio se creyó que eran fósiles de dos especies totalmente diferentes, la situación cambia radicalmente cuando llegamos a los primeros miembros de la especie humana en que los machos no eran más de un 20% mayores que las hembras, como en los chimpancés, nuestros parientes genéticos más cercanos. Sobre esto Leakey insiste:

"Como han planteado los antropólogos de Cambridge Robert Foley y Phillys Lee, este cambio en el diferencial del tamaño corporal en el momento del origen del género *Homo* representa seguramente también un cambio en la organización social. Muy probablemente los primeros machos *Homo* permanecieron dentro de su grupo natal con sus hermanos, y medio hermanos, mientras que las hembras se transferían a otros grupos. El parentesco, como he planteado, realza la cooperación entre machos.

"No podemos estar seguros de qué fue lo que provocó este cambio en la organización social: la cooperación reforzada entre machos debió haber sido muy beneficiosa por algún motivo. Algunos antropólogos han argumentado que la defensa contra tropas vecinas de *Homo* se hizo muy importante. De manera parecida, y quizás incluso más probable, se trata de un cambio basado en necesidades económicas. Diferentes líneas de evidencia apuntan hacia un cambio en la dieta del *Homo* en que la carne se convirtió en una fuente importante de proteínas y energía. El cambio en la estructura dental del *Homo* primitivo indica que comía carne, de la misma manera que la elaboración de una tecnología de herramientas de piedra. Es más, el incremento de la capacidad cerebral que es parte del paquete *Homo* puede incluso haber exigido que la especie suplementase su dieta con una fuente rica en energía". 42

Es bien conocido que el cerebro es un órgano metabólicamente caro, que en los humanos actuales absorbe el 20% de la energía consumida a pesar de que sólo representa el 2% del peso corporal. El antropólogo australiano Robert Martin ha explicado que el incremento del tamaño cerebral en el primitivo *Homo* sólo se podía haber producido sobre la base de un aumento del suministro de energía, que sólo podía provenir de la carne, con su concentración de calorías, proteínas y grasa. En un principio la conseguirían de animales muertos y alguna actividad cazadora (que como sabemos se da incluso entre los chimpancés). Pero es indudable que la caza jugó un papel cada vez más importante proporcionando una dieta más variada y nutritiva, con consecuencias evolutivas de largo alcance.

Hipótesis sobre el desarrollo humano

En los últimos años ha habido una feroz polémica sobre el papel de la caza en la sociedad primitiva. Hay una tendencia a infravalorar el papel de la caza, insistiendo más en el papel de la carroñería y la recogida de alimentos. Aunque esta cuestión no está resuelta definitivamente, es difícil no compartir el punto de vista de Leakey de que el argumento en contra del modelo de cazadores-recolectores ha llegado demasiado lejos. También es interesante señalar la manera en que estas controversias tienden a reflejar ciertos prejuicios o presiones sociales y manías que no tienen absolutamente nada que ver con el tema en discusión.

En los primeros años del siglo XX predominaba el punto de vista idealista. El género humano se había convertido en humano gracias al cerebro, con sus pensamientos superiores, que propulsó todo el desarrollo. Más tarde, el punto de vista de el "hombre productor de herramientas" reemergió, aunque en una versión un tanto idealizada, en la que las herramientas pero no las armas eran la fuerza motriz de la evolución. Los terribles acontecimientos de la segunda guerra mundial provocaron una reacción contra esto, en forma de la teoría del "hombre como simio asesino", planteada, como Leakey observa agudamente, "posiblemente porque parecía explicar (o incluso excusar) los horribles acontecimientos de la guerra".

En la década de 1960 había un gran interés en el !Kung San, los mal llamados "bosquimanos" del desierto del Kalahari, un grupo de gente viviendo en aparente armonía con su entorno natural y explotándolo de forma compleja. Esto encajó bien con el creciente interés por el medio ambiente en la sociedad occidental. Sin embargo, en 1966 volvió a resurgir con fuerza la idea del "hombre cazador" en una importante conferencia antropológica en Chicago. Sin embargo, esto sentó muy mal a los defensores de la "liberación de la mujer" en la década de 1970. Puesto que la caza es vista habitualmente como una actividad masculina, se sacó la conclusión bastante injustificadamente que aceptarla implicaba de alguna manera degradar el papel de la mujer en la sociedad primitiva. El poderoso grupo de presión feminista planteó la hipótesis de la "mujer recolectora" en el que se planteaba que la recogida de alimentos, principalmente plantas, que se podría compartir, era la base sobre la cual evolucionó una sociedad humana compleja.

No se puede negar el papel central de la mujer en la sociedad primitiva, que fue claramente explicado por Engels en su libro clásico *El origen de la familia, la propiedad privada y el estado*. Sin embargo, es un error serio interpretar el pasado con concepciones o peor, prejuicios derivados de la sociedad de hoy en día. La causa de la emancipación de la mujer no dará un solo paso adelante intentando que la realidad de la historia encaje en un modelo que se basa en ciertas modas actuales pero que está vacío de contenido. No vamos a mejorar el futuro de la humanidad pintando el pasado de color de rosa. Ni tampoco vamos a convencer a la gente de que se haga vegetariana negando el papel central jugado por el consumo de carne, la caza, y, sí, incluso el canibalismo, en el desarrollo del cerebro humano.

"Con todo el debido respeto a los vegetarianos, el hombre no pudo surgir sin una dieta de carne, y si esta última, entre los pueblos que conocemos, llevó en una u otra ocasión al canibalismo (los predecesores de los berlineses, los veletavos o vilzes, solían devorar a sus padres todavía en el siglo X), ello carece de importancia para nosotros en la actualidad".⁴³

De igual manera existía una división social del trabajo entre el hombre y la mujer en las primeras sociedades humanas. El error es confundir la división del trabajo en la sociedad primitiva, en la que no existía ni la propiedad privada ni la familia tal como la conocemos hoy en día, con la desigualdad y la opresión de la mujer en la moderna sociedad dividida en clases. El hecho es que en la mayoría de las sociedades de cazadores recolectores conocidas por los antropólogos, existe una clara división del trabajo, en el que los hombres cazan y las mujeres recogen plantas como alimento.

"El asentamiento es un lugar de intensa interacción social, y un sitio en el que se comparte la comida", comenta Leakey, "cuando hay carne, este reparto implica a menudo un ritual elaborado, que se rige por reglas sociales estrictas".

Hay una buena razón para suponer que existía una situación similar en la sociedad humana primitiva. En lugar de la caricatura del darwinismo social que intenta extrapolar las leyes de la selva capitalista para cubrir toda la historia y prehistoria humanas, todas las pruebas a nuestra disposición indican que toda la base de las primeras sociedades humanas era la cooperación, la actividad colectiva y el reparto. Glynn Isaac de la Universidad de Harvard dio un paso significativo en el pensamiento antropológico en un importante artículo publicado en *Scientific American* en 1978. La hipótesis de la comida compartida de Isaac pone el Énfasis en el impacto social de la recolección y reparto de la comida. En 1982 en un discurso sobre el centenario de la muerte de Darwin dijo: "La adopción del reparto de la comida habría favorecido el desarrollo del lenguaje, la reciprocidad social y el intelecto". En su libro más reciente *The making of mankind*, (*La formación del género humano*) Richard Leakey escribe: "La hipótesis del reparto de la comida es una firme candidata a explicar qué es lo que puso a los primeros hombres en el camino del hombre moderno".

Los últimos dos millones de años se han caracterizado por un ciclo climático único. Largos períodos de intenso enfriamiento y avances de los glaciares han sido interrumpidos por cortos períodos de aumento de las temperaturas y retroceso glacial. Las eras glaciales tienen una duración aproximada de 100.000 años, mientras que los períodos interglaciales duran unos 10.000 años. En estas condiciones extremas, los mamíferos se vieron obligados a desarrollar formas más avanzadas o desaparecer. De un total de 119 especies de mamíferos que vivían en Europa y Asia hace 2 millones de años, sólo nueve han sobrevivido hasta hoy en día. La inmensa mayoría de las demás o bien evolucionaron hacia especies más avanzadas o desaparecieron. De nuevo, el nacimiento y la muerte están inseparablemente ligados en el proceso, agri dulce, contradictorio y dialéctico de la evolución.

La última glaciación dio paso a un nuevo período interglacial, que se ha prolongado hasta la actualidad, pero que inevitablemente llegará a su final. El *Homo erectus* dejó paso a un homínido más avanzado el *Homo sapiens* hace 500.000 años. La raza humana (*Homo sapiens sapiens*) representa una de las líneas evolutivas del *Homo sapiens*, que se ramificó hace 100.000 años. La otra línea *Homo sapiens neandertalensis* o bien desapareció o fue absorbida hace 40.000 años. Por lo tanto, la raza humana se desarrolló durante un período que se caracterizó por un intenso enfriamiento. Estas condiciones representaban una dura lucha por la supervivencia. Sin embargo, hubo otros períodos en que las condiciones mejoraron, estimulando el crecimiento masivo y oleadas de migraciones humanas. Era el amanecer de la edad del género humano.

Engels y los orígenes del hombre

¿Como resisten las ideas de Engels en *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre* a la luz de las más recientes teorías de la evolución?

Uno de los más destacados paleontólogos modernos es Stephen J. Gould. En su libro *Ever Since Darwin*, hace la siguiente apreciación del ensayo de Engels:

"El siglo XIX produjo un análisis brillante por parte de una fuente que sin duda sorprenderá a muchos lectores: Federico Engels. (Un poco de reflexión debería disminuir esta sorpresa. Engels tenía un interés entusiasta en las ciencias naturales y buscaba basar su filosofía general del materialismo dialéctico sobre una base 'positiva'. No vivió para completar su 'dialéctica de la naturaleza', pero incluyó largos comentarios sobre ciencia en tratados como el *Anti-Dühring*). En 1876, Engels escribió un ensayo titulado *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*. Se publicó póstumamente en 1896 y, desgraciadamente, no tuvo ningún impacto visible en la ciencia occidental.

"Engels considera tres características esenciales de la evolución humana: el habla, un cerebro grande y la postura erguida. Argumenta que el primer paso debió de ser una descenso de los árboles con la consiguiente evolución hacia una posición erguida por parte de nuestros antepasados moradores del suelo. 'Estos simios cuando se movían a nivel de tierra empezaron a abandonar el hábito de utilizar sus manos y a adoptar una manera de andar cada vez más erguida. Este fue un paso decisivo en la transición del simio al hombre'. La postura erguida liberó la mano para la utilización de herramientas (trabajo, en la terminología de Engels); el incremento en la inteligencia y el habla aparecieron más tarde". ⁴⁴

A pesar de todo, las teorías idealistas sobre la evolución del hombre siguen manteniendo una acción constante en la retaguardia en contra del materialismo como podemos ver en el siguiente extracto de un libro publicado tan recientemente como en 1995:

"La fuerza que más probablemente ha dirigido nuestra evolución (es)É el proceso de evolución cultural. En la medida en que nuestras culturas evolucionaron en complejidad, también lo hicieron nuestros cerebros, que así empujaron a nuestros cuerpos hacia una mayor capacidad de respuesta y a nuestra cultura a una complejidad todavía mayor en un proceso que se autoalimenta. Cerebros mayores y más inteligentes llevaron a culturas más complejas y cuerpos adaptados para sacar partido de ellas, lo que a su vez llevó a cerebros todavía mayores y más inteligentes" 45

Los idealistas han intentado demostrar una y otra vez que el hombre se distingue de los animales "inferiores" por su inteligencia superior. Según esta interpretación, el hombre primitivo, por alguna razón desconocida, primero "se hizo inteligente", luego empezó a hablar, utilizar herramientas, pintar murales y demás. Si esto fuese cierto se podría esperar que tuviese un reflejo en un aumento significativo muy temprano de la capacidad cerebral. Sin embargo, el registro fósil demuestra que esto no es así. En el transcurso de las últimas tres décadas se han dado una serie de avances muy importantes en la paleontología, se han descubierto nuevos e interesantes fósiles y una nueva manera de interpretarlos.

Según una teoría reciente, los primeros simios bípedos evolucionaron ya hace como 7 millones de años. Posteriormente, en un proceso que los biólogos denominan "radiación adaptativa", hubo una proliferación de especies bípedas (es decir, especies que caminaban sobre dos piernas), con la evolución de diferentes especies de simios bípedos, cada uno adaptado a sus propias condiciones medio ambientales. Hace 2-3 millones de años, una de estas especies desarrolló un cerebro significativamente más grande *Homo erectus*. Estos fueron los primeros homínidos en utilizar fuego; en utilizar la caza como una fuente importante de comida; en correr de la misma manera que los humanos actuales y en fabricar herramientas según un plan mental preconcebido. Así, el incremento del tamaño del cerebro coincide con la primera aparición de la actividad de fabricación de herramientas, hace unos 2,5 millones de años. Por lo tanto durante 5 millones de años no hubo ningún aumento significativo del tamaño del cerebro, y después de eso hubo un salto cualitativo que se puede identificar claramente con la fabricación de herramientas.

La biología molecular indica que las primeras especies de homínidos aparecieron hace unos 5 millones de años, en forma de un simio bípedo con largos brazos y dedos curvados. El proto humano *Australopithecus* tenía un cerebro pequeño sólo 400 centímetros cúbicos. El salto cualitativo tuvo lugar con el *Homo habilis*, que tenía un cerebro de 600 cc., es decir, un sorprendente aumento del 50%. El siguiente paso adelante importante fue con el *Homo erectus* con un cerebro de entre 850 y 1100 cc.

No fue hasta la aparición del *Homo sapiens* hace unos 100.000 años que el cerebro alcanzó su tamaño actual: 1350 cc. Por lo tanto, los primeros homínidos no tenían grandes cerebros. *No fue el cerebro lo que potenció la evolución humana. Por el contrario, el crecimiento del cerebro fue el producto de la evolución humana, especialmente la construcción de herramientas.* El salto cualitativo en el tamaño cerebral tiene lugar con el *Homo habilis* ("hombre hábil") y está claramente vinculado a la producción de herramientas de piedra. De hecho, en la transición de *Homo erectus* a *Homo sapiens* se da otro salto cualitativo. "La mente humana apareció en la tierra con una asombrosa rapidez," escribe John McCrone. "En sólo 70.000 años un simple parpadeo de tiempo geológico se cubre la transición de nuestros antecesores desde un simio listo a un *Homo sapiens* consciente de sí mismo."

"Al otro lado de la división evolutiva tenemos al *Homo erectus*, una bestia inteligente con un cerebro casi tan grande como el del humano moderno, y una simple cultura de herramientas y la capacidad de hacer fuego aunque un poco atrasado mentalmente. En nuestro propio lado tenemos al *Homo sapiens* con sus rituales y arte simbólico las pinturas rupestres, abalorios, brazaletes, lámparas decorativas y tumbas funerarias que marcan la llegada de una mente autoconsciente. *Algo decisivo y repentino tiene que haber pasado*, y este acontecimiento pudo ser el punto de partida de la conciencia humana". 46

¿Pueden los simios hacer herramientas?

Recientemente se ha puesto de moda difuminar la diferencia entre los humanos y el resto del reino animal, hasta el punto en que prácticamente desaparece. En cierto sentido, esto es preferible al sinsentido idealista del pasado. Somos animales y compartimos toda una serie de características comunes con otros animales, especialmente nuestros parientes más cercanos, los simios. La diferencia genética entre humanos y chimpancés es alrededor de un dos por ciento. Sin embargo, también en este caso, la cantidad se transforma en calidad. *Este dos por ciento representa un salto cualitativo, que ha separado decisivamente el género humano de todas las demás especies.*

El descubrimiento de una especie rara de chimpancés bonobo, que son incluso más cercanos a los humanos que otros chimpancés ha levantado gran interés. En su libro *Kanzi, el mono al borde de la mente humana*, Sue Savage-Rumbaugh y Roger Lewin han dado un informe detallado de sus investigaciones de las capacidades mentales de un bonobo cautivo, Kanzi. Sin duda el nivel de inteligencia demostrado por Kanzi es significativamente superior al que se ha observado hasta ahora en no-humanos, y en algunos sentidos se parece al del niño humano. Sobre todo parece demostrar la existencia de un potencial para, por ejemplo, la construcción de herramientas. Este es un argumento muy fuerte en favor de la teoría de la evolución.

Sin embargo, lo más significativo de los experimentos que intentaban que el bonobo fabricase una herramienta de piedra, es que fracasaron. En libertad los chimpancés utilizan "herramientas" como palos para sacar termitas del

nido, e incluso piedras como "yunques" para romper nueces. Estas operaciones expresan un alto nivel de inteligencia, y sin duda demuestran que los parientes más cercanos al género humano tienen *algunas* de los prerequisites mentales necesarios para actividades más avanzadas. Pero como Hegel dijo en una ocasión, cuando queremos ver un roble, no nos damos por satisfechos si se nos muestra una bellota. El *potencial* para construir herramientas no es lo mismo que hacer herramientas, de la misma manera que la posibilidad de ganar 100 millones en la lotería no es lo mismo que ganarlos de verdad. Es más, cuando analizamos más de cerca este potencial se vuelve bastante relativo.

Los chimpancés modernos algunas veces cazan pequeños monos. Pero no utilizan armas ni herramientas para hacerlo; *utilizan sus dientes*. Los primeros humanos eran capaces de descuartizar grandes carcasas, para lo que necesitaban herramientas de piedra afilada. Sin duda, los primeros homínidos utilizaban solamente utensilios ya hechos, como palos para buscar raíces. Este es el mismo tipo de actividad que podemos ver en los chimpancés modernos. Si los humanos se hubiesen quedado en una dieta principalmente vegetariana, no hubiesen tenido la necesidad de construir herramientas de piedra. Pero la capacidad de hacer herramientas de piedra les dio acceso a una nueva fuente de comida. Esto sigue siendo cierto incluso si aceptamos que los primeros humanos no eran cazadores sino principalmente carroñeros. Seguirían necesitando herramientas para abrirse paso a través del duro cuero de los animales más grandes.

Los proto humanos de la cultura Oldowan en África oriental ya tenían técnicas bastante avanzadas para fabricar herramientas por el proceso conocido como laminación. Seleccionaban el tipo correcto de piedras y desecharon las demás; utilizaban el ángulo de golpe correcto y lo demás. Todo esto demuestra un alto nivel de sofisticación y habilidad, que no se encuentra en el "trabajo" de Kanzi, a pesar de la intervención activa de humanos tratando de animar al bonobo a fabricar una herramienta. Después de repetidos esfuerzos, los experimentadores se vieron obligados a reconocer que:

"Hasta ahora Kanzi ha demostrado un grado relativamente bajo de sutileza tecnológica en cada uno de (los cuatro criterios) comparados a los observados en el registro de la Edad Paleolítica temprana".

Y concluyen:

"Por supuesto que hay una clara diferencia entre la habilidad picapedrera de Kanzi y los fabricantes de herramientas de Oldowan, lo que parece implicar que esos humanos primitivos habían dejado de hecho de ser simios". 47

Entre las diferencias que separan incluso los homínidos más primitivos de los simios más superiores están los importantes cambios en la estructura corporal relacionados con la postura erguida. La estructura de los brazos y muñecas del bonobo por ejemplo es diferente de la de los humanos. Los largos y curvados dedos y el corto pulgar le impiden agarrar una piedra lo suficientemente fuerte como para dar un golpe poderoso. Este hecho ya había sido planteado por otros:

La mano del chimpancé tiene un pulgar bastante desarrollado que se puede oponer a los dedos, "pero es corto y grueso y se encuentra con el dedo índice de lado, no en su extremo. En la mano del homínido, el pulgar es mucho más largo y está girado de tal manera que se enfrenta al índice. Esto es concomitante al bipedalismo y produce un incremento mayor de destreza. Todos los homínidos parecen haber tenido este tipo de mano incluso el *afarensis*, el más viejo que conocemos hasta el momento . Su mano es difícilmente distinguible de la del hombre moderno". 48

A pesar de todos los esfuerzos para difuminar las líneas divisorias, la diferencia entre los simios más avanzados y los homínidos más primitivos ha quedado establecida más allá de toda duda. Irónicamente, estos experimentos intentando refutar la idea de los humanos como animales constructores de herramientas *han demostrado justo lo contrario*.

Los humanos y el lenguaje

De la misma manera que se ha intentado demostrar que la construcción de herramientas no es una característica fundamental de la humanidad, también algunos han intentado lo mismo en relación al lenguaje. La parte del cerebro conocida como el *área de Broca* está asociada al lenguaje y se creía que sólo estaba presente en los humanos. Ahora se sabe que esta área también está presente en otros animales. Este hecho ha sido utilizado para rebatir la idea de que la adquisición del lenguaje es exclusiva de los humanos. Pero este argumento parece bastante débil. El hecho sigue siendo que no hay ninguna otra especie aparte de los humanos que dependa del lenguaje para su existencia como especie. El lenguaje es esencial para el modo social de producción que es la base de la sociedad humana.

Para demostrar que otros animales se pueden comunicar, hasta cierto punto, no es necesario estudiar el comportamiento de los bonobos. Muchas de las especies inferiores tienen sistemas de comunicación bastante sofisticados, no sólo mamíferos, también pájaros e insectos. Las hormigas y las abejas son animales sociales y tienen formas de comunicación altamente desarrolladas. Sin embargo no se puede plantear que esto implique pensamiento inteligente, o simplemente pensamiento. Son instintivos e innatos. Y tienen un alcance muy limitado. Se repiten las mismas acciones una y otra vez mecánicamente, y no por eso son más efectivas. Muy pocos los considerarían *lenguaje* tal y como lo entendemos.

Se puede enseñar a un loro a repetir frases enteras. ¿Eso quiere decir que habla? Está claro que aunque puede imitar sonidos bastante bien, no comprende nada de lo que significan los sonidos. Pero precisamente la comunicación de significado es la esencia del lenguaje inteligible. Las cosas son diferentes con los mamíferos

superiores. Engels, que era un amante de la caza, no estaba seguro de hasta qué punto los perros y los caballos no entendían parcialmente el habla humana y se sentían frustrados por no poder hablar. Ciertamente el nivel de comprensión demostrado por el bonobo Kanzi en cautividad es bastante sorprendente. A pesar de todo esto hay razones específicas por las que ningún otro animal aparte de los humanos tiene un lenguaje. Solamente los humanos tienen un sistema vocal que les permite pronunciar consonantes. Ningún otro animal puede pronunciar consonantes. De hecho las consonantes sólo se pueden pronunciar junto con las vocales, o quedarían reducidas a chasquidos y silbidos. La capacidad de pronunciar consonantes es un producto de la postura erguida, como demuestra el estudio sobre Kanzi:

"Solo el hombre tiene un sistema vocal que le permite la producción de sonidos consonantes. Estas diferencias entre nuestro sistema vocal y el de los simios, aunque relativamente menores, son significativas y pueden estar vinculadas a la postura bípeda y la necesidad asociada de llevar la cabeza en una postura equilibrada, erguida sobre el centro de la espina dorsal. Una cabeza con una mandíbula grande y pesada obligaría a su poseedor a caminar con un ladeo hacia adelante y le inhibiría de correr rápidamente. Para conseguir una postura erguida equilibrada, era esencial que la estructura de la mandíbula retrocediese y de esta manera el sistema vocal inclinado característico de los simios tomase el ángulo recto. Junto a la reducción de la mandíbula y el aplastamiento de la cara, la lengua, en lugar de estar situada totalmente en la boca retrocedió parcialmente hacia adentro de la garganta para formar la parte posterior de la orofaringe. La movilidad de la lengua permite la modulación de la cavidad orofaríngea de una manera que no es posible en el simio, cuya lengua reside totalmente en la boca. De manera parecida la curva pronunciada en el conducto supralaríngeal significa que la distancia entre el paladar blando y la parte posterior de la garganta es muy corta. Elevando el paladar blando podemos bloquear los conductos nasales, lo que nos permite formar la turbulencia necesaria para crear consonantes".

Sin consonantes no podemos distinguir fácilmente entre una palabra y otra. Sólo tendríamos aullidos y chillidos. Pueden transmitir una cantidad de información pero necesariamente limitada.

"El habla es infinitamente variada y actualmente sólo el oído humano está capacitado para encontrar las unidades con significado entre estas modulaciones infinitamente variadas. Las consonantes son las que nos permiten hacerlo". Los niños humanos son capaces de categorizar consonantes de manera similar a como lo hacen los adultos desde un estadio muy temprano, como sabe cualquiera que haya oído "hablar" a un niño. Consiste precisamente en experimentos repetidos con combinaciones de vocales y consonantes: "ba-ba, pa-pa, ta-ta, ma-ma" y sucesivamente. Incluso en este estadio inicial, el niño humano es capaz de hacer lo que ningún otro animal.

¿Tendríamos que sacar la conclusión por lo tanto de que la única razón por la que otros animales no hablan es fisiológica? Eso sería un error de bulto. La forma del sistema vocal y la capacidad física de combinar vocales y consonantes son las precondiciones físicas del habla humana pero nada más que eso. Sólo el desarrollo de la mano, inseparablemente vinculado al trabajo, y la necesidad de desarrollar una sociedad altamente cooperativa hicieron posible un cerebro mayor y el lenguaje. Parece ser que el área del cerebro relacionada a la utilización de instrumentos y al lenguaje tiene un origen común en el desarrollo temprano del sistema nervioso del niño, y solamente se separan a los dos años, cuando el área de Broca establece circuitos diferenciados con el córtex anterior prefrontal. Esto en sí mismo es una prueba llamativa del estrecho vínculo entre la fabricación de instrumentos y el lenguaje. El lenguaje y las habilidades manipulativas se desarrollaron al tiempo, y esta evolución se reproduce en el desarrollo del niño hoy en día.

Incluso los primeros homínidos de la cultura de Oldoway tenían habilidades manipulativas mucho más avanzadas que las de los simios. No eran simplemente "chimpancés erguidos". La fabricación de la herramienta de piedra más sencilla es mucho más compleja de lo que parece. *Requiere planificación y previsión*. El *Homo habilis* tenía que planificar de antemano. Tenía que saber que en algún momento en el futuro necesitaría una herramienta incluso aunque no tuviese tal necesidad en el momento en que encontraba el material apropiado. La selección cuidadosa del tipo de piedra correcto y el hecho de desechar los otros; la búsqueda del ángulo correcto para golpearla; esto demostraba un nivel de habilidad mental cualitativamente superior al de los simios. Parece improbable que por lo menos los rudimentos del lenguaje no estuviesen presentes en este estadio. Pero todavía hay más evidencias en este sentido.

Los humanos generalmente son diestros en un 90%. Este tipo de preferencia por una mano no se encuentra en otros primates. Los simios individuales pueden ser diestros o zurdos, pero la población en su conjunto se dividirá en dos mitades iguales. Este fenómeno está estrechamente vinculado a las habilidades manipulativas y al lenguaje:

"Ser diestro o zurdo está asociado con la localización de funciones en el hemisferio opuesto del cerebro. Esta localización de habilidades manipulativas en el hemisferio izquierdo en (la mayoría de) los diestros va acompañada por la localización de las habilidades lingüísticas en ese mismo hemisferio. El hemisferio derecho se ha especializado en habilidades espaciales".

Este fenómeno no está presente en el *Australopithecus* pero sí en los cráneos más antiguos conocidos del *Homo habilis*, el primer fabricante de herramientas. Es bastante improbable que sea una coincidencia. Cuando llegamos al *Homo erectus* la evidencia es aplastante.

"Estas tres líneas de evidencia anatómica del cerebro, del sistema vocal y la capacidad de utilización de herramientas representan el principal apoyo para la noción de un proceso largo de cambios graduales en el camino hacia el lenguaje. Junto a estos cambios en el cerebro y el sistema vocal, tuvieron lugar cambios graduales

concomitantes en la mano, cambios que la hicieron cada vez más un instrumento capaz de construir y utilizar herramientas". 49

El surgimiento del género humano representa un salto adelante cualitativo en la evolución. Por primera vez la materia se hace consciente de sí misma. En lugar de evolución inconsciente, tenemos en inicio de la historia. En palabras de Engels:

"Con el hombre penetramos en la *historia*. Los animales también poseen una historia, la de su descendencia y gradual evolución hasta llegar a su estado actual. Pero esa historia se hace para ellos, y en la medida en que participan en ella, eso ocurre sin que lo sepan o lo quieran. Por otro lado, cuanto más se alejan los seres humanos de los animales en el sentido más estrecho de la palabra, más hacen ellos mismos su historia en forma consciente, más se reduce la influencia de los efectos imprevistos y de las fuerzas incontroladas sobre dicha historia, y el resultado histórico corresponde con mayor exactitud al objetivo prefijado. Pero si aplicamos esta medida a la historia humana, inclusive a la de los pueblos más desarrollados de la actualidad, advertimos que aún existe una colosal desproporción entre los objetivos previstos y los resultados obtenidos, que predominan los efectos imprevistos y que las fuerzas incontroladas son mucho más poderosas que las puestas en movimiento de acuerdo con un plan. Y esto no puede ser de otra manera mientras la actividad histórica más esencial de los hombres, la que los elevó del estado animal al humano y la que constituye la base material de todas sus otras actividades, a saber, la producción de lo que necesita para vivir, o sea, en nuestros días, la producción social, se encuentre sometida ante todo al juego recíproco de efectos no deseados, provocados por fuerzas no dominadas, y mientras sólo por excepción logre los fines que persigue, pero con mayor frecuencia consiga exactamente lo contrario de lo que desea. En los países industriales más avanzados hemos dominado las fuerzas de la naturaleza, para ponerlas al servicio de la humanidad; con ello multiplicamos infinitamente la producción, de modo que un niño produce ahora más que antes cien adultos. ¿Y cuál es el resultado? Un creciente sobretrabajo, y una mayor miseria de las masas, y, cada diez años, un gran derrumbe. Darwin no sabía qué amarga sátira escribía sobre la humanidad, y en especial sobre sus compatriotas, cuando mostró que la libre competencia, la lucha por la existencia, que los economistas celebran como la máxima conquista histórica, es el estado normal del *reino animal*. Sólo la organización consciente de la producción social, en la cual la producción y la distribución se llevan a cabo en forma planificada, puede elevar a la humanidad por encima del resto del mundo animal en lo que se refiere al aspecto social, tal como la producción en general lo hizo con el género humano en el aspecto específicamente biológico. La evolución histórica hace cada día más indispensable esa organización, pero al mismo tiempo la posibilita cada día más. A partir de ella comenzará una nueva Época de la historia en la cual la humanidad misma, y con ella todas las ramas de su actividad, y en particular las ciencias naturales, experimentarán un avance que dejará en las sombras más densas todo lo obtenido hasta ese momento".50

13. La Génesis de la mente

El puzzle del cerebro

"La naturaleza orgánica surgió a partir de la naturaleza muerta; la naturaleza viva produjo una forma capaz de pensar. Primero tuvimos materia, incapaz de pensar; a partir de la cual se desarrolló materia pensante, el hombre. Si este es el caso y sabemos que lo es, a través de las ciencias naturales está claro que la materia es la madre de la mente; la mente no es la madre de la materia. Los niños nunca son más viejos que sus padres. 'La mente' viene después, y por lo tanto debemos considerarla la descendencia y no la madre, la materia existió antes de la aparición del humano pensante; la tierra existió durante mucho tiempo antes de la aparición de ninguna 'mente' pensante sobre su superficie. En otras palabras, la materia existe objetivamente, independientemente de la 'mente'. Pero el fenómeno psíquico, la llamada 'mente', nunca y en ninguna parte existe sin materia, nunca fue independiente de la materia. El pensamiento no existe sin un cerebro; los deseos son imposibles a no ser que haya un cuerpo deseoso. En otras palabras: los fenómenos psíquicos, los fenómenos de la conciencia, son simplemente una propiedad de la materia organizada de una manera concreta, una 'función' de ese tipo de materia". (Nikolai Bujarin)

"La interpretación de los mecanismos del cerebro representa una de los últimos misterios biológicos que quedan, el último refugio del misticismo sombrío y la dudosa filosofía religiosa". (Steven Rose)

Durante siglos, como hemos visto, el tema central de la filosofía fue la cuestión de la relación entre el pensamiento y el ser. Ahora por fin los enormes avances de la ciencia están empezando a echar algo de luz sobre el carácter real de la mente y su funcionamiento. Estos avances son una confirmación enfática del punto de vista materialista. Este es el caso especialmente en relación a las polémicas sobre el cerebro y la neurobiología. El último refugio del idealismo está siendo atacado, lo cual no impide a los idealistas lanzar una testaruda contraofensiva, como demuestra la siguiente cita:

"Cuando se hizo imposible investigar este *elemento no-material de la creación* muchos lo descartaron. Empezaron a pensar que sólo la materia era real. Y de esta manera nuestros pensamientos más profundos fueron reducidos a nada más que productos de las células cerebrales funcionando según las leyes de la química debemos estudiar las respuestas eléctricas que acompañan el pensamiento, pero no podemos reducir Platón a pulsaciones nerviosas, o Aristóteles a ondas alfa. Las descripciones de los movimientos físicos nunca revelarán su significado. La biología sólo puede examinar el mundo interconectado de neuronas y sinapsis". 51

Lo que llamamos "mente" no es más que el modo de existencia del cerebro. Este es un fenómeno enormemente complicado, el producto de millones de años de evolución. La dificultad a la hora de analizar los complejos procesos que tienen lugar en el cerebro y el sistema nervioso, y las interrelaciones igualmente complejas entre los procesos mentales y el entorno, ha retrasado la correcta comprensión de la naturaleza del pensamiento durante siglos. Esto ha permitido a los idealistas y teólogos especular con el supuesto carácter místico del "alma", concebida como una sustancia inmaterial que se dignaba a residir temporalmente en el cuerpo. Los avances de la moderna neurobiología significan que al final los idealistas están siendo expulsados de su último refugio. En la medida que vamos descifrando los secretos del cerebro y del sistema nervioso, se hace más fácil explicar la mente sin recurrir a agentes sobrenaturales, como *la suma total de la actividad cerebral*.

En palabras del neurobiólogo Steven Rose la mente y la conciencia son "la consecuencia inevitable de la evolución de estructuras cerebrales concretas que se desarrollaron en una serie de cambios evolutivos en el camino del surgimiento de la humanidad, la consciencia es una consecuencia de la evolución de un nivel concreto de complejidad y un grado de interacción entre las células nerviosas (neuronas) del córtex cerebral, mientras que la forma que adopta está profundamente modificada en cada cerebro individual por su desarrollo en relación con el entorno". 52

La mente, ¿una máquina?

Las concepciones del cerebro humano han cambiado considerablemente en los últimos 300 años, desde el nacimiento de la ciencia moderna y el surgimiento de la sociedad capitalista. La manera en que se ha percibido el cerebro a través de la historia ha sido moldeada por los prejuicios religiosos y filosóficos de cada momento. Para la Iglesia la mente era la "casa de Dios". El materialismo mecánico del siglo XVIII lo consideraba como una maquinaria de relojería. Más recientemente ha sido descrito como una suma improbable de acontecimientos probabilísticos. En los tiempos medievales, cuando la ideología católica lo dominaba todo, se decía que el alma impregnaba todas las partes del cuerpo; cerebro, cuerpo, mente o materia eran indistinguibles. Con la aparición de Copérnico, Galileo y finalmente Newton y Descartes, con su concepción materialista mecánica hubo un cambio de punto de vista.

Para Descartes el mundo era como una máquina, y los organismos vivos simplemente tipos particulares de mecanismos de relojería o máquinas hidráulicas. Es esta imagen cartesiana de la máquina la que ha venido a dominar la ciencia y actúa como metáfora legitimadora de una particular visión del mundo, en la que se tomaba la máquina como modelo para los organismos vivos y no al revés. Los cuerpos son unidades insolubles que pierden sus características esenciales si los dividimos en piezas. Las máquinas por el contrario se pueden desmontar y volver a montar. Cada parte sirve para una función separada y analizable, y el todo funciona de un manera regular que se puede describir por la operación de sus partes componentes incidiendo las unas en las otras.

En cada momento la imagen del cerebro ha reflejado las limitaciones de la ciencia en ese periodo. El punto de vista mecanicista del siglo XVIII reflejaba el hecho de que en ese momento la ciencia más avanzada era la mecánica. ¿Acaso no había explicado el gran Newton todo el universo en términos de las leyes de la mecánica? Entonces, ¿porqué tenían el cuerpo humano y la mente que funcionar de otra manera? Descartes aceptaba este punto de vista cuando describió el cuerpo humano como una especie de autómatas. Pero en la medida en que Descartes era un católico devoto no podía aceptar que el alma inmortal fuese parte de esa máquina. Tenía que ser algo totalmente aparte, situado en una parte especial del cerebro, la llamada glándula pineal. Desde este oscuro rincón del cerebro el Espíritu tomó residencia temporal en el cuerpo y dio vida a la máquina.

"De esta manera se desarrolló la disyunción inevitable pero fatal del pensamiento científico occidental", dice Steven Rose, "el dogma conocido en el caso de Descartes y sus sucesores como 'dualismo'; un dogma que, como veremos, es la consecuencia inevitable de cualquier tipo de materialismo reduccionista que no quiera aceptar al final que los humanos no son 'nada más' que la moción de sus moléculas. El dualismo fue una solución a la paradoja del mecanicismo que permitió a la religión y a la ciencia reduccionista evitar durante otros dos siglos su batalla inevitable por la supremacía ideológica. Fue una solución que era compatible con el orden del día capitalista porque en los asuntos de entre semana permitía tratar a los humanos como simples mecanismos físicos, objetivados y que podían ser explotados sin contradicción, mientras que los domingos se podía reforzar el control ideológico con la afirmación de la inmortalidad y el libre albedrío de un espíritu ilimitado e incorpóreo no afectado por los traumas del mundo del trabajo diario a los que el cuerpo había sido sometido". 53

En los siglos XVIII y XIX cambió la concepción de la mente como "el fantasma en la máquina". Con el descubrimiento de la electricidad se percibió al cerebro y el sistema nervioso como un laberinto eléctrico. Al cambio de siglo surgió la analogía con la centralita telefónica, en la que el cerebro procesaba mensajes de los diferentes órganos. Con la era de la producción en masa llegó el modelo de la organización empresarial, tal y como se explicaba en esta enciclopedia infantil:

"Imagínate tu cerebro como la sección ejecutiva de una gran empresa. Está dividido, como puedes ver aquí, en muchos departamentos. Sentado en un gran escritorio en el despacho principal está el Director General. Él es consciente, con líneas telefónicas que le conectan a todos los departamentos. A tu alrededor están los asesores principales, los Superintendentes de Mensajes Recibidos, como la Visión, el Gusto, el Olfato, el Oído, y el Sentimiento (estos dos últimos escondidos detrás de las oficinas centrales). Cerca también tenemos los Superintendentes de Mensajes Enviados que controlan el Habla y el movimiento de los Brazos y las Piernas, y las demás partes del cuerpo. Por supuesto, sólo los mensajes más importantes llegan a tu oficina. Las tareas rutinarias, como el funcionamiento del corazón, pulmones, y estómago, o supervisar detalles menores del trabajo muscular las

llevan a cabo los Directores de Acciones Automáticas en la Médula Oblongata y el Director de Acciones Reflejas en el Cerebelo. Todos los demás departamentos forman lo que los científicos llaman el Cerebro".

Con el desarrollo de los ordenadores que podían llevar a cabo cálculos impresionantes se hizo inevitable el paralelo con el cerebro. La forma en que los ordenadores almacenaban información se denominó *memoria*. Se construyeron ordenadores cada vez más complejos. ¿Hasta que punto se podría acercar un ordenador al cerebro humano? La ciencia ficción nos trajo las películas de *Terminator* en que los ordenadores habían superado la inteligencia humana y luchaban por el control del mundo. Pero como Steven Rose explica en su último libro: "Los cerebros no trabajan con *información* en el sentido del ordenador, sino con *significado*. Y significado es un proceso modelado y desarrollado históricamente, expresado por individuos en interacción con su entorno natural y social. De hecho, uno de los problemas del estudio de la memoria es precisamente que es un fenómeno dialéctico. Porque cada vez que recordamos, de alguna manera trabajamos sobre y transformamos nuestros recuerdos; no son simplemente traídos del almacén y almacenados de nuevo sin modificación una vez los hemos consultado. Nuestros recuerdos son recreados cada vez que recordamos". 54

¿Qué es el cerebro?

El cerebro humano es el punto más alto alcanzado por la evolución de la materia. Físicamente pesa unos 1.500 gramos con lo que es más pesado que muchos órganos humanos. Su superficie es arrugada como la de una nuez y tiene un color y una consistencia parecida a la de las gachas. Sin embargo biológicamente es bastante complejo. Contiene un enorme número de células (neuronas), posiblemente en un total de 100.000 millones. Pero incluso esta cifra se queda pequeña cuando descubrimos que cada neurona está encajada en una masa de células más pequeñas llamadas glia que sirven de soporte de las neuronas.

La principal parte componente del encéfalo humano (conjunto de órganos que forman parte del sistema nervioso y que están contenidos en el cráneo) es el cerebro, que está dividido en dos partes iguales. La zona superficial es conocida como córtex. El tamaño del córtex distingue a los humanos de todos los demás organismos. El cerebro se divide en dos regiones o lóbulos que se corresponden, en general, a funciones particulares del cuerpo y del procesamiento de información sensorial. Detrás del cerebro se sitúa el cerebelo, que supervisa todos los pequeños movimientos musculares del cuerpo. Debajo de estas partes está el bulbo raquídeo, que es la continuación de la médula ósea. Este lleva las fibras nerviosas del cerebro a través de la médula ósea a todo el sistema nervioso del cuerpo, poniéndolo todo en comunicación con el cerebro.

El desarrollado tamaño del cerebro que distingue a los humanos de otros animales se debe principalmente al incremento de tamaño de la fina capa exterior de las células nerviosas conocida como el neocórtex. Sin embargo esta expansión no se dio de manera uniforme. Los lóbulos frontales, asociados con la planificación y previsión se expandieron mucho más que el resto. Lo mismo es cierto en relación al cerebelo, en la parte posterior del cráneo, que se asocia con la capacidad de adquirir habilidades automáticas, toda una serie de actividades diarias que realizamos sin pensarlas, como conducir una bicicleta, cambiar las marchas en un coche o abotonarnos los botones del pijama.

El propio cerebro contiene un sistema circulatorio que proporciona nutrientes a zonas alejadas del suministro sanguíneo. Sin embargo recibe una gran proporción de sangre que contiene oxígeno y glucosa que son vitales. A pesar de que el cerebro adulto representa el 2% del peso corporal total, su consumo de oxígeno representa el 20% del total, y un 50% en un niño. El 20% del consumo de glucosa del cuerpo se produce en el cerebro. Una quinta parte del total de sangre bombeada por el corazón pasa por el cerebro. Los nervios transmiten la información eléctricamente. La señal que pasa a través de un nervio lo hace en forma de onda eléctrica; un impulso que pasa de la célula del cuerpo al final de la fibra nerviosa. Por lo tanto el lenguaje del cerebro se compone de impulsos eléctricos, no sólo su cantidad sino su frecuencia. "La información sobre la que se basan tales predicciones", escribe Rose, "depende de la llegada de datos a la superficie del cerebro en términos de luz y sonido de diferentes longitudes de onda e intensidades, fluctuaciones de temperatura, presión en puntos concretos de la piel, concentración de determinadas sustancias químicas detectadas por la lengua o la nariz. Dentro del cuerpo estos datos se transforman en una serie de señales eléctricas que pasan a través de nervios concretos hasta las zonas centrales del cerebro donde las señales interaccionan las unas con las otras produciendo ciertos tipos de respuesta".

La neurona se compone de toda una serie de accesorios (dendrita, cuerpo de la célula, áxon, sinapsis) que llevan a cabo esta retransmisión de información (los mensajes llegan a la sinapsis a través del áxon). En otras palabras, la neurona es la unidad del sistema encefálico. En cada acción muscular están implicadas miles de neuronas motrices. Algo más complejo implica millones de ellas aunque incluso un millón representa solamente un 0,01 por ciento del total de neuronas disponibles en el córtex humano. Pero el cerebro no se puede entender como un ensamblaje de partes separadas. Aunque el análisis detallado de la composición del cerebro es importante, sólo puede llegar hasta ese punto.

"Hay muchos niveles a los cuales se puede describir el comportamiento del cerebro", plantea Rose. "Se puede describir la estructura cuántica de los átomos, o las propiedades moleculares de sus componentes químicos; la apariencia electrónica-micrográfica de las sus células individuales; el comportamiento de sus neuronas como un sistema interactuante; la historia evolutiva o del desarrollo de estas neuronas como un modelo cambiante en el tiempo; la respuesta de comportamiento del individuo humano cuyo cerebro estamos estudiando; el entorno social o familiar de ese humano, y demás". 55 Para comprender el cerebro hay que entender las complejas interacciones dialécticas de todas sus partes. Hay que unir toda una serie de ciencias: etología, psicología, fisiología, farmacología,

bioquímica, biología molecular, e incluso cibernética y matemática, para poder observar este fenómeno en su conjunto dialéctico.

La evolución del cerebro

En la antigua mitología la diosa Minerva surgió totalmente formada de la cabeza de Júpiter. El cerebro no tuvo tanta suerte. Lejos de ser creado en un solo momento, evolucionó hasta su complejo sistema actual a través de un periodo de millones de años. Empezó a existir en un nivel relativamente primitivo de la evolución. En primer lugar, los organismos unicelulares muestran ciertos modelos de comportamiento (por ejemplo el movimiento hacia la luz o hacia los nutrientes). Con la aparición de la vida multicelular se produjo una aguda división entre la vida animal y vegetal. Aunque tienen sistemas de señales internos que les permiten "comunicarse", la evolución de las plantas les alejó de la evolución de nervios y cerebro. El movimiento en el reino animal requiere una rápida comunicación entre las células de diferentes partes del cuerpo.

Las criaturas unicelulares son autosuficientes con todos los requisitos en una sola célula. La comunicación entre las diferentes partes de la célula es relativamente simple. Por otra parte, los organismos multicelulares son cualitativamente diferentes y permiten el desarrollo de la especialización entre las células. Ciertas células pueden encargarse principalmente de la digestión, otras de formar una capa protectora, otras de la circulación, etc. En los organismos multicelulares más primitivos ya existe un sistema de señales químicas (hormonas). Por lo tanto incluso a este nivel tan primitivo se pueden encontrar células especializadas. Es un paso hacia un sistema nervioso, en el que las neuronas se unen en *ganglios*. Se ha establecido que el ganglio es el vínculo evolutivo entre los nervios y el cerebro. Estos agrupamientos de células nerviosas existen en insectos, crustáceos y moluscos.

El desarrollo de la cabeza y la localización de los ojos y la boca son una ventaja a la hora de recibir información de dónde el animal se dirige. De acuerdo con este desarrollo un grupo de ganglios se arraciman en la cabeza de un platelminto (gusano plano). Representa la evolución del cerebro aunque de una forma muy primitiva. El platelminto también tiene la capacidad de aprendizaje una característica clave del cerebro desarrollado. Representa un salto evolutivo adelante.

Hace una década unos neurocientíficos americanos descubrieron que los mecanismos celulares básicos para la formación de la memoria en los humanos también están presentes en los caracoles. El profesor Eric Kandel de la Universidad de Columbia estudió el aprendizaje y la memoria de un caracol marino llamado *Aplysia californica*, y descubrió que tenía algunas de las características básicas de los humanos. La diferencia es que mientras que el cerebro humano tiene 100.000 millones de células nerviosas, el *Aplysia* sólo tiene algunos miles y son bastante grandes. El hecho de que compartamos estos mecanismos con un caracol de mar es una respuesta suficiente a los tozudos intentos de los idealistas de presentar al género humano como algún tipo de creación única, separada y aparte de los demás animales. Casi todas las funciones del cerebro dependen de la memoria. No hay ninguna necesidad de explicar este fenómeno por la intervención divina. Los procesos naturales tienden a ser bastante conservadores. Una vez que han alcanzado una adaptación que demuestra ser útil para ciertas funciones, la reproducen constantemente a través de la evolución, aumentándola y mejorándola hasta tal punto que le da una ventaja evolutiva.

La evolución ha introducido muchas innovaciones en el cerebro de los animales, especialmente en los primates superiores y los humanos, con cerebros muy grandes. Mientras que el *Aplysia* puede "recordar" algo durante varias semanas, su memoria sólo implica un nivel de actividad mental conocido como *hábito* en los humanos. Este tipo de memoria está implícita en, por ejemplo, recordar cómo se nada. Las investigaciones en gente con lesiones cerebrales parecen sugerir que la facultad de recordar hechos y hábitos está almacenada por separado en el cerebro. Una persona puede perder su memoria para los hechos, pero puede seguir llevando una bicicleta. Las memorias que llenan el cerebro humano son infinitamente más complejas que los procesos que se dan en el sistema nervioso de un caracol.

El continuo crecimiento del cerebro requiere un cambio drástico en la evolución animal. El sistema nervioso de los artrópodos o moluscos no se puede desarrollar más allá en la medida en que tienen un problema en su diseño. Sus células nerviosas están dispuestas formando un círculo alrededor de la tripa y si se expandiesen restringirían cada vez más la tripa un límite claramente demostrado en la araña que tiene la tripa tan limitada por su anillo nervioso que sólo puede digerir comida en forma de líquidos finos. La capacidad cerebral ha llegado a sus límites físicos. Los insectos no pueden desarrollarse más allá de cierto tamaño en la medida en que sus estructuras se romperían bajo su propio peso, y por lo tanto tienen un límite para el tamaño de su cerebro. Los insectos gigantes de las películas de terror están limitados al reino de la ciencia ficción.

Un mayor desarrollo del cerebro requiere la separación de los nervios respecto de la tripa. El surgimiento de los peces vertebrados provee el modelo para el desarrollo posterior de la médula ósea y el cerebro. La cavidad craneal puede albergar un cerebro mayor y los nervios corren a través del espinazo a la médula espinal. En los orificios oculares se desarrolló un ojo creador de imágenes que puede presentar modelos ópticos al sistema nervioso. El surgimiento de los anfibios y reptiles terrestres presenció el desarrollo de la región cerebral (parte anterior del encéfalo). Esto tiene lugar a expensas de los ojos.

Veinte años atrás, Harry Jerison de la Universidad de California desarrolló la idea de la correlación del tamaño del cerebro con el tamaño del cuerpo, y trazó su desarrollo evolutivo. Descubrió que los reptiles tenían un cerebro pequeño hace 300 millones de años y lo siguen teniendo hoy en día. Su gráfico del tamaño cerebral de los reptiles

en relación a su tamaño corporal daba como resultado una línea recta que incluía a los dinosaurios. Sin embargo, la evolución de los mamíferos hace unos 200 millones de años, marcó un salto en el tamaño cerebral. Estos pequeños animales nocturnos tenían un cerebro proporcionalmente cuatro o cinco veces mayor que el de la media de los reptiles. Esto se debía principalmente al desarrollo del córtex cerebral, que es específico de los mamíferos. Este mantuvo su tamaño relativo durante unos 100 millones de años. Entonces, hace unos 65 millones de años se desarrolló rápidamente. Según Roger Lewin, en 30 millones de años el desarrollo del cerebro "se había incrementado entre cuatro y cinco veces, y los mayores incrementos coincidían con la evolución de los ungulados (mamíferos con cascos o pezuñas), carnívoros y primates". (*New Scientist*, 5 de diciembre 1992).

En la medida en que se desarrollaron monos, simios y humanos el tamaño del cerebro se hizo mucho más grande. Teniendo en cuenta el tamaño corporal, el cerebro de los monos es dos o tres veces mayor que el de la media de los mamíferos actuales, mientras que el cerebro humano es seis veces mayor. El desarrollo del cerebro no fue continuo y gradual sino que tuvo inicios y saltos. En otras palabras fue un desarrollo dialéctico. "Aunque esta imagen a grandes trazos deja de lado detalles importantes, el mensaje es bastante claro" dice Roger Lewin, "la historia del cerebro implica largos periodos de constancia interrumpidos por explosiones de cambio". (Ibíd.)

En menos de 3 millones de años, un salto evolutivo, el cerebro triplicó su tamaño relativo, creando un córtex que representa entre el 70 y el 80% del volumen cerebral. Las primeras especies de homínidos bípedos evolucionaron hace unos 10-7 millones de años. Sin embargo sus cerebros eran relativamente pequeños, a la par que los de los simios. Entonces, hace 2,6 millones de años se produjo una gran expansión con la aparición del Homo. "Tuvo lugar un salto en la evolución de los antepasados de los actuales humanos," dice el geólogo Mark Maslin de la Universidad de Kiel. "Toda la evidencia existente," explica Lewin, "sugiere que la expansión del cerebro empezó hace unos 2,5 millones de años, un periodo que coincide con la aparición de las primeras herramientas de piedra". Con el trabajo, como Engels explicó, se produjo la expansión del cerebro y el desarrollo del habla. La comunicación animal primitiva dio paso al lenguaje, un avance cualitativo. Esto también tuvo que depender del desarrollo de las cuerdas vocales. El cerebro humano es capaz de hacer abstracciones y generalizaciones más allá de lo que es capaz el chimpancé, con el que está estrechamente relacionado.

Con el incremento en el tamaño del cerebro se produjo un aumento de su complejidad y la reorganización de los circuitos neuronales. El principal beneficiario fue la sección frontal del córtex, la zona prefrontal, que es seis veces mayor que en los simios. Debido a su tamaño, esta zona puede proyectar más fibras al cerebro medio desplazando allí conexiones desde otras zonas del cerebro. "Esto podría ser significativo para la evolución del lenguaje" dice Terrence Deacon de la Universidad de Harvard, que señala que la zona prefrontal es dónde residen ciertos centros del lenguaje humano. Para los humanos esta realidad de la consciencia se revela en la auto-consciencia y el pensamiento.

"Con el surgimiento de la conciencia", observa Steven Rose, "ocurre un salto adelante evolutivo cualitativo, formando la distinción crítica entre los humanos y las demás especies, de tal manera que los humanos se han convertido en mucho más ampliamente variados y están sujetos a interacciones mucho más complejas que lo que es posible en otros organismos. El surgimiento de la conciencia ha cambiado cualitativamente el modo de existencia humana; con ella aparece un nuevo orden de complejidad, un orden de organización jerárquica superior. Pero debido a que hemos definido la consciencia no como una forma estática sino como un *proceso* que implica la interacción entre individuo y entorno, podemos ver como, en la medida en que las relaciones humanas se han ido transformando a lo largo de la evolución de la sociedad, también la conciencia humana se ha transformado. Nuestra capacidad craneal o número de células puede no ser muy diferente de la del primitivo Homo sapiens, pero nuestros entorno nuestras formas de sociedad son muy diferentes y de ahí que también lo sea nuestra conciencia, lo que significa que también los son nuestros estados cerebrales". 56

La importancia del habla

El impacto del habla especialmente del "habla interna" en el desarrollo de nuestro cerebro es de una importancia crucial. Esta idea no es nueva sino que ya había sido planteada por los filósofos de la antigua Grecia y los del siglo XVII especialmente Thomas Hobbes. En *The Descent of Man*, Charles Darwin explicó: "Un cadena de pensamiento larga y compleja no se puede llevar a cabo sin la ayuda de las palabras, ya sean habladas o silenciosas, de la misma manera que no se puede llevar a cabo un cálculo largo sin utilizar las cifras del álgebra". Este concepto fue planteado seriamente por el psicólogo soviético Lev Vygotsky en la década de 1930, intentando restablecer toda la psicología sobre esta base.

Utilizando ejemplos del comportamiento infantil explicó cómo los niños pasan gran cantidad de tiempo hablándose a sí mismos en voz alta. Están ensayando los hábitos de planificación que más adelante interiorizarán como habla interna. Vygotsky demostró que esta habla interna era la base de la capacidad humana para acumular y evocar recuerdos. La mente humana está dominada por un mundo interior de pensamientos estimulado por nuestras sensaciones, que es capaz de generalización y perspectiva. Los animales también tienen memoria, pero parece estar encerrada en el presente, reflejando el entorno inmediato. El desarrollo del habla interna humana nos permite recordar y desarrollar ideas. En otras palabras. El habla interna jugó un papel clave en la evolución de la mente humana.

Aunque la muerte prematura de Vygotsky corto con su trabajo, sus ideas han sido recuperadas y ampliadas, con una aportación importante de la antropología, sociología, lingüística y psicología educativa. En el pasado se examinaba la memoria como un sistema biológico unitario, conteniendo la memoria a corto y largo plazo. Podía ser examinada

neuro-psicológicamente, bioquímicamente y anatómicamente. Pero hoy en día se está adoptando una posición más dialéctica implicando a otras ciencias.

"De este método reduccionista", plantea Rose, "se deduce que la tarea correcta de las ciencias del organismo es colapsar el comportamiento individual en configuraciones moleculares concretas; mientras que el estudio de poblaciones de organismos se reduce a la investigación de las cadenas de ADN que codifican altruismo recíproco o egoísta. Casos paradigmáticos de este método en la última década han sido los intentos de purificar ARN, proteína, o moléculas péptidas que se producen por aprendizaje y que 'codifican' memorias específicas; o la búsqueda de los biólogos moleculares de un organismo con un sistema nervioso 'simple' del que se pueda hacer un mapa con series de secciones de microscópico electrónico y en el que se puedan identificar las diferentes mutaciones de comportamiento a las que los diferentes diagramas de conexiones se asocian".

Rose llega a la conclusión que "las paradojas a las que conduce este tipo de reduccionismo son probablemente más viciosas que las de los diseñadores de sistemas. Estas han sido aparentes, por supuesto, desde Descartes, cuyo reduccionismo del organismo a una máquina animal que funcionaba con energía hidráulica se tenía que reconciliar, en el caso de los humanos, con un alma con libre albedrío en la glándula pineal. Ahora, al igual que entonces, el reduccionismo mecánico se fuerza a sí mismo en puro idealismo" 57

En la evolución del cerebro se descartan muy pocas partes. En la medida en que se desarrollan nuevas estructuras, las viejas se reducen en tamaño e importancia. El desarrollo del cerebro conlleva la creciente capacidad de aprendizaje. En un primer momento se asumió que la transformación del simio en hombre había empezado con el desarrollo del cerebro. El tamaño del cerebro del simio (en volumen) varía de 400 a 600 cc; el cerebro humano entre 1.200 y 1.500 cc. Se creía que el "eslabón perdido" sería fundamentalmente parecido a un simio, pero con un cerebro más grande. De nuevo se consideraba que el aumento del cerebro precedía a la postura erguida. Aparentemente lo primero fue la inteligencia y eso permitió a los primeros homínidos comprender el valor del bipedalismo.

Esta primera teoría del cerebro fue puesta en duda decisivamente por parte de Engels como una extensión de la visión idealista de la historia. La postura erguida a la hora de caminar fue un paso decisivo en la transición del simio en hombre. Fue su carácter bípedo lo que le liberó las manos, lo que llevó a un posterior aumento del cerebro. "Primero el trabajo", dice Engels, "y con Él el lenguaje: estos fueron los dos estímulos más esenciales bajo cuya influencia el cerebro del mono se convirtió poco a poco en el del hombre".⁵⁸ El posterior descubrimiento de restos fósiles confirmó la tesis de Engels. "La confirmación era completa más allá de cualquier duda científica. Las criaturas africanas que se estaban desenterrando tenían cerebros no más grandes que los de los simios. Habían caminado y corrido como los humanos. El pie se diferenciaba muy poco del del hombre moderno, y la mano estaba a medio camino de la conformación humana". 59

A pesar de la creciente evidencia a favor de los puntos de vista de Engels en relación a los orígenes humanos, la concepción del desarrollo "cerebro primero" sigue vivita y coleando hoy en día. En un libro reciente llamado *The Runaway Brain, The Evolution of Human Uniqueness* (El cerebro fugaz, la evolución de la singularidad humana), el autor, Christopher Willis plantea: "Sabemos que al mismo tiempo que el cerebro de nuestros antecesores crecía, su postura se hacía cada vez más erguida, se desarrollaban las habilidades motoras, y las señales vocales se iban graduando en habla". 60

El hombre se va haciendo consciente de su entorno y de sí mismo. A diferencia de otros animales los humanos pueden generalizar su experiencia. Mientras que los animales están dominados por su entorno los humanos cambian el entorno para satisfacer sus necesidades. La ciencia ha confirmado la afirmación de Engels de que "Nuestra conciencia y nuestro pensamiento, por muy supersensuales que parezcan, son el producto de un órgano material, físico: el cerebro. La materia no es un producto del espíritu, y el espíritu mismo no es más que el producto supremo de la materia. Esto es, naturalmente, materialismo puro".⁶¹ En la medida en que se desarrolla el cerebro se desarrolla también la capacidad de aprender y generalizar. En el cerebro se almacena información importante, probablemente en muchas partes del sistema. Esta información no se libera al mismo tiempo que se renuevan las moléculas del cerebro. En catorce días el 90% de las proteínas del cerebro se rompen y son renovadas con moléculas idénticas. Esto revela claramente el carácter dialéctico del desarrollo molecular del cerebro. Tampoco existe ninguna razón para creer el cerebro haya dejado de evolucionar. Su capacidad sigue siendo infinita. El desarrollo de una sociedad sin clases presenciara un nuevo salto adelante en la comprensión del género humano. Por ejemplo, los avances de la ingeniería genética están sólo en su etapa embrionaria. La ciencia abre enormes oportunidades y desafíos. Pero por cada problema que se resuelva se plantearán muchos más, en una espiral sin fin de conocimiento.

Lenguaje y pensamiento del niño

Parece haber una cierta analogía entre el desarrollo del pensamiento humano en general y el desarrollo del lenguaje y el pensamiento del ser humano individual a través de la infancia y la adolescencia hasta que llega a ser un adulto.

Esta cuestión fue planteada por Engels en *El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre*.

"Pues, así como la historia del desarrollo del embrión humano en el útero materno no es más que una repetición abreviada de la historia, que se extiende a lo largo de millones de años, de la evolución corporal de nuestros antepasados animales, a partir del gusano, así también el desarrollo mental del hijo del hombre no es más que una

repetición más abreviada aun del desarrollo intelectual de esos mismos antepasados, por lo menos de los últimos".
62

El estudio del desarrollo de embrión a adulto se llama *ontogenia*, mientras que el estudio de relaciones evolutivas entre especies se llama *filogenia*. Ambas están vinculadas, pero no como una tosca imagen en el espejo. Por ejemplo, el embrión humano, durante su desarrollo en la matriz, se parece a un pez, un anfibio, un mamífero y parece pasar por fases que recuerdan las etapas de la evolución animal. Todos los humanos son parecidos en muchos aspectos, especialmente las sustancias y estructuras del cerebro. Hay asombrosamente poca variación química, anatómica y fisiológicamente. En la concepción, el óvulo fertilizado se desarrolla en dos bolas huecas de células. El primer desarrollo reconocido tiene lugar en los primeros dieciocho días, con un espesamiento en el que las bolas se convierten en la *ranura neural*. La parte delantera se agranda para, mas tarde, desarrollarse como cerebro. Tiene lugar otra diferenciación que se convertirá en los ojos, la nariz y las orejas. Los sistemas de circulación sanguínea y nervioso son los primeros que funcionan en la vida embrionaria, con el corazón empezando a latir en la tercera semana de concepción.

La ranura neural se convierte en un canal y después en un tubo. Con el tiempo se convierte en la médula espinal. En la parte de la cabeza, aparecen bultos/turgencias en el tubo para formar la parte anterior del cerebro (cerebro), el cerebro medio (mesencéfalo) y cerebro posterior (rombencéfalo/metencéfalo). Todo está dispuesto para el desarrollo rápido del sistema nervioso central. Se da un salto cualitativo en la tasa de división de la célula acercándose a la estructura celular final. Cuando el embrión tiene 13 mm. de longitud, el cerebro se ha desarrollado en el cerebro de cinco vesículas. Surgen los bulbos que forman los nervios ópticos y los ojos. A finales del tercer mes, el córtex cerebral y el cerebelo pueden identificarse, así como el tálamo y el hipotálamo. Al quinto mes el córtex arrugado empieza a tomar forma. Para el noveno mes, todas las partes esenciales están desarrolladas, aunque después del nacimiento seguirá teniendo lugar más desarrollo. Incluso entonces, el peso del cerebro es sólo de unos 350 gramos, comparado con los 1300 a 1500 gramos de un adulto. A los seis meses tendrá el 50% de su peso adulto, 60% al año y 90% a los seis años. A la edad de diez años, tendrá el 95% de su peso adulto. El rápido crecimiento del cerebro se refleja en el tamaño de la cabeza. El tamaño de la cabeza de un bebé es grande para su cuerpo comparado con el de un adulto. En el recién nacido el cerebro está más próximo a su estado de desarrollo adulto que ningún otro órgano. En el nacimiento el cerebro es el 10% del peso total del cuerpo en comparación con el 2% en el adulto.

Las estructuras físicas del cerebro, en cuanto a su bioquímica, arquitectura celular y circuito eléctrico, son modificadas por los efectos de la respuesta del cerebro al entorno. El cerebro codifica ideas y memorias en forma de cambios complejos en el sistema neuronal. Así, todos los procesos del cerebro interaccionan, para dar origen al fenómeno único de la conciencia, materia consciente de sí misma. Para el psicólogo canadiense Donald Hebb, la clave está en las uniones sinápticas entre dos células nerviosas, lo que sigue siendo la base de las ideas de hoy. Un juego particular de circuitos y modelos de encendido entre sinapsis puede codificar la memoria, pero no estará localizada en un área concreta del cerebro. Puede estar codificada en ambos hemisferios. El entorno de cada individuo, especialmente en los primeros años del desarrollo, deja continuamente impresiones únicas en los procesos cerebrales y el comportamiento. "Una variedad de cambios de los más sutiles en el entorno, especialmente durante la infancia", dice Rose, "puede provocar cambios a largo plazo en su química y funcionamiento".

Sin esta interrelación dialéctica entre el cerebro y el entorno el desarrollo de cada individuo quedaría simplemente prescrito en el código genético. El comportamiento de cada individuo estaría codificado y sería predecible desde el principio. Mientras que con el papel decisivo jugado en el desarrollo por el entorno, un cambio en el conjunto de circunstancias puede provocar un cambio importante en el individuo.

Ojo, mano y cerebro

El desarrollo del lenguaje y el pensamiento del niño fue analizado rigurosamente por primera vez en el trabajo pionero del epistemólogo suizo Jean Piaget. Algunos aspectos de sus teorías han sido cuestionados, especialmente la falta de flexibilidad con la que interpreta la manera en que el niño pasa de uno a otro de sus estadios. Sin embargo este era un trabajo pionero en un campo que había sido prácticamente ignorado y muchas de sus teorías siguen siendo bastante válidas. Piaget fue el primero en plantear la idea de un proceso dialéctico de desarrollo desde el nacimiento a través de la infancia hacia la adolescencia, al igual que Hegel fue el primero en plantear una exposición sistemática del pensamiento dialéctico en general. Los defectos de ambos sistemas no deberían oscurecer el contenido positivo de su trabajo. Aunque los estadios de Piaget sin duda son un poco esquemáticos, y sus métodos de investigación están abiertos a la crítica, sin embargo mantienen un valor como una visión general del desarrollo humano temprano.

Las teorías de Piaget fueron una reacción contra los puntos de vista de los conductivistas, cuyo principal representante, Skinner, fue especialmente influyente durante los años 60 en los Estados Unidos. El punto de vista conductivista es completamente mecánico, basado en el modelo lineal de desarrollo acumulativo. Según esta teoría, el niño aprende más eficazmente cuando está sujeto a un programa lineal creado por profesores expertos y planificadores de currículos. Las teorías educativas de Skinner encajan muy bien con la mentalidad capitalista. Los niños sólo aprenderán, según esta teoría, si se les recompensa por ello, de la misma manera que a un obrero se le pagan más las horas extras.

Los conductivistas adoptan una postura típicamente mecánica en relación al desarrollo del lenguaje. Noam Chomsky resaltó que Skinner describía correctamente cómo un niño aprendía las primeras palabras (principalmente sustantivos), pero no explicaba cómo las unía. El lenguaje no es solamente una cadena de palabras. Es

precisamente la combinación de estas palabras en una cierta relación dinámica lo que hace del lenguaje un fenómeno tan rico, efectivo, flexible y complejo. Aquí, decididamente, el todo es mayor que la suma de las partes. Es una hazaña realmente increíble que un niño de dos años aprenda a utilizar las reglas de la gramática, y cualquier adulto que haya tratado de aprender una lengua extranjera estará de acuerdo.

Comparado con este crudo dogma mecanicista, las teorías de Piaget representan un gran paso adelante. Piaget explicó como el aprendizaje es natural en el niño. El trabajo del profesor es sacar a la luz esas tendencias que ya están presentes en el niño. Además, Piaget planteó correctamente que el proceso de aprendizaje no es una línea recta, sino que está interrumpida por saltos cualitativos. Aunque los estadios de Piaget están sujetos a discusión, no hay duda de que su punto de vista dialéctico en general era válido. Lo más valioso del trabajo de Piaget fue que presentó el desarrollo del niño como un proceso contradictorio, en el que cada estadio se basaba en el anterior, superándolo y conservándolo al mismo tiempo. La base condicionada genéticamente nos da el material elaborado, el cual, desde el primer momento entra en una interacción dialéctica con el entorno. El niño recién nacido no es consciente, sino que actúa en base a instintos biológicos profundamente enraizados que exigen una satisfacción inmediata. Estos poderosos instintos animales no desaparecen sino que permanecen en el sustrato inconsciente, por debajo de nuestras actividades.

Utilizando el lenguaje de Hegel, lo que tenemos aquí es la transición entre *ser-en-sí* a *ser-para-sí* de potencial a real, de un ser aislado, inconsciente e incapaz, un juguete de las fuerzas naturales, a un ser humano consciente. El movimiento hacia la auto-conciencia, como Piaget explica correctamente es una lucha, que pasa por diferentes fases. El recién nacido no distingue entre sí mismo y lo que le rodea. Sólo lentamente empieza a ser consciente de la diferencia entre *sí mismo* y el mundo externo. "El período que va del nacimiento a la adquisición del lenguaje", escribe Piaget, "está marcado por un desarrollo mental extraordinario". En otro sitio, describe los primeros 18 meses de existencia como "una revolución copernicana en pequeña escala". 63 La clave de esto es el proceso de darse cuenta de la relación entre el sujeto (Él mismo) y el objeto (la realidad), que hay que entender.

Vygotsky y Piaget

El primero, y el mejor, de los críticos de Piaget fue Vygotsky, el pedagogo soviético que en el periodo 1924-34 elaboró una alternativa consistente a las ideas de Piaget. Trágicamente las ideas de Vygotsky sólo se publicaron en la Unión Soviética después de la muerte de Stalin, y fue conocido en Occidente en los 50 y 60 cuando ejerció una poderosa influencia, por ejemplo sobre Jerome Bruner. Hoy en día es ampliamente aceptado por los pedagogos.

Vygotsky se adelantó a su tiempo explicando la importancia de los gestos en el desarrollo del niño. Esto ha sido recuperado más recientemente por los psicolingüistas descifrando los orígenes del lenguaje. Bruner y otros han planteado el enorme impacto de los gestos en el desarrollo posterior del lenguaje en el niño. Mientras que Piaget puso más Énfasis en el aspecto biológico del desarrollo del niño, Vygotsky se concentró más en la cultura, al igual que gente como Bruner. Las herramientas juegan un papel importante en la cultura, ya sean palos y piedras en los primeros homínidos, o lápices, gomas y libros en los niños de hoy en día.

Investigaciones recientes han demostrado que los niños son más capaces en un estadio inicial de lo que pensó Piaget. Sus ideas sobre los niños muy pequeños parecen haber sido superadas, pero la mayor parte de sus investigaciones siguen siendo válidas. Proviene de la biología era inevitable que pusiese mucho Énfasis en este aspecto del desarrollo del niño. Vygotsky lo trató desde otro punto de vista, aunque sin embargo hay puntos en común. Por ejemplo, en su estudio de los primeros años de la infancia trata sobre el "pensamiento no lingüístico" tal y como Piaget lo subrayó en su relación de la "actividad sensorimotriz", como utilizar un rastrillo para alcanzar otro juguete. Junto a esto podemos darnos cuenta de los sonidos incomprensibles del niño. Cuando los dos elementos se combinan, se produce un desarrollo explosivo del lenguaje. Por cada nueva experiencia, el niño quiere saber su nombre. Aunque Vygotsky tomó otro camino, la ruta la había abierto Piaget.

"El progreso de crecimiento no es una progresión lineal de la incompetencia a la competencia: un niño recién nacido para sobrevivir, necesita ser competente en ser un niño recién nacido, no en ser una versión reducida del adulto que será más adelante. El desarrollo no es sólo un proceso cuantitativo sino uno en que hay transformaciones de calidad, entre chupar y masticar comida sólida, por ejemplo, o entre comportamiento sensorimotriz y cognoscitivo". 64

Sólo gradualmente después de un largo periodo y a través de un proceso difícil de ajuste y aprendizaje el niño deja de ser un paquete de sensaciones y apetitos ciegos, un objeto impotente, y se convierte en un agente libre, consciente y autodirigido. Es esta lucha dolorosa para pasar de inconsciente a consciente, de la más absoluta dependencia del entorno a dominar el entorno, la que nos da un llamativo paralelo entre el desarrollo del niño individual y el de la especie humana. Por supuesto que sería incorrecto sacar la conclusión de que es una comparación exacta. Toda analogía se mantiene dentro de unos límites muy precisos. Pero es difícil resistirse a sacar la conclusión de que por lo menos en algunos aspectos este paralelismo existe en realidad. De inferior a superior; de simple a complejo; de inconsciente a consciente, estas características son recurrentes en la evolución de la vida.

Los animales dependen más que los humanos de los sentidos, y tienen un mejor oído, vista y olfato. Es interesante que la agudeza de la visión llega a un punto máximo al final de la infancia y a partir de ese momento disminuye. Por otra parte las funciones intelectuales más elevadas continúan desarrollándose toda la vida, hasta bien entrada la vejez. Seguir la senda por la que pasan los humanos desde el nivel inconsciente hasta la auténtica consciencia es una de las tareas más fascinantes e importantes de la ciencia.

Al nacer el niño sólo conoce reflejos. Pero eso no significa pasividad. Desde el primer momento de su existencia la relación del niño con su entorno es *activa y práctica*. No piensa sólo con la cabeza sino con todo su cuerpo. El desarrollo del cerebro y de la conciencia está relacionado con su actividad práctica. Uno de los primeros reflejos es chupar. Incluso aquí el proceso de aprender de la experiencia está presente. Piaget explica que el niño succiona mejor después de dos o tres semanas que al principio. Más tarde se produce un proceso de discriminación en el que el niño empieza a reconocer las cosas. Todavía más adelante el niño empieza a hacer las primeras generalizaciones, no sólo en pensamiento sino también en la acción. No sólo succiona el pecho, sino que también succiona el aire y después sus dedos. En castellano hay un dicho: "no me chupo el dedo", que quiere decir "no soy tonto". De hecho, la habilidad de meterse un dedo en la boca es una tarea bastante difícil para un niño, que generalmente sólo aparece al cabo de dos meses, y marca un importante paso adelante que demuestra un cierto grado de coordinación entre la mano y el cerebro.

Inmediatamente después del nacimiento el niño tiene dificultad en centrar su atención en objetos concretos. Gradualmente es capaz de concentrarse en objetos concretos, y anticipar dónde están de tal manera que puede mover su cabeza para poder verlos. Este desarrollo, analizado por Bruner, tiene lugar durante los dos o tres primeros meses e implica no solamente el campo meramente visual, la orientación de los ojos, cabeza y cuerpo hacia el objeto de atención. Al mismo tiempo la boca se convierte en el vínculo entre visión y el movimiento. Gradualmente empieza el proceso guiado de alcanzar-cojer-acercar, que siempre concluye llevándose la mano a la boca.

Para el niño recién nacido el mundo es en primer lugar y sobretodo algo que hay que chupar. Más tarde es algo a lo que hay que escuchar y mirar, y, cuando un nivel suficiente de coordinación se lo permite, algo que hay que manipular. Esto no es todavía lo que llamamos conciencia, pero es el punto de partida de la conciencia. Se necesita un proceso de desarrollo muy prolongado para integrar todos estos elementos en *hábitos y percepciones organizadas*. Más adelante tenemos el succionamiento sistemático de los dedos, el volver la cabeza en dirección a un sonido, seguir un objeto en movimiento con los ojos (indicando un nivel de generalización y anticipación). Cinco semanas más tarde el niño sonríe, y reconoce más a algunas personas que a otras, aunque esto no se puede interpretar como que el niño tiene la noción de persona, ni siquiera de un objeto. Este es el estadio de percepción sensorial más elemental.

En sus relaciones con el mundo objetivo el niño tiene dos posibilidades: o bien incorporar cosas (y gente) a sus actividades, y de esta manera *asimilar* el mundo material, o reajustar sus deseos subjetivo e impulsos al mundo externo, es decir *acomodarse a la realidad*. Desde una edad muy temprana, el niño intenta "asimilar" el mundo, metiéndoselo en la boca. Más adelante aprende a ajustarse a la realidad externa, y gradualmente empieza a distinguir y percibir diferentes objetos y recordarlos. A través de la experiencia adquiere la habilidad de llevar a cabo toda una serie de actividades como alcanzar y coger cosas. La inteligencia lógica surge en primer lugar de operaciones concretas, de la *práctica*, y sólo mucho más adelante como deducciones abstractas.

Piaget identificó claramente seis "estadios" en el desarrollo del niño. El estadio de reflejos o funciones hereditarias, incluyendo tendencias instintivas primarias, como la *nutrición*. La necesidad de obtener comida es un poderoso instinto innato, que controla los reflejos del recién nacido. Esta es una característica que los humanos comparten con todos los animales. El niño recién nacido, a falta de elementos de pensamiento superior, es sin embargo un materialista natural, que expresa su firme creencia en la existencia del mundo físico de la misma manera que todos los animales, comiéndoselo. Fue necesario una gran cantidad de refinamiento intelectual antes de que algunos filósofos espabilados convencieran a la gente de que no podían decir realmente si el mundo material está ahí o no. El niño resuelve esta cuestión filosófica supuestamente profunda y complicada de la única manera posible, *a través de la práctica*.

Desde la edad de dos años, el niño entra en un período de pensamiento simbólico y de *representación preconceptual*. El niño empieza a usar imágenes como símbolos para representar cosas reales. El desarrollo del lenguaje va paralelo a esto. La siguiente etapa es la de *representación condicional*, reconociendo otros puntos de referencia en el mundo y desarrollando simultáneamente el lenguaje coherente. A esto le sigue el *pensamiento operacional* desde los siete a los doce años de edad. El niño empieza a reconocer relaciones entre objetos y a utilizar concepciones más abstractas.

Es precisamente la práctica y la interacción de tendencias innatas genéticamente condicionadas lo que nos da la clave del desarrollo mental del niño. El segundo estadio de Piaget es el de los hábitos motrices primarios, acompañados por las primeras "percepciones organizadas" y "sentimientos diferenciados" primarios. El tercer estadio es el de la "inteligencia sensori-motora" o práctica (que es anterior al habla). Después está la fase de "inteligencia intuitiva" que implica relaciones espontáneas entre individuos, especialmente la sumisión a los adultos; la fase de "operaciones intelectuales concretas" que incluye el desarrollo de la *lógica y sentimientos morales y sociales* (de 7 a 11 o 12 años); y finalmente una fase de *operaciones intelectuales abstractas*, la formación de la personalidad y la integración intelectual y emocional en la sociedad adulta (adolescencia).

El progreso humano está estrechamente vinculado al desarrollo del pensamiento en general, y de la ciencia y la tecnología en particular. La capacidad de pensamiento racional y abstracto no surge tan fácilmente. Incluso hoy en día las mentes de mucha gente se rebelan contra el pensamiento que va más allá del mundo familiar de lo concreto. Esta capacidad aparece bastante tarde en el desarrollo mental del niño. Lo podemos ver en sus dibujos que representan *lo que el niño realmente ve* y no lo que *debería* ver según las leyes de la perspectiva y demás. La lógica, la Ética, la moralidad, todo esto aparece tarde en el desarrollo intelectual del niño. En el primer periodo cada acción,

cada movimiento, cada pensamiento es el producto de la necesidad. La noción de "libre albedrío" no tiene nada que ver con las actividades mentales del niño. El hambre y la fatiga llevan al deseo de comer o dormir, incluso en el niño más pequeño.

La capacidad de pensamiento abstracto, incluso en su nivel más primitivo convierte al sujeto en dueño de los acontecimientos más distantes, tanto en el espacio como en el tiempo. Esto es tan cierto para el niño como lo fue para los primeros humanos. Nuestros primeros antepasados no distinguían claramente entre ellos mismos y otros animales o la naturaleza inanimada. De hecho todavía no habían salido plenamente del reino animal y estaban a merced de las fuerzas de la naturaleza. Parece ser que existen elementos de autoconciencia en los chimpancés, nuestros pariente más cercanos, pero no en los monos. Pero sólo en los humanos el potencial de pensamiento abstracto alcanza su plena expresión. Esto está muy estrechamente vinculado al lenguaje, una de las características fundamentales distintivas del género humano.

El neocórtex, que representa el 80 % del cerebro humano, es la parte responsable de las relaciones de grupo, y está relacionado con el pensamiento en general. Existe una estrecha relación entre vida social, pensamiento y lenguaje. El carácter egocéntrico del recién nacido gradualmente da paso a darse cuenta de que existe un mundo externo, gente y sociedad, con sus propias leyes, exigencias y restricciones. Bastante tarde, entre tres y seis meses según Piaget, empieza la fase de coger cosas, que en un primer momento implica presión y después manipulación. Este es un paso decisivo, que comporta la multiplicación de los poderes del niño y la formación de nuevos hábitos. Después de esto el crecimiento se acelera. Piaget resalta el carácter dialéctico de este proceso:

"El punto de partida es siempre un ciclo reflejo, pero un ciclo cuyo ejercicio, en lugar de repetirse a sí mismo sin más, incorpora nuevos elementos y constituye con ellos totalidades más ampliamente organizadas, gracias a diferenciaciones progresivas". De esta manera el desarrollo del niño no es una línea recta ni un círculo cerrado, sino una espiral, en la que largos periodos de cambio lento son interrumpidos por saltos adelante repentinos, y cada etapa implica un avance cualitativo.

El tercer estadio de Piaget es el de "la inteligencia práctica o sensori-motora propiamente dicha". El carácter exacto y la delimitación de estos "estadios" es debatible pero su sentido general sigue siendo válido. La inteligencia está estrechamente vinculada a la manipulación de objetos. El desarrollo del cerebro está directamente vinculado a la mano. Como Piaget dice: "Pero se trata de una inteligencia exclusivamente práctica, que se aplica a la manipulación de los objetos y que no utiliza, en el lugar de las palabras y los conceptos, más que percepciones y movimientos organizados en 'esquemas de acción'". 65 Podemos ver como la base de todo conocimiento humano es la experiencia, la actividad y la práctica. Las manos especialmente juegan un papel decisivo.

El surgimiento del lenguaje

Antes de que se desarrolle el lenguaje como tal, el niño utiliza todo tipo de señales, contacto visual, gritos y otro lenguaje corporal para exteriorizar sus deseos. De la misma manera esta claro antes que los primeros homínidos pudieran hablar, tenían que haber utilizado otros medios para hacerse señales. Los rudimentos de este tipo de comunicación existen en otros animales, especialmente los primates superiores, pero sólo los humanos pueden hablar. La larga lucha del niño para dominar el habla, con sus complicados modelos y lógica subterráneos, es sinónimo de la adquisición de conciencia. Los primeros humanos tuvieron que haber pasado por un camino similar.

La garganta del niño, como la de los simios y otros mamíferos está construida de tal manera que el pasillo vocal está bajo. De esta manera es capaz de emitir el tipo de gritos que hacen los animales pero no puede articular el lenguaje. La ventaja de esto es que puede gritar y comer al mismo tiempo sin atragantarse. Más adelante, el pasaje vocal se traslada más arriba, reflejando un proceso que en realidad se produjo en el curso de la evolución. Es impensable que el habla humana haya aparecido de golpe y porrazo sin pasar por toda una serie de formas transicionales. Esto tuvo lugar en un proceso de millones de años en el que indudablemente hubo periodos de desarrollo rápido, como vemos en el desarrollo del niño.

¿Puede existir el pensamiento sin el lenguaje? Esto depende de lo que entendamos por "pensamiento". Los *elementos* del pensamiento existen en algunos animales, especialmente los mamíferos superiores, que también poseen algunos medios de comunicarse. Entre los chimpancés el nivel de comunicación es bastante sofisticado. Pero en ninguno de ellos podemos hablar ni de lenguaje ni de pensamiento ni remotamente cercano al nivel humano. Lo superior se desarrolla a partir de lo inferior, y no podría existir sin ello. El habla humana se origina en los sonidos incoherentes del bebé, pero sería absurdo identificar los dos. De la misma manera, es erróneo tratar de demostrar que el lenguaje existió antes que la raza humana.

Lo mismo se aplica al pensamiento. Utilizar un palo para alcanzar un objeto que está fuera de alcance es un acto de inteligencia. Pero esto aparece bastante tarde en el desarrollo del niño, hacia los 18 meses. Esto implica la utilización de una herramienta (un palo) en un movimiento coordinado, para realizar un objetivo previamente establecido. Es una acción deliberada y planificada. Este tipo de actividad la puede ver entre chimpancés e incluso monos. La utilización de objetos que se encuentren a mano, palos, piedras, etc. como adjunto a las actividades de recolección de alimentos está bien documentada. A los 12 meses el niño ha aprendido a experimentar arrojando un objeto en diferentes direcciones para "ver lo que pasa".

Esta es una actividad repetida con una intención, diseñada para obtener resultados. Implica ser consciente de la relación *causa efecto* (si hago esto, pasará eso). Ninguno de estos conocimientos es innato. Se aprende a través de la experiencia. Le lleva al niño 12-18 meses comprender la noción de causa y efecto. ¡Una poderosa pieza de

conocimiento! Les tuvo que llevar millones de años aprender la misma lección a los primeros humanos, que es la auténtica base de todo pensamiento racional y de toda acción con un objetivo. Lo más absurdo del caso es que, en un momento en que nuestro conocimiento de la naturaleza ha alcanzado un grado tan alto, algunos científicos y filósofos nos quieren hacer volver atrás a lo que realmente es un estadio primitivo e infantil, negando la existencia de la causalidad.

En los primeros dos años de vida se produce una revolución intelectual, en la que se forman las nociones de espacio, causalidad y tiempo, no como Kant imaginaba, del aire, sino como resultado directo de la práctica y la experiencia del mundo físico. Todo el conocimiento humano, todas las categorías del pensamiento, incluyendo las más abstractas se derivan de esto. Esta concepción materialista está claramente demostrada por el desarrollo del niño. En un primer momento el niño no distingue entre la realidad y sí mismo. Pero llegado a cierto punto se da cuenta de que lo que ve es algo que sucede fuera de él, algo que seguirá existiendo aún cuando ya no lo vea. Esta es la gran "revolución copernicana" del intelecto. Aquellos filósofos que aseguran que el mundo material no existe, o que no se puede demostrar su existencia están expresando, en el sentido literal de la palabra, una idea *infantil*.

El niño que llora cuando su madre se va de la habitación expresa una comprensión de que ella no ha desaparecido simplemente porque ya no está dentro de su campo de visión. Lloro con la certeza de que esa acción hará que vuelva. Hasta el primer año de vida el niño cree que lo que está fuera de su vista de hecho ha dejado de existir. Al final del segundo año ya puede reconocer causa y efecto. De la misma manera que no existe una muralla china que separe el pensamiento de la acción, no hay una línea divisoria absoluta entre la vida intelectual del niño y su desarrollo emocional. Los sentimientos y pensamientos son de hecho indivisibles. Constituyen los dos aspectos complementarios del comportamiento humano. Todo el mundo sabe que no se logra una gran empresa sin un elemento de voluntad. Pero en un estadio inicial el desarrollo intelectual del niño está indisolublemente ligado a la actividad. En la medida en que surge el comportamiento inteligente, los estados emocionales de la mente se asocian a acciones, alegría o tristeza, vinculadas al Éxito o fracaso de acciones intencionadas.

El surgimiento del lenguaje representa una modificación profunda en el comportamiento y experiencia del individuo, tanto desde el punto de vista intelectual como emocional. Es un salto cualitativo. La posesión del lenguaje crea, citando a Piaget "la capacidad de reconstruir sus acciones pasadas en forma de narración y anticipar sus acciones futuras a través de representaciones verbales". Con el lenguaje, el pasado y el futuro se hacen reales para nosotros. Podemos elevarnos por encima de las restricciones del presente y planificar, predecir e intervenir según un plan consciente.

El lenguaje es el producto de la vida social. La actividad social humana es inconcebible sin el lenguaje. Tiene que haber estado presente de una forma u otra en las primeras sociedades humanas auténticas. El pensamiento mismo es una especie de "lenguaje interno". Con el lenguaje surge la posibilidad de comunicaciones sociales humanas reales, la creación de una cultura y una tradición que se puede aprender y transmitir oralmente, y más tarde por escrito, en contraposición a la simple imitación. También hace posible las auténticas relaciones humanas en las que se pueden expresar los sentimientos de antipatía, simpatía, amor y respeto de una manera más coherente y desarrollada. Estos elementos están presentes de una forma embrionaria en los primeros seis meses en forma de imitación. Las primeras palabras que se pronuncian son generalmente sustantivos aislados. Después el niño aprende a unir dos palabras. Los sustantivos se van conectando con verbos y adjetivos. Finalmente el dominio de la sintaxis y la gramática que están vinculadas a modelos de pensamiento extremadamente complicados. Este es un enorme paso a delante cualitativo para cada individuo lo mismo que lo fue para la especie.

Se puede decir que los niños muy pequeños tienen un lenguaje "privado" que no es un lenguaje en el auténtico sentido de la palabra, sino sólo sonidos que representan experimentos e intentos de imitar el habla adulta. El habla articulada se desarrolla a partir de estos sonidos, pero no hay que confundir los unos con la otra. El lenguaje por su propia naturaleza no es privado, sino social. Es inseparable de la vida social y la actividad colectiva, empezando por la cooperación en la producción que se encuentra en la base de toda forma de vida social desde los tiempos más remotos. El lenguaje representa un enorme paso adelante. Una vez que este proceso empezó tuvo que acelerar enormemente el desarrollo de la conciencia. Esto también se puede ver en el desarrollo del niño.

El lenguaje representa los inicios de la socialización de la actividad humana. Antes de eso, los primeros prehumanos se comunicaban por otros medios: gritos, lenguaje corporal y otros gestos. De hecho continúan haciéndolo, especialmente en momentos de gran tensión o emoción. Pero las limitaciones de este tipo de "lenguaje" son evidentes por sí mismas. Es totalmente incapaz de referirse más que a situaciones inmediatas. El nivel de complejidad y pensamiento abstracto necesario para la sociedad humana más primitiva basada en la producción cooperativa no se puede expresar con esos medios. Sólo a través del lenguaje es posible escapar del presente inmediato, recordar el pasado y prever el futuro. Sólo a través del lenguaje es posible establecer una forma de comunicación auténticamente humana con los demás, compartir la "vida interna" de cada uno. Así que los ingleses se refieren a "animales mudos" en oposición a los humanos que son los únicos animales que poseen el habla.

Socialización del pensamiento

A través del lenguaje el niño se inicia en la riqueza de la cultura humana. Mientras que en otros animales el factor de la herencia genética es predominante, en la sociedad humana el factor cultural es decisivo. El niño humano tiene que pasar por un largo periodo de "aprendizaje" en el que está totalmente subordinado a los adultos, especialmente sus padres, que principalmente a través del lenguaje le inician en los misterios de la vida, la sociedad y el mundo. El niño se enfrenta a un modelo acabado a copiar e imitar. Más adelante esto se amplía para incluir otros adultos y niños,

especialmente a través del juego. El proceso de socialización no es fácil ni automático, pero es la base de todo el desarrollo moral e intelectual. Todos los padres se habrán dado cuenta de como los niños pequeños son capaces de encerrarse en su propio mundo y mantener felizmente una "conversación" consigo mismos durante largos periodos, al mismo tiempo que juegan en solitario. El desarrollo del niño esta íntimamente vinculado al proceso de romper con este estado inicial de egocentrismo, y relacionarse con los demás y con la realidad externa en general.

En el esquema inicial de Piaget, el período de dos a siete años marca la transición de la fase simplemente "práctica" ("sensorimotriz") de la inteligencia al pensamiento propiamente dicho. Este proceso se caracteriza por todo tipo de formas transicionales entre los dos. Se revela por ejemplo en el juego. De los siete a los doce años aparecen los juegos con reglas, que implican objetivos comunes, en contraposición a jugar con muñecas, por ejemplo, lo que es altamente individual. La lógica de la primera infancia se puede describir como *intuición*, que sigue estando presente en los adultos pero a un nivel mucho menor lo que Engels denomina pensamiento "inmediato". En un estadio posterior, bien conocido por los padres los niños empiezan a preguntar *¿porqué?* Esta curiosidad ingenua es el inicio del pensamiento racional el niño ya no quiere tomar las cosas tal y como son sino que intenta darles una explicación racional. Se da cuenta del hecho de que todas las cosas tienen una causa, e intenta comprender en qué consiste. No está satisfecho con el simple hecho de que "B" sucede *después de* "A". Quiere saber porqué ha sucedido. También aquí, el niño de entre tres y siete años demuestra ser más sabio que algunos de los filósofos modernos.

La intuición, que siempre ha ido unida a una cierta aura poética y mágica, es de hecho, la forma más inferior de pensamiento, característica de los niños muy pequeños y de la gente con un bajo nivel cultural. Consiste en impresiones inmediatas de los sentidos que nos hacen reaccionar "espontáneamente", es decir, sin pensarlo, en una circunstancia concreta. Los rigores de la lógica y del pensamiento consistente no entran en juego. Este tipo de intuiciones en algunos casos pueden tener un Éxito espectacular. En estos casos el carácter aparentemente espontáneo de estas inspiraciones nos dan la ilusión de algo misterioso que viene "de dentro" y de inspiración divina. De hecho la intuición no viene de las oscuras profundidades del alma sino de la *interiorización de la experiencia*, que no se obtiene de una manera científica sino en formas de imágenes.

Una persona con una considerable experiencia de la vida a menudo puede llegar a conclusiones precisas en una situación complicada en base a muy poca información. De maneja similar un cazador tiene casi un "sexto sentido" sobre los animales que está persiguiendo. En el caso de mentes realmente grandes, se considera que los momentos de inspiración representan una calidad de genio. En todos estos casos lo que parece ser una idea espontánea es de hecho la esencia destilada de años de experiencia y reflexión. Sin embargo mucho más a menudo la intuición nos lleva a una forma de pensamiento altamente insatisfactoria, superficial y distorsionada. En el caso de los niños, la "intuición" marca la fase inmadura y primitiva del pensamiento, antes de ser capaz de razonar, definir y juzgar. Es tan inadecuada que normalmente los adultos que hace tiempo que dejaron atrás esa fase, la consideran cómica. Ni que decir tiene que en todos estos casos no hay nada místico.

En los primeros estadios de la vida el niño no distingue entre sí mismo y su entorno físico. Sólo gradualmente, como hemos visto, el niño empieza a distinguir entre el sujeto ("yo") y el objeto (el mundo material). Empieza a comprender la relación real entre su entorno y Él mismo en la práctica, mediante la manipulación de objetos y otras operaciones físicas. Se rompe la unidad primitiva y surge una multiplicidad de visiones, sonidos y objetos confusos. Sólo más adelante el niño empieza a entender las conexiones entre las cosas. Algunos experimentos han demostrado que el niño está más avanzado en sus actos que en sus palabras.

No hay nada parecido a "actos puramente intelectuales". Esto es especialmente claro en el caso de los niños pequeños. Generalmente se contraponen la *cabeza* al *corazón*. También esta es una oposición falsa. Las emociones juegan un papel en la solución de problemas intelectuales. Los científicos se emocionan si consiguen resolver las más abstrusas ecuaciones. Diferentes escuelas de pensamiento chocan acaloradamente sobre problemas de filosofía, arte, etc. Por otro lado no existen actos puros de afecto. El amor, por ejemplo, presupone un alto nivel de comprensión entre dos personas. Tanto el intelecto como las emociones juegan un papel. El uno presupone las otras y viceversa, e intervienen y se condicionan mutuamente, en mayor o menor grado.

En la medida en que avanza y se desarrolla el nivel de socialización, el niño se hace más consciente de la necesidad de lo que Piaget llamó "sentimientos inter-personales", las relaciones emocionales entre la gente. Aquí vemos un vínculo social que implica elementos contradictorios de repulsión y atracción. El niño aprende esto en primer lugar en relación con sus padres y su familia, y después forma vínculos estrechos con grupos sociales más amplios. Se desarrollan sentimientos de simpatía y antipatía, vinculados a la socialización de las acciones, y aparecen los sentimientos morales, bueno y malo, correcto e incorrecto, que significan mucho más que "me gusta" o "no me gusta". No son criterios subjetivos sino objetivos, derivados de la sociedad.

Estos poderosos vínculos son una parte importante de la evolución de la sociedad humana que desde su inicio se basó en la producción social cooperativa y la dependencia mutua. Sin esto la humanidad nunca se hubiera elevado del reino animal. La moralidad y la tradición se aprenden a través del lenguaje y se transmiten de generación en generación. Comparado con esto, el factor de la herencia biológica es bastante secundario aunque sigue siendo la materia prima con la que se construye la humanidad.

Con el inicio de la escolarización propiamente dicha, más o menos a los siete años, el niño empieza a desarrollar un fuerte sentido de la socialización y la cooperación. Esto se puede ver en los juegos con reglas, incluso un juego de canicas requiere un conocimiento y aceptación de reglas bastante complicadas. Al igual que las reglas Éticas y las

leyes de la sociedad, tienen que ser aceptadas por todos para que sean viables. Un conocimiento de las reglas y de cómo aplicarlas va de la mano con la comprensión de algo tan complicado como la estructura gramatical y sintáctica del lenguaje.

Piaget hace la importante observación que "todo el comportamiento humano es al mismo tiempo social e individual". Aquí vemos un claro ejemplo de la unidad y lucha de contrarios. Es totalmente falso contraponer el pensar al ser, o el individuo a la sociedad. Son inseparables. En la relación entre *sujeto* y *objeto*, entre individuo y entorno (sociedad) el factor que hace de mediador es *la actividad humana práctica* (el trabajo). La comunicación del pensamiento es el lenguaje (reflexión exteriorizada). Por otra parte, el pensamiento en sí mismo es comunicación social interiorizada. A los siete años de edad, el niño empieza a comprender la lógica, que consiste precisamente en un sistema de relaciones, que permite coordinar los puntos de vista.

En un pasaje brillante Piaget compara este estadio con el primer estadio del desarrollo de la filosofía griega, cuando los materialista jónicos se separaron de la mitología, para poder llegar a una comprensión racional del mundo:

"Es sorprendente observar que entre las primeras (nuevas formas de explicación del universo) que aparecen, hay algunas que presentan un notable parecido con aquellas dadas por los griegos precisamente en la Época de declive de las explicaciones mitológicas propiamente dichas".

Aquí podemos ver como las formas del pensamiento de cada niño individual en su desarrollo inicial nos permite trazar un paralelismo con el desarrollo del pensamiento humano en general. En los primeros estadios hay paralelos con el *animismo* primitivo, donde el niño piensa que el sol brilla porque nació. Más adelante el niño se imagina que las nubes vienen del humo o del aire; las piedras están hechas de tierra, etc. Esto recuerda los intentos primitivos de explicar la naturaleza de la materia en términos de agua, aire y demás. La enorme importancia de esto es que era un intento ingenuo de explicar el universo en términos científicos materialistas más que en términos religiosos o mágicos. El niño de siete años empieza a comprender la naturaleza del tiempo, el espacio, la velocidad, etc. Sin embargo esto lleva su tiempo. Al contrario de la teoría de Kant de que las nociones de tiempo y espacio son innatas, el niño no puede entender este tipo de ideas abstractas hasta que están demostradas experimentalmente. *De esta manera se demuestra la falsedad del idealismo mediante el estudio de los procesos que se desarrollan en el pensamiento humano.*

14. Marxismo y Darwinismo

El gradualismo de Darwin

"A veces se dice que el punto de vista de la dialéctica es idéntico al de la evolución. No hay duda que estos dos métodos tienen puntos en común. Sin embargo entre ellos hay una diferencia profunda e importante que, hay que decir, está lejos de ser favorable a las enseñanzas de la evolución. Los evolucionistas modernos han introducido una dosis considerable de conservadurismo en sus enseñanzas. Quieren demostrar que no hay saltos ni en la naturaleza ni en la historia. La dialéctica, por otra parte, es consciente que tanto en la naturaleza como en la historia los saltos son *inevitables*. Pero no pasa por alto el hecho innegable que en todas las fases del cambio existe el mismo *proceso ininterrumpido*. Sólo intentar dejar claras por sí misma la serie de condiciones en las que el cambio gradual lleva necesariamente a un salto" 66 (Plejanov)

Darwin consideraba la evolución como un proceso gradual de pasos ordenados que se producía a una velocidad constante. Se adhería a la máxima de Linnaeus: "La naturaleza no da saltos". Esta concepción se reflejaba en todos los aspectos del mundo científico, notablemente uno de los discípulos de Darwin, fue Charles Lyell, el apóstol del gradualismo en el terreno geológico. Darwin estaba tan comprometido con el gradualismo que baso en Él toda su teoría. "El registro fósil es extremadamente imperfecto", dijo Darwin, "y este hecho explica en gran medida que no encontremos interminables variedades, vinculando y uniendo todas las formas de vida existentes y extinguidas en escalones graduales. El que rechace esta visión del carácter del registro fósil estará rechazando toda mi teoría". Este gradualismo darwinista estaba enraizado en los puntos de vista filosóficos de la sociedad victoriana. Todos los saltos, cambios abruptos y transformaciones revolucionarias quedaban eliminadas de esta 'evolución'. Esta visión antidialéctica ha dominado la mayoría de las ciencias hasta el día de hoy. "Un prejuicio profundamente enraizado en el pensamiento occidental nos predispone a buscar continuidad y cambio gradual", dice Gould.

Sin embargo estos enfoques también han provocado una acalorada polémica. El registro fósil actual está lleno de saltos. Revela tendencias a largo plazo, pero también son muy desiguales. Darwin pensaba que estas desigualdades se debían a lagunas en el registro. Una vez que se descubriesen las piezas perdidas, se revelaría una evolución gradual y suave del mundo natural. Los paleontólogos Niles Eldredge y Stephen Jay Gould en contra el enfoque gradualista, han planteado una teoría de la evolución llamada del equilibrio puntuado, sugiriendo que el registro fósil no es tan incompleto como se pensaba. Los saltos podrían reflejar lo que realmente sucedió. La evolución funciona con saltos, puntuados por largos periodos de desarrollo gradual y estacionario.

"La historia de la vida no es un continuo de desarrollo, sino un registro puntuado por episodios breves, a veces geológicamente instantáneos de extinciones masivas y subsiguiente diversificación", dice Gould. Más que en una transición gradual, "los animales multicelulares modernos aparecen por primera vez de forma clara en el registro fósil hace unos 570 millones de años y con una explosión, no en un crescendo prolongado. Esta 'explosión cámbrica'

marca el surgimiento (por lo menos en evidencia directa) de prácticamente todos los grupos más importantes de animales modernos y todo en el minúsculo espacio de tiempo, geológicamente hablando, de unos pocos millones de años" 67

Gould también insiste en el hecho de que las fronteras del tiempo geológico coinciden con los puntos de inflexión en la evolución de la vida. Esta concepción de la evolución se acerca mucho al punto de vista marxista. La evolución no es un movimiento gradual y suave de lo inferior a lo superior. La evolución se produce a través de revoluciones y transformaciones. Hace más de un siglo el marxista George Plejanov polemizó con la concepción gradual de la evolución:

"La filosofía idealista alemana", resaltó, "se revolvió decisivamente contra tal concepción contrahecha de la evolución. Hegel la ridiculizó mordazmente, y demostró irrefutablemente que tanto en la naturaleza como en la sociedad humana los saltos constituían un estadio tan esencial de la evolución como los cambios cuantitativos graduales. 'Cambios en el ser', dice, 'consisten no sólo en el hecho que una cantidad se convierte en otra cantidad, sino también que la cantidad se convierte en calidad, y viceversa. Cada transición de este último tipo representa una *interrupción en la gradualidad*, y da al fenómeno un nuevo aspecto, cualitativamente distinto del anterior". 68

"Evolución" y "revolución" son dos caras de la misma moneda. Al rechazar el gradualismo, Gould y Eldredge han buscado una explicación alternativa de la evolución y han sido influenciados por el materialismo dialéctico. La comunicación de Gould sobre el "Equilibrio puntuado" traza paralelismos con la concepción materialista de la historia. La teoría de la selección natural es una buena explicación de cómo las especies mejoraron la forma en que hacían lo que ya hacían, pero es insatisfactoria a la hora de explicar la formación de nuevas especies. El registro fósil muestra seis importantes extinciones masivas que tuvieron lugar al principio y al final del periodo Cámbrico (hace 600 y 500 millones de años respectivamente), y al final del Devónico (hace 345 millones de años), del Pérmico (225 millones), el Triásico (180 millones) y el Cretáceo (63 millones). Para explicar este fenómeno se necesita un método totalmente nuevo.

La evolución de una nueva especie viene dada por la evolución de la composición genética que permite a miembros de la nueva especie reproducirse entre sí, pero no con miembros de otras especies. Las nuevas especies surgen de la ramificación de la cepa original. Así es, tal y como explicó Darwin, como unas especies descienden de las otras. El árbol de la vida demuestra que se pueden rastrear varias especies hasta encontrar un antepasado común. Los chimpancés y los humanos son especies diferentes, pero tienen un antecesor común extinguido. El cambio de una especie a otra se da de forma rápida entre dos especies estables. Esta transformación no se da en una o dos generaciones, sino posiblemente durante cientos de miles de años. Como comenta Gould: "Esto puede parecer un largo periodo de tiempo con punto de referencia de nuestras vidas, pero es un instante geológico. Si las especies surgen en cientos o miles de años y entonces persisten, en gran medida inmutables, durante millones de años, el periodo de su origen es una fracción minúscula de un uno por ciento de su duración total".

La clave de este cambio reside en la separación geográfica, dónde una pequeña población se ha quedado aislada de la población principal en su periferia. Esta forma de especiación, llamada *alopátrica*, permite que se de una rápida evolución. Tan pronto como una especie ancestral se separa, la interreproducción se detiene. Cualquier cambio genético se produce por separado. Sin embargo, en la población más reducida las variaciones genéticas se pueden extender muy rápidamente en comparación con el grupo ancestral. Esto se puede producir por selección natural provocada por cambios en los factores climáticos o geográficos. En la medida en que dos poblaciones se separan llega un punto en que se forman dos nuevas especies. Los cambios cuantitativos dan paso a una transformación cualitativa. Si se vuelven a encontrar en el futuro serán tan divergentes genéticamente que no podrán reproducirse, o su descendencia será estéril o enfermiza. En un momento dado se puede dar el caso de que especies con el mismo modo de vida se vean obligadas a competir, llevando posiblemente a la desaparición de la menos adaptada.

Como Engels comentó: "Los procesos orgánicos de desarrollo, tanto del individuo como de la especie, por diferenciación, prueba más notable de la dialéctica racional". Y de nuevo: "Cuanto más se desarrolla la fisiología, más importante para ella se vuelven estos cambios incesantes, infinitamente pequeños, y en consecuencia, más importante también la consideración de la diferencia *dentro* de la identidad, y el viejo punto de vista abstracto de la identidad formal, de que un ser orgánico debe ser tratado como algo sencillamente idéntico a sí, como algo constante, queda fuera de moda". Engels entonces concluye: "Si *allí* sobreviven los individuos que se han adaptado, y se desarrollan para convertirse en una nueva especie, por una adaptación en continuo aumento, en tanto que los otros individuos más estables mueren y por último se extinguen, y con ellos las etapas intermedias e imperfectas, entonces ello puede y debe ocurrir *sin maltusianismo*, y si este último existe, no provoca cambio alguno en el proceso, y cuando mucho puede acelerarlo". 69

Gould plantea correctamente que el equilibrio puntuado no está en contradicción con el principio fundamental del darwinismo, la selección natural, sino que al contrario lo enriquece y lo refuerza. Richard Dawkins en su libro *The Blind Watchmaker* (El relojero ciego), intenta menospreciar el reconocimiento que hacen Gould y Eldredge del cambio dialéctico en la naturaleza. *f*l ve poca diferencia entre el "auténtico" gradualismo darwinista y el "equilibrio puntuado". Llega a la conclusión de que: "La teoría del equilibrio puntuado es una teoría gradualista, aunque hace Énfasis en largos periodos de intermedios estáticos entre explosiones relativamente cortas de evolución gradual. Gould se ha llevado a engaño a sí mismo por su propio énfasis retórico" Para acabar afirmando, "en realidad todos son 'gradualistas'".

Dawkins critica a los defensores del equilibrio puntuado por atacar y mal interpretar Darwin. Afirma que tenemos que ver el gradualismo de Darwin dentro de su contexto, como un ataque al creacionismo. "Los puntuacionistas, por lo tanto, son realmente tan gradualistas como Darwin o cualquier otro darwiniano; sólo que ellos insertan largos periodos estáticos entre arranques repentinos de evolución gradual". Pero esta no es una diferencia secundaria, es el meollo de la cuestión. Criticar las debilidades de Darwin no significa infravalorar su contribución única, sino sintetizarla con una comprensión del cambio real. Sólo entonces se puede completar la contribución histórica de Darwin como explicación de la evolución natural. Como Gould dice correctamente: "la teoría moderna de la evolución no necesita el cambio gradual. De hecho, el funcionamiento de los procesos darwinianos tiene que encajar con lo que observamos en el registro fósil. Lo que debemos rechazar es el gradualismo, no el darwinismo". 70

¿Falta de progreso?

La verdad fundamental del argumento de Gould es indudablemente cierta. Lo que es más problemático es su idea de que la evolución no sigue un camino inherentemente progresista:

"La diversidad cada vez mayor y las múltiples transiciones parecen reflejar una progresión determinada e inexorable hacia cosas superiores", dice Gould. "Pero el registro paleontológico no apoya una interpretación de este tipo. No ha existido un progreso constante en el desarrollo superior del diseño orgánico. Durante entre los dos primeros tercios y cinco sextas partes de la historia de la vida, la tierra fue habitada únicamente por moneranos, y no detectamos ningún progreso constante de procariotas 'inferiores' a 'superiores'. De igual manera, no ha habido ningún añadido a los diseños básicos desde que la explosión llenó nuestra biosfera (aunque se podría plantear que ha habido una mejora limitada *dentro* de unos pocos diseños, vertebrados y plantas vasculares, por ejemplo)". 71

Gould plantea, especialmente en su libro *Wonderful Life* (La vida maravillosa), que el número de filos (estructuras corporales básicas animales) era mayor poco después de la "explosión cámbrica" que hoy en día. Plantea que no ha aumentado la diversidad y que no hay tendencias a largo plazo en la evolución, y que la evolución de la vida inteligente es accidental.

En este punto nos parece que la crítica que hace Eric Lerner de Gould es correcta:

"No solamente existe una gran diferencia entre las contingencias que provocan la evolución de una especie en concreto y una tendencia a largo plazo en la evolución, como hacia una mayor adaptabilidad o inteligencia, sino que la tesis de Gould se basa en hechos que son un ejemplo justamente de esa tendencia!" dice Lerner. "A lo largo del tiempo, la evolución ha tendido a concentrarse más y más en modos específicos de desarrollo. Casi todos los elementos químicos ya existían hace diez mil millones de años o más. Los tipos de compuestos vitales para la vida ADN, ARN, proteínas y demás estaban todos presentes sobre la tierra hace unos cuatro mil millones de años. Los principales reinos de la vida animales, plantas, hongos, y bacterias han existido durante dos mil millones de años; en ese tiempo no han aparecido nuevos. Como demuestra Gould, los principales filos han existido durante seiscientos millones de años, y los órdenes principales (una agrupación inferior) durante unos cuatrocientos millones de años.

"En la medida en que la evolución se ha acelerado, se ha hecho más y más específica, y la tierra se ha transformado por la evolución social de una sola especie, la nuestra. Esta es exactamente la tendencia a largo plazo que Gould, a pesar de su contribución importante a la teoría evolutiva, está ideológicamente empeñado a ignorar. Y sin embargo existe, al igual que la tendencia hacia la inteligencia". 72

El hecho de que la evolución haya provocado una mayor complejidad, de organismos inferiores a superiores, conduciendo, hasta el momento, a seres humanos con cerebros grandes capaces de realizar las tareas más complejas, es una prueba de su carácter progresista. Esto no quiere decir que la evolución tenga lugar en una línea recta ascendente, como Gould explica correctamente; hay rupturas, retrogresiones y pausas dentro del progreso general de la evolución. Aunque la selección natural se produce en respuesta a cambios medio ambientales (incluso de carácter local), sin embargo ha llevado a una mayor complejidad de formas de vida. Ciertas especies se han adaptado a su medio ambiente y han existido en esta forma durante millones de años. Otras especies se han extinguido al perder la competencia evolutiva con otros modelos más avanzados. Esta es la evidencia de la evolución de la vida en los últimos 3.500 millones de años.

La razón por la que Gould rechaza con tanto Énfasis la noción de progreso en la evolución tiene más que ver con razones sociales y políticas que estrictamente científicas. ¿I sabe que la idea de progreso evolutivo y de las "especies superiores" ha sido utilizada sistemáticamente en el pasado para justificar el imperialismo y el racismo, la supuesta superioridad del hombre blanco se suponía que daba derecho a las naciones europeas a tomar la tierra y las riquezas de "razas inferiores al margen de la ley" en África y Asia. Incluso en los años 40 respetables hombres de ciencia seguían publicando "árboles evolutivos" en los que se mostraba al hombre blanco en la cima, con los negros y otras "razas" en ramas separadas e inferiores, un poco más arriba de los chimpancés y gorilas. Cuando se le pregunta sobre si rechaza la noción de progreso en la evolución como "nociva" Gould responde:

"'El progreso no es intrínseca y lógicamente nocivo', replicó. 'Es nocivo en el contexto de las tradiciones culturales occidentales'. 'Con raíces que se remontan al siglo XVII, el progreso como una Ética social central llegó a su punto culminante en el siglo XIX, con la revolución industrial y el expansionismo victoriano', explicó Steve. Los temores de autodestrucción de las últimas décadas, ya sea militar o por la polución, han apagado el optimismo eterno de las eras victoriana y eduardina. Sin embargo, la asumida marcha inexorable del descubrimiento científico y el crecimiento económico continua impulsando la idea de que el progreso es una parte positiva y natural de la historia. 'El progreso

ha sido una doctrina dominante en la interpretación de secuencias históricas', continuó Steve, 'y en la medida en que la evolución es la mayor historia de todas, inmediatamente se le transfirió la noción de progreso. Ya conocéis las consecuencias que tuvo esto". 73

Se puede simpatizar con la reacción de Gould ante esa basura ignorante y reaccionaria. También es cierto que el "progreso" ideal puede no ser tan ideal desde un punto de vista estrictamente científico cuando se aplica a la evolución. Siempre existe el riesgo de que se pueda deducir un punto de vista *teleológico*, es decir, la concepción de la naturaleza actuando de acuerdo a un plan preestablecido, elaborado por el Creador. Sin embargo, como sucede muchas veces, la reacción ante esto ha ido demasiado hacia el lado opuesto. Si la palabra progreso no es la más adecuada la podemos sustituir por ejemplo por *complejidad*. ¿Se puede negar que ha habido un desarrollo real en los organismos vivos desde los primeros animales unicelulares hasta ahora?

No hay ninguna necesidad de volver a la imagen del Hombre como punto culminante de la evolución, para aceptar que los últimos 3.500 millones de años no han significado solamente cambio, sino un desarrollo real, pasando de sistemas vivientes simples a otros más complejos. El registro fósil es un testigo claro de este proceso. Por ejemplo el aumento dramático en el tamaño promedio del cerebro con la evolución de los mamíferos a partir de los reptiles hace aproximadamente 230 millones de años. Así mismo, hubo un salto cualitativo en el tamaño del cerebro con el surgimiento de los humanos, y esto, a su vez, no se produjo en un proceso suave y cuantitativo, sino en una serie de saltos, con puntos de inflexión decisivos representados por el *Homo habilis*, *Homo erectus*, *Homo neanderthalis*, y finalmente *Homo sapiens*..

No hay motivo para suponer que la evolución ha alcanzado sus límites, o que los seres humanos no pueden experimentar un desarrollo mayor. El proceso de la evolución continuará, aunque no necesariamente de la misma manera que en el pasado. Cambios profundos en el entorno social, incluyendo la ingeniería genética, pueden modificar el proceso de la selección natural, dando a los seres humanos por primera vez la posibilidad de determinar su propia evolución, por lo menos hasta cierto punto. Esto abriría la posibilidad de un capítulo totalmente nuevo en el desarrollo humano, especialmente en una sociedad dirigida por las decisiones libres y conscientes de hombres y mujeres, y no por las fuerzas ciegas del mercado y la lucha animal por la supervivencia.

Marxismo y darwinismo

"El tipo de valores defendidos por la doctrina marxista es diametralmente opuesto a los que surgen de un punto de vista científico en los términos actuales" (Roger Sperry, premio Nóbel de Medicina 1981)

"La Iglesia toma posición contra las incursiones del caos y los dioses del siglo XX del Progreso y un punto de vista materialista del mundo, El Génesis entonces suena tan cierto como siempre, tanto si se sigue una explicación evolutiva de los orígenes biológicos como si no". (Blackmore y Page, *Evolution: the Great Debate*)

El marxismo siempre ha considerado la evolución como una cuestión fundamental. Utilizando el método del materialismo dialéctico, Marx y Engels fueron capaces de descubrir las leyes que gobiernan la historia y el desarrollo de la sociedad en general. Utilizando inconscientemente el mismo método, Charles Darwin fue capaz de sacar a la luz las leyes de la evolución de plantas y animales. "Charles Darwin aplicó una filosofía consistentemente materialista a su interpretación de la naturaleza", dice el paleontólogo Stephen Jay Gould. "La materia es la base de toda existencia; mente, espíritu, y también Dios, son sólo palabras que expresan los resultados maravillosos de la complejidad neuronal".

La teoría de la evolución de Charles Darwin revolucionó nuestra manera de ver el mundo natural. Antes de Él, el punto de vista predominante entre los científicos era que las especies eran inmutables, habiendo sido creadas por Dios para funciones específicas en la naturaleza. Algunos aceptaban la idea de la evolución, pero de una manera mística, dirigida por fuerzas vitales que dejaban sitio a la intervención decisiva del Ser Supremo. Darwin rompió con esta visión idealista. Por primera vez, aunque no exclusivamente, a través de un proceso de selección natural, la evolución proporcionó una explicación de cómo las especies habían cambiado a través de miles de millones de años, de las formas de vida de organismos unicelulares a las formas más complejas de vida animal, incluyéndonos a nosotros. La contribución revolucionaria de Darwin fue la descubrir el mecanismo que provoca ese cambio, dando a la evolución una sólida base científica.

Se puede trazar una analogía con el papel jugado por Marx y Engels en el campo de las ciencias sociales. Mucho antes que ellos, otros habían reconocido la existencia de la lucha de clases. Pero hasta que Marx analizó la teoría del valor del trabajo y el desarrollo del materialismo dialéctico, no fue posible dar una explicación científica a este fenómeno. Marx y Engels apoyaron con entusiasmo la teoría de Darwin ya que confirmaba sus ideas aplicadas a la naturaleza. En enero de 1861, Marx escribió a Lassalle: "El libro de Darwin es muy importante y me sirve de base en ciencias naturales para la lucha de clases en la historia. Desde luego que uno tiene que aguantar el crudo método inglés de desarrollo. A pesar de todas las deficiencias, no sólo se da aquí por primera vez el golpe de gracia a la 'teología' en las ciencias naturales, sino que también se explica empíricamente su significado racional".

El origen de las especies de Darwin fue publicado en 1859, el mismo año en que Marx publicó su *Introducción a la Crítica de la Economía Política*, que dio una forma acabada a la concepción materialista de la historia. Darwin había estado trabajando en la teoría de la selección natural más de veinte años antes, pero no publicó sus conclusiones por miedo a la reacción a sus ideas materialistas. Incluso entonces solamente se refirió a los orígenes humanos con la frase "se hará la luz sobre el origen del hombre y su historia". Sólo cuando ya no se podía esconder por más tiempo publicó *The Descent of Man* en 1871. Sus ideas eran tan inquietantes que fue reprendido por haberlo

publicado "en un momento en que el cielo de París estaba rojo por las llamas incendiarias de la Comuna". Aunque había rechazado claramente el creacionismo, evitó cuidadosamente cualquier referencia a la religión. En 1880 escribió: "Me parece (correcta o incorrectamente) que los argumentos directos en contra del cristianismo o del teísmo no han tenido prácticamente ningún efecto en el público; y que se promoverá mejor la libertad de pensamiento con el aumento gradual de la comprensión humana que acompaña al desarrollo de la ciencia. Por lo tanto siempre he evitado escribir sobre la religión y me he limitado a la ciencia".

La concepción materialista de la naturaleza de Darwin representó una ruptura revolucionaria al dar una base científica a la evolución. Sin embargo Marx no aceptaba a Darwin de una forma simplemente acrítica. En concreto criticó su "crudo método inglés" y demostró como las deficiencias de Darwin se basaban en las influencias de Adam Smith y Malthus. A falta de un punto de vista filosófico definido, Darwin inevitablemente cayó bajo la influencia de la ideología predominante en ese momento. Las capas medias de la Inglaterra victoriana se enorgullecían de ser hombres y mujeres prácticos, con un don para hacer dinero y "tener Éxito en la vida". La "supervivencia de los más fuertes", como descripción de la selección natural, no fue utilizada por Darwin por primera vez, sino por Herbert Spencer en 1864. Darwin no estaba preocupado por el progreso en el sentido de Spencer, progreso humano basado en la eliminación de los más "débiles" y era reactio a adoptar su frase. Es más, la frase "lucha por la existencia" fue utilizada por Darwin como una metáfora, pero distorsionada por los conservadores, que utilizaron las teorías de Darwin para sus propios objetivos. Para los darwinistas sociales los latiguillos populares de la "supervivencia de los más fuertes" y la "lucha por la supervivencia" aplicadas a la sociedad sugerían que la naturaleza se aseguraría que los mejores competidores en una situación competitiva ganarían, y que este proceso llevaría a una mejora continua. De esto se deducía que todo intento de reforma social era un esfuerzo para poner remedio a lo irremediable, y que, en la medida en que interferían en la voluntad de la naturaleza, sólo podían llevar a la degeneración. Como dice Dobzhansky:

"Puesto que la naturaleza está 'ensangrentada de colmillos y garras', sería un grave error dejar que nuestros sentimientos interfieran con las intenciones de la Naturaleza, ayudando a los pobres, a los débiles, y a los enfermos hasta el punto en que Éstos estuviesen tan cómodos como los ricos, los fuertes, y los vigorosos. En última instancia, sería mucho más beneficioso respetar la dominación de la Naturaleza. 'A todos los niveles de la Naturaleza observamos el funcionamiento de una severa disciplina, cuya insignificante crueldad, es la precondition para su amplia bondad', escribe Herbert Spencer". 74

Darwin y Malthus

"La población, cuando no se le ponen controles, aumenta de manera geométrica. La subsistencia sólo se incrementa en una ratio aritmética". (Thomas Robert Malthus, *The Principle of Population*)

La teoría económica del *laissez faire* de Adam Smith pudo haber dado a Darwin una visión de la selección natural, pero como Engels planteó: "Darwin no sabía qué amarga sátira escribía sobre la humanidad, y en especial sobre sus compatriotas, cuando mostró que la libre competencia, la lucha por la existencia, que los economistas celebran como la máxima conquista histórica, es el estado normal del *reino animal*". 75 Darwin se inspiraba en el *Ensayo sobre Población* de Malthus publicado en 1798. Esta teoría intenta demostrar que la población crece geométricamente y los recursos alimenticios sólo lo hacen aritméticamente, a no ser que sean controlados por hambrunas, enfermedades o por control de natalidad. Se demostró que era una teoría falsa.

A diferencia de Spencer, Darwin entendía "los más fuertes" sólo en relación a un entorno determinado, no en una escala absoluta de perfección. De hecho ninguno de los dos términos con los que se asocia principalmente el nombre de Darwin, "evolución" y "supervivencia de los más fuertes" aparece en las primeras ediciones de *El Origen de las Especies*, donde estas ideas clave se expresan con las palabras "mutabilidad" y "selección natural". Marx escribió a Engels: "Darwin, que he vuelto a releer, me sorprende cuando dice que está aplicando la teoría 'maltusiana' *también* a plantas y animales, como si con Malthus la cuestión fuese que *no* aplica la teoría a plantas y animales sino sólo a seres humanos, con progresión geométrica, en oposición a plantas y animales". Engels también rechazó la cruda descripción o jerga de Darwin: "El error de Darwin consiste precisamente en unir la 'selección natural' o la 'supervivencia del más apto', dos cosas en absoluto separadas entre sí:

"1. Selección por presión de la superpoblación, donde tal vez los más fuertes sobreviven al principio, pero también pueden ser los más débiles en muchos aspectos.

"2 Selección por mayor capacidad de adaptación a la modificación de las circunstancias, en que los sobrevivientes están mejor adaptados a estas *circunstancias*, pero en que la adaptación en su conjunto puede significar tanto una regresión como un progreso (por ejemplo, la adaptación a la vida parasitaria es *siempre* una regresión).

"Lo principal: que cada progreso en la evolución orgánica sea al mismo tiempo una regresión, una evolución que fija una evolución *unilateral* y excluye la posibilidad de la evolución en muchas otras direcciones. Pero esta es *una ley fundamental*". 76

Claramente, existe una lucha por la supervivencia, aunque no el sentido en que lo plantea Spencer, en la naturaleza cuando hay escasez, o peligro para los miembros de las especies por parte de depredadores. "Por grande que sea la torpeza de Darwin al aceptar en su ingenuidad la doctrina de Malthus tan irreflexivamente, todo el mundo puede apreciar con un solo vistazo que no hacen falta lentes de Malthus para percibir en la naturaleza la lucha por la existencia, la contradicción entre la innumerable masa de gérmenes que produce pródigamente la naturaleza y el

escaso número de los que consiguen llegar a madurez; contradicción que se resuelve efectivamente en gran parte mediante una lucha por la existencia, a veces sumamente cruel". 77

Muchas especies producen gran número de huevos o descendientes, para maximizar su tasa de supervivencia, especialmente en los primeros estadios de la vida. Por otra parte, la especie humana ha sobrevivido por otros medios, ya que tiene un desarrollo muy lento, en el que invierten gran cantidad de energía y esfuerzo en hacer crecer a unos pocos descendientes con una maduración tardía. Nuestra ventaja reside en nuestro cerebro, y en su capacidad de aprendizaje y generalización. Nuestro crecimiento de población no está controlado por la muerte de gran número de nuestra descendencia, y por lo tanto no se puede comparar *crudamente* con otras especies.

La propia historia da una respuesta final a Malthus. A. N. Whitehead ha planteado que desde el siglo X al siglo XX un crecimiento continuo de la población en Europa ha ido acompañado generalmente por un aumento del nivel de vida. Esto no concuerda con la teoría malthusiana incluso si se introduce la cuestión de los "controles" como un medio de "posponer lo inevitable". Un milenio tendría que ser suficiente para demostrar la corrección o no de una teoría. "La verdad evidente", como dice Whitehead, "es que durante este periodo y en esa zona (es decir Europa) los llamados controles fueron tales que la Ley Malthusiana representó una posibilidad, *no realizada y sin ninguna importancia*". 78

Whitehead señala que los supuestos "controles" no estaban ni siquiera en proporción con la densidad de población. Por ejemplo las pestes fueron principalmente el resultado, no del tamaño de la población, sino de la falta *higiene*. Se hubiesen podido evitar, no con controles de natalidad, sino con jabón, agua y un buen sistema de alcantarillado. La Guerra de los Treinta Años redujo la población de Alemania a la mitad, un "control" bastante drástico del crecimiento de la población. La guerra tuvo varias causas, pero nunca se ha mencionado entre ellas el exceso de población. Este factor tampoco ha jugado ningún papel sustancial, que nosotros sepamos, en ninguna otra de las guerras en las que la historia europea es tan rica. Por ejemplo las insurrecciones campesinas de finales de la Edad Media en Francia, Alemania y Inglaterra no fueron provocadas por el exceso de población. De hecho ocurrieron precisamente en un momento en que la población había sido diezmada por la Peste negra. A principios del siglo XVI Flandes estaba densamente poblado, y sin embargo su nivel de vida era bastante más alto que el de Alemania, dónde la miseria de los campesinos contribuyó a provocar la Guerra Campesina.

Las teorías de Malthus no tienen ningún valor desde un punto de vista científico pero han servido una y otra vez como excusa para la aplicación más inhumana de la llamada política de mercado. Durante la hambruna de la patata de los años 40 del siglo pasado en Irlanda, que provocó la reducción de la población irlandesa de 8 a 4,5 millones, los terratenientes ingleses en Irlanda seguían exportando trigo. Siguiendo una política consistente de libre mercado, el gobierno "Liberal" de Londres se negó a introducir ninguna medida que interfiriese el libre comercio o los precios, y canceló las exportaciones de trigo barato a Irlanda, condenando a millones de personas a morir de hambre. Los principios malthusianos del gobierno inglés fueron defendidos por Charles Grenville, secretario del Consejo Privado con estas palabras:

"El estado de Irlanda es deplorable en extremo, y suficiente como para provocar desesperación: tal desorganización general y desmoralización, un pueblo con raras excepciones embrutecido, obstinado e indolente, desconsiderado y salvaje, todos, de arriba a abajo tratan de hacer el mínimo posible y sacar todo lo que pueden, no desean levantarse y esforzarse, buscando auxilio en este país, y gruñendo sobre el auxilio que reciben; las masas brutales, mentirosas y ociosas, todo el estado de las cosas contradictorio y paradójico. Aunque amenazados con la continuación del hambre el próximo año, no cultivarán la tierra, que se queda por sembrar e incultivable. No hay duda de que está gente no ha sido nunca tan próspera como durante este año de hambruna. Nadie pagará los alquileres, y las cajas de ahorro están hasta los topes. Con el dinero que consiguen de nuestros fondos de ayuda compran armas en lugar de comida, y después disparan a los oficiales que van a regular la distribución de la ayuda. Mientras que se arremolinan alrededor de los extranjeros pidiéndoles empleo, los terratenientes no tienen suficientes manos, y mendigos fornidos que se llaman a sí mismos indigentes son detenidos con grandes sumas de dinero en sus bolsillos. 28 de noviembre de 1846".

La situación real la describió el doctor Burrit, horrorizado al ver a hombres trabajando en las carreteras con sus miembros hinchados prácticamente al doble de su tamaño normal. El cuerpo de un niño de doce años "se había hinchado hasta tres veces su tamaño y había reventado los colgajos andrajosos que le cubrían". Cerca de un sitio llamado Skull, "pasamos una multitud de 500 personas, medio desnudos y hambrientos. Estaban esperando la distribución de la sopa. Se dirigieron hacia nosotros, y mientras yo les miraba con pena y asombro ante una escena tan miserable, mi conductor, un *gentlemen* que residente en East Skull y hombre de medicina, me dijo: 'Ninguno de estos que ves estará vivo en tres semanas: es imposible'. La media de muertes aquí es de 40 a 50 diarias. Y con suerte veinte cuerpos serán enterrados. La gente se encerraba en sus cabañas, para poder morir junto a sus hijos y no ser vistos por los viandantes". 79

No había ninguna razón para que esta gente muriese de hambre, de la misma manera que no hay ninguna razón hoy en día para que millones de personas mueran de hambre, cuando en Europa y los Estados Unidos se paga a los granjeros para que no produzcan comida. No son víctimas de las leyes de la naturaleza, sino de las leyes del mercado.

Desde el principio Marx y Engels denunciaron las falsas teorías malthusianas. Respondiendo a los argumentos del "pastor Malthus", Engels escribió: "La presión de la población no se ejerce sobre los medios de subsistencia sino sobre los medios de *empleo*; la humanidad es capaz de aumentar más rápidamente de lo que puede soportar la

sociedad burguesa moderna. Esta es para nosotros una razón más para declarar que esta sociedad burguesa es una barrera al desarrollo, que debe caer".

La introducción de maquinaria, nuevas técnicas científicas y fertilizantes significa que la producción mundial de comida puede mantenerse a la par que el crecimiento de la población fácilmente. El crecimiento de la productividad de la agricultura tiene lugar en un momento en que hay una disminución de la cantidad de población implicada en la agricultura. La extensión de su eficacia que se ha alcanzado en los países desarrollados a todo el mundo permitiría un enorme incremento de la producción. En la actualidad sólo se utiliza una parte muy pequeña de la enorme productividad biológica de los océanos. El hambre existe principalmente debido a la destrucción de los excedentes de comida para mantener alto el precio de los alimentos y por la necesidad de mantener la tasa de beneficios de los monopolios agrícolas.

El hambre generalizado en el llamado Tercer Mundo no es el producto de la "selección natural", sino un problema muy concreto de origen humano. Lo que condena a millones de personas a una vida de miseria y a morir de hambre no es "la supervivencia de los más fuertes" sino el hambre de beneficios de un puñado de grandes bancos y monopolios. Los países más pobres se ven obligados a vender sus cosechas de arroz, cacao, y demás productos para poder pagar los intereses de su deuda acumulada. En 1989 Sudan seguía exportando comida mientras su población se moría de hambre. En Brasil se calcula que 400.000 niños mueren de hambre cada año. Y sin embargo Brasil es uno de los principales exportadores de comida del mundo. Las mismas ideas desacreditas continúan saliendo a la superficie una y otra vez, en un intento de culpar de las condiciones de pesadilla del Tercer Mundo al hecho de que hay "demasiada gente" (refiriéndose a negros, asiáticos,...). Se trata de ignorar el hecho de que ante la inexistencia de pensiones los campesinos pobres necesitan tener tantos hijos como les sea posible (especialmente varones) para mantenerles cuando sean viejos. La pobreza y la ignorancia son las causas reales del llamado "problema demográfico". En la medida en que aumentan los niveles de vida y de educación el crecimiento de la población tiende a caer automáticamente. Mientras, el potencial para incrementar la producción de alimentos es inmenso, y se mantiene artificialmente bajo para mantener los beneficios de unos cuantos granjeros ricos en Europa, Japón y los Estados Unidos. El escándalo de las hambrunas masivas en el siglo XX es incluso más repugnante porque es totalmente innecesario.

"Darwinismo social"

Aunque admiraban a Darwin, Marx y Engels no tenían una posición acrítica con sus teorías. Engels entendió que las ideas de Darwin serían desarrolladas y afinadas más adelante, un hecho que fue confirmado por el desarrollo de la genética. En noviembre de 1875 escribió a Lavrov: "De la doctrina darwiniana acepto la *teoría de la evolución*, pero considero el método de prueba de Darwin (la lucha por la vida, la selección natural) sólo como una primera expresión, provisional e imperfecta de un hecho recién descubierto". Y de nuevo en su libro *Anti-Dühring*: "La teoría de la evolución es aún demasiado joven, por lo que es seguro que el ulterior desarrollo de la investigación modificará muy substancialmente también las concepciones estrictamente darwinistas del proceso de la evolución de las especies".

Engels criticó duramente tanto la unilateralidad de Darwin como el darwinismo social que vino a continuación: "Apenas se reconoció a Darwin", plantea Engels, "ya esas mismas personas veían *lucha* en todas partes. Ambas concepciones están justificadas dentro de límites estrechos, pero las dos tienen una igual característica de unilateralidad y prejuicio. Por lo tanto, inclusive en lo que se refiere a la naturaleza, no es posible inscribir sólo, de manera unilateral, la "lucha" en las banderas de uno. Pero es en absoluto pueril querer resumir la múltiple riqueza de la evolución y complejidad históricas en la magra frase unilateral de 'lucha por la existencia'. Eso dice menos que nada" Y así continua para explicar las raíces de este error: "Toda la teoría darwinista de la lucha por la existencia no es más que el traslado, de la sociedad a la naturaleza orgánica, de la teoría de Hobbes, de *bellum omnium contra omnes*, y de la teoría económica burguesa de la competencia, así como de la teoría maltusiana de la población. Una vez cumplida esta hazaña (cuya justificación incondicional, en especial en lo que se refiere a la teoría maltusiana, sigue siendo muy cuestionable), resulta muy fácil trasladar estas teorías, de vuelta, de la historia natural a la historia de la sociedad, y en conjunto demasiado ingenuo afirmar que con ello estas afirmaciones han quedado confirmadas como leyes naturales eternas de la sociedad".⁸⁰

Los paralelismos del darwinismo social con el mundo animal encajaban en los argumentos racistas predominantes de que el carácter humano se basaba en la medición de los cráneos humanos. Para D. G. Brinton, "la raza blanca o europea está a la cabeza de la lista, y la africana o negra en su parte más baja" (1890). Cesare Lambroso, un físico italiano, en 1876 argumentaba que los criminales de nacimiento eran esencialmente monos, un paso atrás en la evolución. Era parte del deseo de explicar el comportamiento humano en términos biológicos innatos, una tendencia que sigue viva y coleando hoy en día!. La "lucha por la supervivencia" era vista como una tendencia innata en todos los animales incluyendo el hombre, y servía para justificar guerras, conquistas, explotación, imperialismo, racismo, y la propia estructura de clases del capitalismo. Es el precedente de las variedades actuales de la sociobiología y de las teorías del *simio desnudo*. Después de todo, fue la sátira de W. S. Gilbert la que proclamó:

"El hombre darwiniano, aunque bien educado,
en el mejor de los casos ¿no es más que un mono afeitado!"

Darwin insistió en que "la selección natural ha sido el más importante medio de modificación, pero no el único". Explicó que los cambios por una parte pueden llevar a modificaciones de otras características que no tienen que ver directamente con la supervivencia. Sin embargo, a diferencia de la concepción idealista de la vida defendida por los

creacionistas, los darwinianos explicaron científicamente cómo evolucionó la vida sobre el planeta. Fue un proceso natural que puede ser explicado por las leyes de la biología y la interacción de los organismos con su entorno. Independientemente de Darwin, otro naturalista, Alfred Russel Wallace, también había elaborado la teoría de la selección natural. Esto impulsó a Darwin a imprimir su trabajo después de veinte años de retraso. Sin embargo la principal diferencia entre Darwin y Wallace, era que Wallace creía, ante la consternación de Darwin, que todo cambio o modificación evolutiva estaba determinado solamente por la selección natural. Pero el rígido hiper-seleccionista Wallace acabaría por rechazar la selección natural en relación al cerebro y el intelecto, llegando a la conclusión ¡de que Dios había intervenido para construir esta creación única!

Darwin explicó que la evolución de la vida, con toda su riqueza y diversidad de formas era la consecuencia inevitable de la propia reproducción de la vida. En primer lugar, los iguales se reproducen en iguales, con pequeñas variaciones. Pero en segundo lugar, todos los organismos tienden a producir más descendencia de la que sobrevive y crían. Los descendientes que tienen más posibilidades de sobrevivir son los que están mejor equipados para adaptarse al entorno, y a su vez, su descendencia tenderá a ser parecida a ellos. Las características de esta población, con el tiempo, se adaptarán cada vez más a su entorno. En otras palabras, los más "fuertes" sobrevivirán y extenderán sus características favorables a toda la población. En la naturaleza, la evolución darwiniana es la respuesta a los cambios en el entorno. La naturaleza "selecciona" aquellos organismos cuyas características son más capaces de adaptarse al entorno. "La evolución mediante la selección natural", dice Gould, "no es más que el rastro de estos entornos cambiantes mediante la preservación diferencial de los organismos mejor diseñados para vivir en Él". De esta manera la selección natural dirige el curso del cambio evolutivo. León Trotsky definió este descubrimiento de Darwin como "el triunfo más importante de la dialéctica en todo el campo de la materia orgánica".

15. ¿El gen egoísta?

Genética

No fue hasta finales de los años 30 que el mecanismo de Darwin para la evolución selección natural obtuvo una aceptación generalizada. En esa Época figuras científicas importantes como Haldane, Fisher y Wright se convirtieron en los padres del neo-darwinismo, que fundió la selección natural con la genética de Mendel. La teoría de la herencia fue esencial para conectar la teoría de la evolución con la teoría de la célula. En el siglo XIX, los biólogos Schleiden, Schwann, y Virchow explicaron que las células eran la unidad básica de todos los organismos vivos. En 1944, Oswald Avery identificó el ADN en el núcleo de la célula como el material componente de la base de la herencia. El descubrimiento por parte de Crick y Watson de la doble hélice de ADN clarificó todavía más el camino que seguía la evolución. Las variaciones en la descendencia de Darwin se debían a cambios en el ADN, que surgían de mutaciones casuales y reajustes moleculares internos, sobre los que actuaría la selección natural.

Gregor Johann Mendel, un monje austriaco, y botánico aficionado, en los años 60 del siglo pasado hizo un estudio detallado de las características hereditarias de las plantas, a través del cual descubrió el fenómeno de la herencia genética. Mendel, un hombre tímido y modesto, envió sus descubrimientos a un eminente biólogo que, como era de esperar, rechazó la idea como un sin sentido. Profundamente descorazonado, Mendel escondió sus ideas al mundo y volvió a sus plantas. Su trabajo revolucionario no fue redescubierto hasta 1900, cuando realmente nació la genética. Los avances en los microscopios hicieron posible examinar el interior de la célula, llevando al descubrimiento de genes y cromosomas.

La genética nos permite comprender el proceso continuo del desarrollo de la vida. La evolución de la vida comportó la aparición de la célula auto-replicante que podía transmitir las características de la forma de vida a las futuras generaciones. Este tipo de mecanismo es el *ácido desoxirribonucleico* (ADN). Esta moléculas auto reproductora de ADN no se concentra en una parte concreta del cuerpo sino que está presente en toda célula animal o vegetal. La especie más desarrollada, el producto de 3.000 millones de años de evolución, es la especie humana. Un ser humano adulto está formado por aproximadamente un billón de células, pero al ser concebido era una sola célula embrionaria. ¿Cómo es esto? El secreto está en el ADN. Dentro de esta célula única hay una moléculas de ADN que contiene el código genético para la construcción del ser humano. La información genética contenida en los genes está almacenada en una forma químicamente codificada. Un gen es una sección de ADN que tiene la información para hacer un tipo concreto de proteína.

Los genes que hay en cada célula son la parte del organismo que contiene toda la información necesaria para crear animales y plantas. La mayoría de los genes llevan información que dirige a las células a fabricar proteínas. Algunos genes le dicen a las células de un embrión dónde están situadas y si tienen que crecer para convertirse en un brazo o en una pierna. Las secuencias de bases almacenadas en los genes determinan que tipo de criatura viva será. La información hereditaria está almacenada en el núcleo de cada célula en forma de cadenas de genes llamadas cromosomas. Como un libro de texto viviente, dos juegos de cromosomas llevan todos los genes de un individuo, definiendo el carácter de la estructura de las proteínas que llevan a cabo la mayor parte del trabajo en el cuerpo.

Sólo en los años 50 se descubrió la composición química de los genes identificados como ADN. En 1953, Francis Crick y James Watson dieron un paso adelante revolucionario en la genética con el descubrimiento del famoso modelo de la doble hélice de la moléculas de ácido nucleico, por el cual recibieron el premio Nóbel en 1962. Esto clarificó como se duplican los cromosomas en la división celular. El ADN está presente en las formas de vida más

simples: un virus tiene una molécula simple de ADN. Toda la vida tal y como la conocemos depende en última instancia del ADN. El descubrimiento y desarrollo de la genética descifró los secretos de la evolución. Las leyes de la evolución descubiertas por Darwin fueron enriquecidas por la comprensión de la genética, a través del trabajo de Fisher, Haldane y Wright, los co-fundadores del neo-darwinismo.

El gen es la unidad de la herencia. El conjunto de genes de un organismo es el genoma. En la actualidad los científicos están enfrascados en un proyecto para identificar todos los genes del genoma humano, que son unos 100.000. Los genes mismos se reproducen en cada generación de células; las proteínas en forma de enzima juegan un papel importante en este proceso. A través de esta auto-reproducción, los genes se forman de nuevo para cada nueva célula. Por lo tanto, indirectamente, producen las proteínas que construyen y mantienen cada célula. Desde las células de las bacterias, células vegetales y animales; células especializadas para formar músculos o huesos, hojas o tallos, el hígado o el riñón, y muchas más incluyendo las células cerebrales. Cada célula contiene el mismo conjunto de genes que estaba presente en la célula original. Cada célula humana contiene probablemente la información genética necesaria para fabricar cualquier tipo de célula humana, y por lo tanto un ser humano completo, pero en cada célula sólo se utiliza una parte seleccionada de esta información. Es parecido a un libro de instrucciones en el que sólo se seleccionan ciertas páginas, e incluso sólo ciertas líneas para codificar las proteínas necesarias en la producción de varias células.

El efecto de la reproducción sexual es mezclar o barajar los genes. Las células sexuales (óvulo o espermatozoide) sólo contienen 23 cromosomas cada una, pero cuando se unen suman los 46 cromosomas normales. La nueva célula, en palabras de Dawkins, sería "un mosaico de genes maternos y paternos". En la medida en que se mezclan los dos juegos de cromosomas, si dos señales genéticas son diferentes, una de las características prevalecerá sobre la otra. El gen de los ojos marrones, por ejemplo, es dominante sobre el de los ojos azules. Son lo que se llama genes recesivos y dominantes. Algunas veces se produce una especie de compromiso híbrido.

La variación se consigue a través de la reproducción. Desde un punto de vista evolutivo es vital. La reproducción asexual de los organismos primitivos crea copias idénticas de la célula madre, en las que las mutaciones son muy poco frecuentes. Por otra parte, la reproducción sexual con la nueva combinación de genes de dos fuentes diferentes incrementa las posibilidades de variación genética y acelera la tasa en la que funciona la evolución. Cada forma de vida lleva el código genético de información de ADN. La prueba de que tenemos un antepasado común es el parecido en la estructura celular de todos los organismos vivos. El mecanismo de la herencia es el mismo, en el que el ADN determina que un ratón sea como un ratón, que los humanos sean como humanos y las bacterias como bacterias. Algunos organismos, como las bacterias, sólo poseen una molécula de ADN principal, mientras que nuestras propias células, y la de los organismos superiores, contienen una serie de paquetes de ADN (cromosomas).

Genes y entorno

En los últimos 25 años las ideologías gemelas del reduccionismo y del determinismo biológico han dominado todas las ramas de la biología. El método del reduccionismo intenta explicar las propiedades de los todos complejos, proteínas por ejemplo, en términos de las propiedades de los átomos e incluso de las partículas fundamentales de las que se componen. Y cuando más profundamente vas, tienes un conocimiento más profundo (se afirmaba). Además, aseguran que las unidades de las que se compone el todo existían antes del todo, que una cadena causal va desde las partes al todo, que el huevo siempre es antes que la gallina.

El determinismo biológico está estrechamente vinculado al reduccionismo. Plantea, por ejemplo, que el comportamiento de los seres humanos está determinado por los genes de cada individuo y lleva a la conclusión de que toda la sociedad humana está gobernada por la suma del comportamiento de todos los individuos en esa sociedad. Este control genético es el equivalente a las viejas ideas expresadas en la frase "naturaleza humana". Una vez más, los científicos pueden argumentar que no es eso lo que quieren decir, pero las ideas del determinismo y de los genes como "entidades fijas e inalterables" están enraizadas en sus declaraciones y son adoptadas ávidamente por los políticos de derechas. Para ellos, las desigualdades sociales son desafortunadas, pero son innatas e inalterables; por lo tanto no se pueden solucionar por medios sociales, por que eso sería "ir en contra de la naturaleza". Esta idea ha sido expresada por Richard Dawkins en *The Selfish Gene* (El gen egoísta) que es utilizado como libro de texto en las universidades americanas.

El mecanismo de la evolución está condicionado por la relación dialéctica entre los genes y el entorno. Antes de Darwin, Lamarck planteó una teoría diferente de la evolución, que plantea que el individuo se adapta directamente a su entorno y transmite estas modificaciones a su descendencia. Esta interpretación mecánica ha sido desacreditada por completo, aunque la idea de que el entorno altera directamente la herencia resurgió en la Rusia estalinista bajo la forma del Lysenkoismo. La evolución humana tiene una "naturaleza" y una "historia". La materia prima genética entra en una relación dinámica con el entorno social, cultural y económico. Es imposible entender el proceso de la evolución tomando uno sólo de ellos por separado en la medida en que hay una interacción constante entre los elementos biológicos y "culturales".

Se ha demostrado de forma concluyente que los rasgos adquiridos (derivados del entorno) no se transmiten biológicamente. La cultura se transmite de generación en generación exclusivamente por la enseñanza y el ejemplo. Esta es una de las características decisivas que separan la sociedad humana del resto del reino animal, aunque también se pueden observar los *elementos* de esto en los simios superiores. Es imposible negar el papel vital de los genes en el desarrollo humano, y esto no está en la menor contradicción con el materialismo. Por lo tanto, ¿se puede

sacar la conclusión de que "todo está en los genes"? Dejados citar las palabras del famoso genetista Theodore Dobzhansky

"La mayoría de los evolucionistas contemporáneos son de la opinión que la adaptación de una especie viva a su entorno es el principal agente que impulsa y dirige la evolución biológica".

Y de nuevo

"Sin embargo, la cultura es un instrumento de adaptación mucho más eficaz que los procesos biológicos que llevaron a su inicio y desarrollo. Es más eficaz entre otras cosas porque es más rápido, los cambios en los genes se transmiten solamente a los descendientes directos de los individuos en que aparecen por primera vez; para reemplazar los viejos genes, los portadores de los genes nuevos tienen que reproducirse más rápidamente y suplantar gradualmente a los anteriores. Los cambios en la cultura se pueden transmitir a cualquiera independientemente de su parentesco biológico, o pueden ser tomados de otros pueblos en una forma ya elaborada"

81

Los biólogos dividen el organismo en dos partes, la composición genética, conocida como el *genotipo*, y las cualidades aparentes, el *fenotipo*. Es un error común considerar que la relación entre ambos es una relación simple de causa efecto. El genotipo, plantea el argumento, es anterior al fenotipo y por lo tanto es el elemento decisivo en la ecuación. Nacemos con unos genes determinados que no se pueden alterar, y esto decide nuestro destino, de una forma tan decisiva como la posición de los planetas en la astrología. Este tipo de determinismo genético mecanicista es la otra cara de la moneda de las teorías de embaucadoras de Lysenko. Es el lamarckismo puesto al revés. En realidad el genotipo, o los genes que se encuentran en el núcleo de cada célula, es más o menos fijo, exceptuando alguna mutación casual. El fenotipo, o el total de las propiedades morfológicas, fisiológicas y de comportamiento, no es fijo. Por el contrario, cambia constantemente a lo largo de la vida del organismo por la interacción entre el genotipo y el entorno y entre el fenotipo y el entorno. En otras palabras, es un producto de la interacción dialéctica de organismo y ambiente. Si Albert Einstein hubiese nacido en un suburbio de Nueva York o en un poblado de la India, no hace falta ser muy inteligente para darse cuenta de que su potencial genético hubiese contado para bien poco.

El estudio de la genética da una respuesta concluyente al idealismo. Ningún organismo puede existir sin un genotipo. Y ningún genotipo puede existir fuera de una *continuidad espacio temporal*, un entorno. Los genes interaccionan con el entorno dando lugar al proceso del desarrollo humano. De hecho, si la herencia fuese perfecta no habría evolución, ya que la herencia es una fuerza conservadora. Es esencialmente un mecanismo de auto copiado. Pero hay una contradicción interna en los genes, aunque ocasionalmente se produce una copia defectuosa una mutación. Hay un número infinito de *accidentes* de este tipo; la mayoría de los cuales no solamente son inútiles, sino perjudiciales para el organismo.

Una sola mutación no puede transformar una especie en otra. La información contenida en el gen no se mantiene en un aislamiento perfecto. Entra también en contacto con el mundo físico, en el que es puesto a prueba, procesado, articulado y modificado. Si una variedad concreta da una mejor proteína que otra en un ambiente determinado, prosperará, mientras que las otras serán eliminadas. En un punto dado, pequeñas variaciones llegan a un estadio cualitativo, y se forma una nueva especie. Este es el significado de la selección natural. Durante casi 4.000 millones de años los genes de todo organismo viviente plantas y animales, incluyendo los humanos se han ido formando de esta manera. Este no es un proceso unidireccional. La idea de los deterministas genéticos de que los genes son preeminentes, ha sido descrita por Francis Crick, uno de los descubridores del código del ADN, como el "dogma central" de la biología molecular. No es más válido que el dogma de la Inmaculada Concepción. En la relación dialéctica entre el organismo y el entorno, la información sobre el fenotipo vuelve al genotipo. Los genes se "seleccionan" por el entorno, que determina cuales sobrevivirán y cuales perecerán.

El papel del código genético es vital a la hora de establecer la "estructura" de los seres humanos, mientras que el ambiente trabaja para llenarlo y afecta el comportamiento y la personalidad. No son factores aislados, sino que se fusionan dialécticamente para producir un individuo y sus características únicas. No hay dos personas iguales. Sin embargo, aunque no es posible alterar la composición genética de una persona, es perfectamente posible alterar su entorno. La manera de mejorar el potencial de un individuo es mejorando su ambiente. Esta idea ha provocado una discusión acalorada a lo largo de los años: ¿es posible superar o cambiar las deficiencias genéticas a través de una mejora en el entorno? Uno de los más importantes de los primeros genetistas, Francis Galton, trató de demostrar que la genialidad era hereditaria, y favoreció una política de reproducción selectiva para mantener las existencias intelectuales. La idea de que las capas medias y la clase superior blanca era genéticamente superior a otras razas impregnaba la sociedad victoriana. Se convirtió en la ideología del movimiento eugénico, que planteaba la esterilización forzosa para impedir que se propagasen los biológicamente insanos. Se utilizaron acientíficamente los tests de IQ (cociente intelectual) para apoyar el determinismo biológico y la idea de que las desigualdades sociales basadas en la raza, sexo o clase no se pueden alterar porque reflejan genes inferiores innatos.

"Inteligencia" y genes

El sociobiólogo E. O. Wilson, en su libro *Sociobiología. La nueva síntesis* expresa esta idea determinista de la siguiente forma:

"Si la sociedad planificada, cuya creación es inevitable en el próximos siglo, fuese deliberadamente a guiar a sus miembros más allá de estos stress y conflictos que dieron lugar a los *fenotipos* destructivos (agresión y egoísmo) su

ventaja darwiniana, los otros *fenotipos* (cooperación y altruismo) podrían disminuir con ellos. En este sentido, en el *sentido genético último*, el control social despojaría al hombre de su humanidad". 82

En otras palabras, si nos libramos de los aspectos negativos de la humanidad, ¿puede ser que también nos deshagamos de los positivos! Una vez más, Wilson confunde genotipo con fenotipo, al insinuar que el fenotipo (no el genotipo) es fijo e inmutable, y no lo es. El genotipo no "codifica" rasgos en el fenotipo y no hay un gen que sea equivalente al altruismo en el fenotipo. Cada ser viviente es el resultado de una interacción continua entre los genes, el entorno, y el propio fenotipo. Sin embargo, debemos evitar caer en el otro extremo creyendo que el organismo es masilla en "manos" de los genes y el entorno. También es una parte activa del proceso. Todos los seres vivos interactúan con su ambiente de manera dialéctica.

"Suponed que una célula sexual transporta una partícula llamada 'inteligencia' que hará que el que la tenga sea listo y agudo sin importar qué le pase, es de hecho ridículo", afirma Dobzhansky. "Pero es evidente que la gente con la que nos encontramos no son iguales en inteligencia, capacidades, y actitudes, y no es descabellado pensar que estas *diferencias* están causadas en parte por la naturaleza de esta gente y en parte por sus entornos".

Aunque está claramente demostrado el carácter materialista y dialéctico del proceso de la vida, la genética ha dado lugar a una acalorada controversia y ha abierto la puerta al idealismo y a concepciones reaccionarias. Un tipo de genética unilateral lleva inevitablemente al error y la confusión. De hecho, ciertos genetistas han caído en el determinismo biológico o genético. Este también es el caso con sociobiólogos como E. O. Wilson y Richard Dawkins. Comentando sobre esto Steven Rose se pregunta:

"¿Implica la teoría evolutiva que ciertos aspectos de los humanos, capitalismo, nacionalismo, patriarcado, xenofobia, agresividad, competitividad, están 'fijados' en nuestros genes 'egoístas'? Algunos biólogos han querido responder afirmativamente a esta pregunta, y teóricos políticos de derechas, desde monetaristas libertarios a neo-fascistas han cogido con las dos manos estos pronunciamientos como justificación 'científica' de sus filosofías políticas". La única conclusión de esto es que el capitalismo y todas sus enfermedades son "naturales" y derivadas de hechos biológicos. Las teorías de la desigualdad racial y sexual también han buscado respaldo en ciertas interpretaciones de la ciencia.

Las metáforas crudas y simplistas de la evolución, como la "supervivencia de los más fuertes" y la "lucha por la existencia", fueron introducidas por Herbert Spencer en el lenguaje del darwinismo social. Se encontró en la biología la confirmación del capitalismo, las desigualdades de clase y el imperialismo. Parece ser que los sociobiólogos del tipo de E. O. Wilson están siguiendo sus pasos con sus puntos de vista sobre la naturaleza humana y el determinismo biológico. Marx y Engels explicaron que "el hombre se hace a sí mismo". La naturaleza humana, con su conciencia, es un producto de las condiciones sociales y económicas predominantes. Esta es la razón por la que la naturaleza humana ha cambiado a lo largo de la historia, siguiendo el desarrollo de la propia sociedad. Para la sociobiología, las características humanas están biológicamente fijadas a través de nuestros genes, dando una base al mito de que "no se puede cambiar la naturaleza humana".

De hecho, la llamada "naturaleza humana" se ha transformado y retransformado muchas veces a lo largo de la historia humana, como explica Dobzhansky:

"Darlington (1953) cree que la adaptabilidad individual es de hecho una de las grandes ilusiones de la observación del sentido común. Es una ilusión responsable de algunos de los principales errores de la administración política y económica de hoy en día. No se puede cambiar de un sitio a otro o a otro trabajo a individuos y poblaciones después de un periodo adecuado de formación, por la conveniencia de algún jefe planificador, de la misma manera que no se puede convertir a un ganadero de las montañas en un pescador de alta mar o convertir delincuentes habituales en buenos ciudadanos'.

"A pesar de la incertidumbre y poca precisión de nuestro conocimiento sobre la genética humana, hay numerosas pruebas contrarias al punto de vista de Darlington, y estas pruebas son concluyentes.

"La historia es abundante en pruebas que individuos y poblaciones pueden trasladarse con Éxito de un sitio a otro o de un trabajo a otro. La revolución industrial en muchos países en todo el mundo lo ha demostrado ampliamente. Lo antecesores más próximos de millones de obreros industriales han sido mayoritariamente campesinos que habían cultivado la tierra 'eternamente'. El movimiento del campo a las ciudades industriales todavía está en marcha en muchos países 'subdesarrollados'". 83

Los tests de Inteligencia

Un término frecuentemente mal utilizado por los deterministas genéticos es la herencia, especialmente en el campo de los tests de IQ (cociente intelectual). Los psicólogos Hans Eysenck en Gran Bretaña, y Richard Herrnstein y Arthur Jensen en los Estados Unidos, han defendido la idea de que la inteligencia es en gran parte hereditaria. También plantean que la media de IQ de los negros es genéticamente inferior a la de los blancos y que los irlandeses están determinados por genes de "bajo IQ". De hecho se ha demostrado que los tests de IQ son imperfectos en sí mismos. No existe una unidad de medida para la "inteligencia", como la que puede haber para el peso o la altura. El IQ es un concepto imaginario basado en suposiciones arbitrarias.

Los tests de Inteligencia surgieron a principios de siglo cuando Alfred Binet estableció un test sencillo para ayudar a identificar niños con dificultades de aprendizaje. Para Binet era un medio de identificación de dificultades que luego se podrían solucionar con "ortopedia mental". Ciertamente no pensaba que esta fuese una medida de inteligencia

"fija", y a los que planteaban este tipo de ideas la respuesta de Binet era contundente: "Tenemos que protestar y reaccionar contra este pesimismo brutal".

La base del test de Binet era bastante simple: los niños mayores deberían ser capaces de llevar a cabo tareas mentales que los niños más pequeños no pueden. Con esa base elaboró toda una serie de tests adecuados a cada grupo de edades; de tal manera que se podía juzgar a los niños que se consideraba eran más listos o menos capaces. Como consecuencia se deberían tomar medidas para remediar los campos en los que se encontrasen dificultades. Sin embargo este sistema, en otras manos, se utilizó para sacar conclusiones totalmente diferentes. Con la muerte de Binet los defensores de la eugenesia vieron su oportunidad de oro para reforzar su mensaje determinista. La inteligencia era considerada como una cosa innata y fijada a través de la herencia y que se correspondía con la clase social y el origen social. Cuando Lewis Terman introdujo los tests Stanford-Binet en los Estados Unidos dejó claro que la baja inteligencia "es muy común entre familias hispano-indias y mexicanas del suroeste y también entre los negros. Su torpeza parece ser racial o por lo menos inherente en la raíz de las familias de las que provienen. Los niños de este grupo deberían ser segregados en clases especiales. No son capaces de dominar las abstracciones, pero a menudo pueden convertirse en trabajadores eficaces. No hay posibilidad por ahora de convencer a la sociedad que no se les debería permitir reproducirse, aunque desde un punto de vista eugenésico constituyen un problema grave debido a su nivel de reproducción inusualmente prolífico".

Este era el tono general de la comunidad educativa de los Estados Unidos en relación a los tests. Se introdujo un nuevo paso para extender su alcance científico: se establecieron estándares para los adultos, y una ratio entre la edad y la edad mental, el "cociente intelectual" o IQ. En Gran Bretaña, fue el psicólogo inglés Sir Cyril Lodovic Burt el que tradujo y defendió, incluso de manera más obsesiva que sus colegas americanos, los tests de Binet. Burt defendía que los hombres eran más inteligentes que las mujeres sobre la base de supuestos estudios. El mismo caballero planteó que tenía pruebas científicas irrefutables de que los cristianos eran más inteligentes que los judíos, los ingleses más que los irlandeses, los ingleses de clase alta más que los de clase baja, etc. ¿Qué casualidad que fuese un hombre inglés cristiano de clase alta! Con estos medios los opresores justifican la opresión, los ricos y poderosos justifican sus privilegios, sobre la base de que sus víctimas son "inferiores". Durante 65 años, hasta su muerte en 1971, Burt continuó su trabajo sobre la eugenesia y los tests de IQ y fue debidamente recompensado con el título de Sir por sus servicios a la humanidad. Ayudó a establecer una selectividad en el sistema educativo a los once años, que dividía los niños en "inteligentes" que iban a las grammar school, y "tontos" que iban a las escuelas "secundarias modernas". Burt explicó: "La capacidad obviamente debe limitar el contenido. Es imposible que una jarra de una pinta contenga más de una pinta de leche; y es igualmente imposible que los logros educativos de un niño se eleven más allá de lo que su capacidad educativa permite".

De esta manera se llevó los tests de Binet más allá de su función de reconocer para reforzar el carácter clasista de la sociedad. Estaban aquellos que habían nacido para picar carbón y los que iban a dirigir la sociedad. Los tests no se utilizaban para solucionar los problemas sino para segregar. Independientemente de las modificaciones que se hayan hecho en los tests de inteligencia, todos tienen la misma raíz: una "inteligencia" preconcebida que es el modelo en base al que se juzga a todo el mundo. Sin embargo estos tests están enormemente influenciados por estereotipos culturales y sociales que determinan los resultados. También están vinculados al funcionamiento de las escuelas y reflejan esos resultados. Sin embargo la idea de que es posible identificar o medir la "inteligencia" de esta manera tan cruda es fundamentalmente falsa. Después de todo, ¿qué es la inteligencia? ¿Cómo se puede cuantificar? No es como el peso o la altura. La inteligencia no es una cosa fija, como planteó Burt, sino elástica. El potencial del cerebro humano no tiene límites. La tarea de la sociedad es que el ser humano pueda realizar este potencial. Los factores del entorno pueden restringir o realzar este potencial. Un niño que crezca en un entorno social desfavorable estará en desventaja en relación a uno que tenga todas las necesidades satisfechas. El origen social es extremadamente importante. Si cambias el entorno, cambias el niño. A pesar de las afirmaciones de los deterministas biológicos, la inteligencia no está predeterminada genéticamente.

La obsesión por determinar estadísticamente la inteligencia, a través de un gráfico en forma de campana, es un intento de reforzar el conformismo social. Los que están fuera de la norma son "anormales" y necesitan tratamiento. O bien es genético y determina nuestra clase social, raza y vida. Pero en realidad, mientras que nuestro genotipo es fijo, nuestro fenotipo cambia constantemente. La pérdida de un brazo o una pierna es irreversible pero no hereditaria. La enfermedad de Wilson es hereditaria pero con tratamiento no es irreversible. "Tampoco, por supuesto", dicen Rose, Kamin, y Lewontin, "el fenotipo se desarrolla linealmente del genotipo desde el nacimiento a la madurez. La 'inteligencia' de un niño no es solamente un cierto porcentaje pequeño de la del adulto en que se convertirá, como si la 'jarra de una pinta' se fuese llenando constantemente".

Los frenéticos intentos de Burt para demostrar la base genética del IQ le llevó a falsificar sistemáticamente sus datos y registros. Su famoso estudio sobre el cociente intelectual de gemelos idénticos separados le llevó a la increíble afirmación de que los entornos separados de los gemelos no tenían ninguna influencia. Para Él todo estaba determinado por los genes de los gemelos. Era el ídolo de los deterministas genéticos, y sus estudios les dieron los argumentos necesarios para reforzar su posición. En 1978, D. D. Dorfman, un psicólogo americano, demostró claramente que este *gentleman* inglés simplemente había falsificado sus resultados. Después de que se demostrase que era un fraude, sus seguidores se vieron obligados a cambiar de discurso, simplemente criticando a Burt por su falta de precisión científica. Los estudios de Burt fueron el Hombre de Piltown (supuesto 'eslabón perdido' entre el hombre y el simio que resultó ser un fraude de un arqueólogo inglés) del IQ. Sin embargo, en su día a pesar de quince años de inconsistencias sus investigaciones fueron aplaudidas por la comunidad científica como prueba de

que el IQ era hereditario. Pero a pesar de la caída en desgracia de Burt, el *establishment* siguió agarrándose a su filosofía reaccionaria como sostén de su punto de vista de clase.

Los estudios más recientes en relación a gemelos idénticos separados en Gran Bretaña, Estados Unidos y Dinamarca, no demuestran en absoluto que el cociente intelectual sea hereditario. Estos estudios han sido respondidos convincentemente por Rose, Kamin y Lewontin. ¿Su conclusión? "No sabemos qué es realmente la heredabilidad del IQ. Todos los datos simplemente no nos permiten calcular una estimación razonable de la variación genética del IQ en cualquier población. Por todo lo que sabemos, la heredabilidad podría ser cero o 50%. *De hecho, a pesar de que se han dedicado enormes esfuerzos de investigación a estudiar esta cuestión, la heredabilidad del IQ es irrelevante por lo que se refiere a este asunto.* La enorme importancia que dan los deterministas a la demostración de la heredabilidad es una consecuencia de su creencia errónea que la heredabilidad significa inmutabilidad".

"Ni para el IQ ni para ningún otro rasgo se puede decir que los genes determinan el organismo", continúan. "No existe una correspondencia uno-a-uno entre los genes heredados de tus padres y tu altura, peso, tasa de metabolismo, enfermedad, salud, o cualquier otra característica no trivial del organismo, cada organismo es un producto único de la interacción entre genes y entorno en cada etapa de la vida". 84

Eugenesia

Eugenesia es una palabra acuñada en 1883 por Francis Galton, que era primo de Darwin. El deseo de "mejorar" el capital humano se relaciona frecuentemente con las teorías pseudo-científicas por aquellos que intentan demostrar la "superioridad" de un grupo en concreto, raza, nación, clase social, o sexo, en términos de sangre y "buen linaje". Normalmente se le da un aire "científico" a este tipo de sinsentido reaccionario para dar la impresión de respetabilidad intelectual a los prejuicios más irracionales y aborrecibles. En Estados Unidos, la "tierra de la libertad", el movimiento del eugenismo triunfó, aprobando leyes de esterilización obligatoria de los "biólogicamente inferiores". El Estado de Indiana aprobó la primera ley en 1907. Esta esterilización se podía aplicar a los que fueran considerados locos o imbeciles, o subnormales con la recomendación de una comisión de expertos. Hace setenta años, John Scopes enseñó evolución utilizando un libro titulado *A Civic Biology*, de G. W. Hunter, que contenía el tristemente famoso caso de Jukes y Kallikaks. Bajo el título de *Parasitism and Its Cost to Society* *the Remedy* (El parasitismo social y su coste para la sociedad, la solución), dice:

"Cientos de familias como las que hemos descrito más arriba existen hoy en día, extendiendo enfermedades, inmoralidad y crimen a todas partes de este país. El coste para la sociedad de estas familias es muy severo. De la misma manera que ciertos animales y plantas se hacen parásitos de otras plantas y animales, estas familias se han convertido en parásitos de la sociedad. No solamente son dañinas para los demás corrompiendo, robando o extendiendo enfermedades, sino que en realidad son protegidas y cuidadas por el estado con dinero de todos. Las casas para pobres y asilos existen principalmente para ellos. Son auténticos parásitos.

"Si esta gente fuesen animales inferiores, seguramente se les mataría para impedir que se extendiesen. La humanidad no permitirá esto, pero tenemos la solución de separar los sexos en los asilos u otros sitios y prevenir de varias maneras el matrimonio entre ellos y las posibilidades de perpetuar esta raza tan baja y degenerada".

Hacia los años 30, más de 30 estados habían aprobado leyes de esterilización, ampliando su posible aplicación a alcohólicos y droga adictos, e incluso a ciegos y sordos entre otros. La campaña llegó a su punto álgido en 1927, cuando la Corte Suprema, por 8 votos a 1 suspendió la ley de esterilización de Virginia en el caso de *Buck contra Bell*. Este caso implicaba a una chica blanca de dieciocho años llamada Carrie Buck, que había sido encarcelada en la colonia estatal para epilépticos y débiles mentales, y que fue la primera persona en ser esterilizado en aplicación de esta ley. Según Harry Laughlin, el superintendente de la Oficina del Registro de Eugenesia (que pretendía eliminar al "diez por ciento más inútil de nuestra sociedad"), fue elegida porque ella, su madre y su hermana eran genéticamente subnormales. Esta información se obtuvo en gran medida en base al test Stanfor-Binet de IQ, que más tarde se demostró que era totalmente erróneo. El juez del caso, O. W. Holmes, declaró que "con tres generaciones de imbeciles ya basta"! El hijo de Carrie, Vivian, murió en 1932 de enfermedad. Su maestro le describían como "muy inteligente".

En enero de 1935, se habían llevado a cabo 20.000 esterilizaciones forzadas con fines eugenésicos en los Estados Unidos. Laughlin quería ampliar el tratamiento para incluir a "gente sin casa, indigentes y vagabundos" y fue adoptado fervientemente en la Alemania nazi, donde el *Erbgesundheitsrecht* llevó a la esterilización de 375.000 personas, incluyendo 4.000 por ceguera y sordera. En los Estados Unidos, al final se llevaron a cabo 30.000 esterilizaciones. Aunque la eugenesia clásica ha quedado desacreditada, han surgido nuevas versiones como la psicocirugía. Esta defiende la idea de que la cirugía cerebral puede aliviar problemas sociales, especialmente violencia. Dos psicocirujanos americanos, Vernon Mark y Frank Ervin, llegaron hasta el punto de plantear que los disturbios en las ciudades de los Estados Unidos están causados por problemas mentales (*deranged amygdalas*), y se podrían evitar con cirugía cerebral de ciertos dirigentes de los guetos. Las investigaciones en este sector de la biología están siendo financiadas por los diferentes departamentos de justicia de los Estados Unidos.

La correspondencia que mantuvieron en 1971 el Director de Correcciones de la Agencia de Relaciones Humanas de Sacramento, y el Director de Clínicas y Hospitales del Centro Medico de la Universidad de California, demuestra el tipo de mentalidad de determinados sectores de la comunidad "científica". El Director pide candidatos adecuados para la cirugía cerebral entre los internos "que hayan demostrado comportamiento agresivo, destructivo, posiblemente como resultado de enfermedad neurológica severa" para llevar a cabo "procedimientos quirúrgicos y de

diagnóstico, para localizar centros del cerebro que pudieran haber sido dañados previamente y que pudieran servir como focos para episodios de comportamiento violento", para eliminarlos quirúrgicamente.

La respuesta sugiere un candidato que "fue transferido, por incremento en la militancia, capacidad de liderazgo y odio declarado hacia la sociedad blanca, ha sido identificado como uno de los dirigentes de la huelga de trabajo de 1971. También se detectó al mismo tiempo una avalancha de literatura revolucionaria". Estas ideologías lunáticas son el telón de fondo de la reacción política. En 1980 el Dr. K. Nelson, entonces director del Hospital de Lynchburg, en el que Carrie Buck fue esterilizada, descubrió que se habían realizado 4.000 operaciones, la última en 1972. Los tests de inteligencia utilizados en el caso Buck ya habían sido desacreditados hacía tiempo. Estas ideas reaccionarias de la esterilización forzosa no están simplemente confinadas a las "edades oscuras" del pasado, sino que siguen vivas hoy en día, sostenidas por teorías pseudo científicas, especialmente en los Estados Unidos. Incluso ahora siguen existiendo leyes de esterilización en los libros de reglas de 22 estados.

Crimen y genética

Desde principios de la década de los años setenta la proporción de americanos en prisión se ha triplicado. En Gran Bretaña el número de personas entre rejas alcanza niveles récord. La prisiones están tan masificadas que algunos internos están encarcelados en celdas policiales. "El Reino Unido en 1991 tenía un porcentaje de población encarcelada mayor que cualquier país del Consejo de Europa excepto Hungría" según el *Financial Times* (10 de marzo 1994). A pesar de esto los niveles de criminalidad y violencia siguen siendo altos en ambos países. Esta crisis ha provocado el florecimiento de ideas reaccionarias que intentan vincular el comportamiento criminal a factores biológicos. "Por cada 1% que reducimos la violencia le ahorramos al país 1.200 millones de dólares", dice el psicólogo americano Adrian Raine. Como resultado, el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos ha incrementado su presupuesto para investigación relacionada con la violencia en 58 millones de dólares. En diciembre de 1994, la Fundación Nacional Científica propuso la creación de un consorcio de investigación para cinco años, dotado con 12 millones de dólares. "Con los avances que esperamos, seremos capaces de diagnosticar a mucha gente que tienen una disposición mental biológica a la violencia" asegura Stuart Yudofsky, presidente del departamento de Psiquiatría Baylor College of Medicine". (*Scientific American*, marzo 1995)

En ciertos círculos se ha puesto de moda atribuir todo tipo de cosas a desajustes biológicos o genéticos, en lugar de reconocer que los problemas sociales surgen de las condiciones sociales. La escuela del determinismo genético ha llegado a todo tipo de conclusiones reaccionarias, reduciendo todos los problemas sociales al nivel de la genética. No hace tanto tiempo, las investigaciones aparentemente demostraron que muchos criminales violentos tenían un cromosoma Y de más, pero estudios más recientes han demostrado que la conexión entre ambos factores es irrelevante. Ahora la atención a la hora de buscar el vínculo entre biología y violencia, está centrada en menor actividad en el córtex frontal en el cerebro de los asesinos. Hay una propuesta en los Estados Unidos para que se cree una Iniciativa Federal de la Violencia para identificar por lo menos 100.000 niños de los barrios obreros "cuyos supuestos defectos genéticos y bioquímicos les harán propensos a la violencia en su vida adulta".

Los peligros de este tipo de investigaciones para encontrar los vínculos genéticos entre raza y comportamiento antisocial o criminal son obvios. Se pueden sacar conclusiones fraudulentas de las estadísticas que demuestran que en Estados Unidos aunque los negros son el 12,4% de la población, representan el 44,8% de los arrestos por crímenes violentos. Como explicaba un reciente artículo en el *Scientific American*: "existe motivo de preocupación por el hecho de que estudios biológicamente superficialmente objetivos, ignorando ciegamente las diferencias sociales y culturales, puedan reforzar equivocadamente estereotipos raciales" (Marzo 1995). Debido a este peligro se han llevado a cabo boicots de los análisis de orina y sangre en las minorías Étnicas. Según Raine "todos los estudios genéticos y biológicos que se han llevado a cabo hasta el momento se han hecho sobre blancos".

Raine continua diciendo: "Imagínate que eres el padre de un niño de ocho años. El dilema Ético es este: te podría decir, 'Mire, hemos hecho una serie de análisis y podemos predecir con un 80% de certeza que su hijo será muy violento dentro de veinte años. Le podemos ofrecer una serie de programas de intervención biológica, social y cognitiva que reducirán en gran medida la posibilidad de que se convierta en un adulto violento'.

"¿Qué harías? Meter a tu hijo en esos programas corriendo el riesgo de estigmatizarlo como un criminal violento incluso sabiendo que hay una posibilidad real de que sea inocente? ¿O dices que no al tratamiento y tienes un 80% de posibilidades de que tu niño se haga mayor y (a) destruya su vida, (b) destruya tu vida, y (c) destruya las vidas de sus hermanos y hermanas y, más importante, (d) destruya las vidas de víctimas inocentes que sufran en sus manos?" (Citado en *Scientific American*, Marzo de 1995)

En primer lugar no es posible predecir el comportamiento criminal futuro de un niño, y menos con un 80% de precisión. Y en segundo lugar aquí se culpa del crimen al individuo. Este argumento reaccionario ignora el hecho de que la violencia, y otros males sociales son el producto de la sociedad en la que vivimos. Una sociedad basada en la explotación humana y el máximo beneficio que provoca paro masivo, pobreza, gente sin casa, y un deterioro general de la vida. Estas condiciones sociales, a su vez, son las que provocan crimen, violencia, y brutalidad. No tienen nada que ver con los genes o la biología, y sí con la barbarie de la sociedad capitalista.

Los deterministas biológicos son utilizados para reforzar las ideas sociales reaccionarias. No hay que culpar a la sociedad del crimen, la pobreza, el paro, etc., sino que es culpa del individuo, a través de sus deficiencias biológicas o genéticas. La solución por lo tanto es la cirugía cerebral o genética. Otros buscan la explicación de la violencia humana en niveles anormales de testosterona, o en bajo ritmo cardíaco. Algunos científicos han apuntado a los bajos

niveles de serotonín, un componente químico que en el cuerpo afecta, entre otras cosas, al funcionamiento del cerebro. Así, C. R. Jeffery escribió en el *Journal of Criminal Justice Education* que: "incrementando los niveles de serotonín en el cerebro podemos reducir el nivel de violencia". Así se administran intensificadores de serotonín, como el antidepresivo Prozac, a pacientes para curar su agresividad. La falsedad de este argumento se demuestra en el hecho de que los niveles de serotonín pueden aumentar o disminuir en diferentes partes del cerebro en diferentes momentos, con diferentes efectos. El entorno también puede afectar los niveles. Sin embargo estos hechos no impiden que esta gente siga haciendo sus afirmaciones para apoyar los puntos de vista reaccionarios.

Jefferey plantea que "la ciencia tiene que decirnos qué individuos serán o no criminales, qué individuos serán o no víctimas, y qué estrategias para mantener la ley funcionarán y cuales no". Yudofsky refuerza el entusiasmo de Jeffrey con esta afirmación: "estamos al borde de una revolución en la medicina genética. El futuro será entender la base genética de los desordenes agresivos e identificar a aquellos que tienen mayores posibilidades de convertirse en violentos". Yudofsky cree que habría que hacer pruebas a los niños hiperactivos y darles, si fuese necesario, beta bloqueadores, anticonvulsivos o litio. Según Yudofsky estas drogas tendrían "un coste efectivo" y serían "una tremenda oportunidad para la industria farmacéutica". A este señor, pese a sus aires científicos, se le ve claramente el plumero.

"Hay sectores a los que podemos empezar a aplicar un punto de vista biológico" dice Fishbein. "Hay que valorar individualmente a los delincuentes". Para seguidamente plantear tratamientos obligatorios para los reclusos, pero si estos no dan resultado "deberían seguir en prisión indefinidamente". Masters piensa que "tenemos suficientes conocimientos sobre el sistema serotoninergico como para saber que si vemos que un niño tiene malos resultados escolares, tenemos que mirar sus niveles de serotonín".

Racismo y genética

En una intervención en el senado de los Estados Unidos en 1899 se planteó que "Dios no ha estado preparando a los pueblos teutones y anglo parlantes durante mil años simplemente para una vana y ociosa auto admiración. Ya que nos ha hecho aptos para el gobierno debemos administrar gobierno sobre los pueblos salvajes y seniles".

B. Shockley, el co-inventor del transistor, argumentó que ya que los negros eran genéticamente menos inteligentes que los blancos, no debería dárseles las mismas oportunidades, un punto de vista que comparte el conocido psicólogo Hans J. Eysenck. Se ve la naturaleza humana como la fuente y explicación de todos los males sociales, sacando determinados paralelismos distorsionados con los modos de vida de otros animales. La sociobiología en general, plantea que el racismo y el nacionalismo son extensiones naturales del tribalismo que a su vez es producto de la "selección de parentesco". "Nacionalismo y racismo", plantea E. O. Wilson, "son brotes culturalmente nutridos del simple tribalismo". Esta idea ha sido sugerida incluso por Richard Dawkins: "Es concebible que los prejuicios raciales se puedan interpretar como una generalización irracional de una tendencia de selección de parentesco a identificarse con individuos que se parecen a uno físicamente y a ser desagradable con individuos de aspecto diferente". 85

Según el padre de la sociobiología, E. O. Wilson, "en las sociedades de cazadores recolectores, los hombres cazaban y las mujeres se quedaban en casa. Este fuerte prejuicio persiste en la mayoría de sociedades agrícolas e industriales de hoy en día y *sólo sobre esta base parece tener un origen genético*". Plantea que los hombres son polígamos "por naturaleza", mientras que las mujeres son monógamas "por naturaleza". La característica de la sociobiología es la comparación de las relaciones sociales humanas con el mundo animal, como justificación de la dominación masculina y la estructura de clase. "El peso del factor genético genético", dice Wilson, "es lo suficientemente fuerte como para provocar una división del trabajo sustancial incluso en las más libres e igualitarias de las sociedades futuras". Este es el planteamiento, basado en el mundo natural, que el zoólogo Desmond Morris intenta popularizar.

Los intentos recientes de demostrar que la inteligencia es hereditaria se han centrado en los tests de inteligencia. *The Bell Curve* de Charles Murray, vuelve a recuperar el viejo argumento de que la genética explica la diferencia entre el IQ medio de blancos y negros en Estados Unidos. El argumento fundamental de este libro ha sido demolido una y otra vez. Según el psiquiatra Peter Breggin, es un intento de "resucitar la imagen King Kong de los afroamericanos como violentos y estúpidos" (*The Guardian*, 13 de Marzo de 1995). Pero la evidencia más demoledora contra las teorías del determinismo genético viene de un libro reciente titulado *The History and Geography of Human Genes* (Historia y geografía de los genes humanos) por los genetistas de la población Luca Cavalli-Sforza, Paolo Menozzi y Alberto Piazza. Este libro es un resumen de 50 años de investigaciones sobre genética de población. Es la explicación más prestigiosa de cómo los seres humanos varían a nivel de sus cromosomas. La conclusión de este libro es que, si descontamos los genes que determinan rasgos superficiales como la coloración y estatura, las "razas" humanas son enormemente parecidas debajo de la piel. La variación entre individuos es mucho más grande que entre grupos raciales. Según la revista *Time*, "de hecho, la diversidad entre individuos es tan grande que el concepto de raza no tienen ningún significado a nivel genético. Los autores afirman que no hay ninguna "base científica" para las teorías que plantean la superioridad genética de una población sobre otra" (16 de Enero de 1995)

Haciendo una crítica del libro, el artículo del *Time* dice: "A pesar de las dificultades, los científicos han hecho algunos descubrimientos que rompen mitos. Uno de ellos salta a la vista en la portada: un mapa en color de la variación genética a nivel mundial en el que África está en un extremo del espectro y Australia en el otro. Puesto que los aborígenes australianos y los africanos sub-saharianos tienen rasgos superficiales comunes como el color de la piel

y la forma del cuerpo, se suponía en general que estaban estrechamente relacionados. Pero sus genes nos cuentan una historia bien diferente. De todos los humanos, los australianos son los más alejados de los africanos y son muy cercanos a sus vecinos, los sudeste asiáticos". La crítica acaba: "lo que el ojo ve como diferencias raciales entre europeos y africanos por ejemplo son principalmente adaptaciones al clima en la medida en que los humanos se trasladaron de un continente a otro". El libro también confirma que el lugar de nacimiento de la humanidad y por lo tanto el punto de partida de las primeras migraciones fue África, demostrando por lo tanto que la escisión de la rama africana es la más antigua del árbol genealógico humano.

La utilización de las teorías biológicas y genéticas para justificar políticas reaccionarias no es un fenómeno nuevo, aunque en la última década ha revivido debido a la tendencia general de los gobiernos occidentales de atacar el estado del bienestar, y todas las demás conquistas de la clase obrera. Las leyes del mercado es decir *la ley de la selva* vuelven a estar de moda. Eso incluye, por supuesto, las universidades, donde siempre hay bastante gente dispuesta a nadar a favor de la corriente general, lo cual resulta provechoso para su carreras.

Hay gran cantidad de académicos que estudian su terreno de manera desapasionada, pero sería ingenuo pensar que el hecho de que una persona tenga una lista de títulos detrás de su nombre le inmuniza contra las presiones de la sociedad en que vive, sea o no consciente de ello. En 1949, N. Pastore llevó a cabo un estudio sobre las opiniones de veinticuatro psicólogos, biólogos y sociólogos en relación al llamado problema del peso relativo de los genes y el entorno. De doce "liberales o radicales" once dijeron que el ambiente era más importante que la herencia, y uno lo contrario. En el campo conservador, el resultado fue exactamente el contrario, once hereditarios y solo un ambientalista. Dobzhansky encontró estos resultados "desconcertantes". Por nuestra parte, los encontramos bastante predecibles.

Roger Scruton saca las lecciones sociales: "La bioeconomía plantea que los programas gubernamentales que obligan a los individuos a ser menos competitivos y egoístas que lo que están genéticamente programados están condenados de antemano a fracasar". Esto encaja perfectamente con el resurgimiento del determinismo genético en Estados Unidos, y sus pruebas de que los negros son inferiores que los blancos, y que la clase obrera es inferior a las capas medias y superiores. El apoyo científico a este tipo de falacias se utiliza para darles un aura de respetabilidad y "objetividad".

El gen egoísta

Richard Dawkins, que saltó a la fama con su controvertido libro *The Selfish Gene* (El gen egoísta), ha estado en el centro de una acalorada polémica sobre genética. Los biólogos moleculares han determinado la importancia del ADN a la hora de replicar copias de moléculas de ADN. Poseen las instrucciones codificadas que producen los ladrillos constituyentes de la vida, los aminoácidos. Estos fabrican las proteínas que modelan las células y órganos. Debido a esto algunos biólogos moleculares y también sociobiólogos han planteado que toda la selección natural actúa en última instancia a nivel del ADN. Esto ha llevado a una serie de científicos a obsesionarse hasta tal punto con el carácter maravilloso del gen, que pocos son capaces de ver el bosque más allá de los árboles. Algunos han dado al gen ciertas calidades místicas de las que se deducen ideas reaccionarias. La idea de que las características físicas, morales y mentales de una persona se transmiten inalteradas e inalterables a través de los genes no tiene ninguna base genética científica. Y sin embargo ha aparecido una y otra vez en la literatura científica y ha tenido serias consecuencias, por no decir desastrosas, en la política social en todo el siglo XX.

El gen transmite su influencia de los padres a sus descendientes. Sólo se puede definir como una diferencia entre un número diferente de genes (llamados *alelos*) que influyen la misma característica (por ejemplo alelos azules/marrones para el color de los ojos). La diferencia se identifica por medio de observación y pruebas bioquímicas, fisiológicas, estructurales o de comportamiento (una vez que se han excluido otras fuentes de variación, como el ambiente).

Desgraciadamente, muchos científicos y no científicos utilizan una versión distorsionada de esta definición. Especialmente cuando un gen que *contribuye* a que un determinado animal se comporte de forma diferente se convierte en el gen que *determina* ese comportamiento particular. Dawkins no es el único científico que cae en esta trampa. En los años 70 muchos hablaban de una *codificación* genética para características físicas y de comportamiento. También un gen debe ser comparado con otro para el mismo rasgo. no es una entidad que va por su cuenta. Como J. B. S. Haldane señala correctamente la genética es la ciencia de las *diferencias* no de los similitudes. Simplemente, tu y yo podemos ser los dos egoístas, las diferencias entre nosotros no pueden. No puedes aplicar características personales a una comparación. En su libro *The Selfish Gene*, Dawkins salta de una definición a la otra, planteando que son intercambiables, cuando no lo son. El resultado ha sido dar fuerzas al determinismo genético. Una generación entera de científicos americanos y de otros países han sido educados en esta confusión.

La investigación científica en el campo de la genética demuestra las posibilidades para la medicina. Enfermedades genéticas como la corea de Huntington, la distrofia muscular de Duchenne, entre otras ya han sido identificadas. Pero parece ser una cosa generalmente aceptada el que existen genes responsables de todo tipo de cosas, como la homosexualidad y la criminalidad. El determinismo genético ha llevado a conclusiones reaccionarias, reduciendo todos los problemas sociales al nivel de la genética. En febrero de 1995 se celebró en Londres una conferencia sobre *Genética del comportamiento criminal y antisocial*. Diez de los trece ponentes eran de los Estados Unidos donde una conferencia similar en 1992, con un marcado trasfondo racista, no se llegó a celebrar por la presión de la opinión pública en contra. Aunque el presidente, Sir Michael Rutter del London Institute of Psychiatry declaró que "no existe tal cosa como un gen del crimen", otros participantes, como el Dr. Gregory Carey del Institute of Behavioural

Genetics, University of Colorado, mantuvo que los factores genéticos en su conjunto eran responsables del 40/50% de la violencia criminal. Aunque dijo que no sería práctico "tratar" la criminalidad a través de la ingeniería genética, otros participantes declararon que había buenas perspectivas para el desarrollo de medicamentos que controlasen la excesiva agresividad, una vez que se encontrasen los genes responsables. Sin embargo sugirió que *se debería considerar la posibilidad del aborto cuando las pruebas prenatales indicasen la probabilidad de que un niño naciese con genes que le predispusieran para el comportamiento violento o antisocial*. Su punto de vista fue respaldado por el Dr. David Goldman del Laboratorio de Neurogenética del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos. "Se debería dar a las familias la información y se les debería permitir que decidiesen por su cuenta como utilizarla" (*The Independent*, 14 de febrero 1995).

Según el profesor Hans Brunner del Nijmegen Hospital en Holanda, los hombres de una familia que heredaban una anomalía genética en el cromosoma X que les provocaba una deficiencia en un enzima relacionada con mensajes en el cerebro, habían mostrado "agresión impulsiva" incluyendo incendio premeditado e intento de violación. El Dr. David Goldman del Laboratorio de Neurogenética del Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos, y el profesor Matti Virkkunen de la Universidad de Helsinki dijeron que estaban descubriendo variaciones genéticas vinculadas a la agresividad en la manera en que la gente procesa los componentes químicos en el cerebro. "Hay compañías farmacéuticas que ya están interesadas en nuestros descubrimientos", dijo Virkkunen. (*The Financial Times*, 14 de febrero de 1995).

Steven Rose describió la conferencia como "provocadora, inquietante y desequilibrada". 15 científicos atacaron la atacaron en una carta. El Dr. Zacari Erzincioğlu, director del Centro de Ciencia Forense de la Universidad de Durham, la calificó de "muy inquietante, para mentes simples y maliciosa". Los argumentos de estos deterministas genéticos son utilizados para reforzar ideas sociales reaccionarias. Ashley Montague planteó que "no son los 'genes criminales' los que hacen a los criminales, sino en la mayoría de los casos 'las condiciones sociales criminales'".

The Selfish Gene, de Richard Dawkins, editado por primera vez en 1976, hace algunas afirmaciones de partida que llevan a conclusiones políticas reaccionarias. "Nacemos egoístas", dice Dawkins. Lo que aparentemente surge de nuestros genes "egoístas". A pesar de que "los genes no tienen previsión. No planifican por adelantado," aquí Dawkins atribuye a los genes una conciencia y una identidad "egoísta". Se esfuerzan para replicarse, como si estuvieran planificando conscientemente cómo podrían conseguirlo.

"Ciertamente en principio, y también de hecho, el gen sale a través de la pared del cuerpo individual y manipula objetos en el mundo exterior, algunos de ellos son inanimados, algunos de ellos son otros seres vivos, algunos de ellos bastante alejados. Con un poco de imaginación podemos ver al gen sentado en el centro de una tela de araña de potencia fenotípica extendida. Y un objeto en el mundo es el centro de influencias de telas de araña convergentes de muchos genes sentados en muchos organismos. El largo alcance del gen no conoce fronteras obvias". 86 Debido a que para Dawkins los organismos individuales no sobreviven de una generación a otra, mientras que los genes sí, se deduce que la selección natural actúa sobre lo que sobrevive, es decir, los genes. Para Dawkins la selección actúa en última instancia a nivel del ADN. Al mismo tiempo cada gen compete con los demás para reproducirse en la siguiente generación. "Después de todo, ¿qué es tan especial en los genes? La respuesta es que son replicadores".

Para Él, el replicador de la vida es el gen; así el organismo es simplemente el vehículo de los genes ("máquinas de supervivencia, robots vehículos ciegamente programados para preservar las moléculas egoístas conocidas como genes" "É" hormiguean en gigantescas colonias, a salvo en el interior de enormes y pesados robots"). Es simplemente una revisión del famoso aforismo de Butler de que la gallina es simplemente la forma que tiene el huevo de hacer otro huevo. Un animal, para Dawkins, es solamente la manera que tiene el ADN de crear más ADN. Imbuye a los genes con ciertas calidades místicas lo que en esencia es teleológico.

"Sospecho", dice Dawkins en su defensa, "que tanto Rose como Gould son deterministas ya que creen en una base física, materialista para todas nuestras acciones. También yo, cualquiera que sea el punto de vista que uno tome sobre la cuestión del determinismo, la inserción de la palabra 'genético' no va a provocar ningún cambio". Y añade: "si eres un determinista completo crees que todas tus acciones están determinadas por causas físicas en el pasado. ¿Cuál es la diferencia en que algunas de estas causas sean *genéticas*? ¿Por que se cree que los deterministas genéticos tienen que ser más ineluctables, o más culpables, que los 'medioambientales'?". 87

Todo en la naturaleza tiene una causa y un efecto, y el efecto se convierte en causa. Dawkins mezcla determinismo y fatalismo. "Un organismo es una herramienta del ADN". El determinismo genético tiene un significado preciso, en el que se dice que los genes "determinan" la naturaleza exacta del fenotipo. No hay duda de que los genes tienen un poderoso efecto en la forma del organismo, pero su identidad será determinada *decisivamente* por el entorno. Por ejemplo, dos gemelos idénticos en dos ambientes totalmente diferentes serán dos caracteres totalmente diferentes. Como explica Rose, "En realidad, sin embargo, la selección debe actuar a gran cantidad de niveles. Trozos individuales de ADN del tamaño de un gen pueden o no estar seleccionados por derecho propio, pero el ADN se expresa en el marco de un genotipo completo; por lo tanto agrupaciones concretas de genes o genotipos enteros tienen que representar en sí mismos otro nivel de selección. Además, el genotipo existe en un fenotipo, y el hecho de que ese fenotipo sobreviva o no depende de su interacción con otros. De ahí que sólo será seleccionado en el marco de la población en la que está encajado". 88

Dawkins se vio obligado a retroceder hasta cierto punto, modificando sus argumentos en las versiones más recientes de *The Selfish Gene* (1989) y en el *The Extended Phenotype* (1982). Plantea que su lenguaje rimbombante le dejó abierto a mal interpretaciones: "Es demasiado fácil dejarse llevar, y permitir que los genes hipotéticos tengan juicio

consciente y anticipación en la planificación de su 'estrategia'. Sin embargo defiende su argumento fundamental y ve la vida "en términos de replicadores genéticos preservándose a sí mismos por medio de sus fenotipos extendidos". Y que la "selección natural es supervivencia diferencial de genes". Dawkins ahora dice que "los genes pueden modificar los efectos de otros genes, y pueden modificar los efectos del entorno. Los acontecimientos en el entorno, tanto interno como externo, pueden modificar el efecto de los genes y pueden modificar el efecto de otros acontecimientos en el entorno". Pero aparte de esta concesión secundaria, la tesis fundamental de Dawkins se mantiene.

Por ejemplo dice: "A veces se atacan los anticonceptivos como 'antinaturales'. Y lo son, muy antinaturales. El problema es el estado del bienestar. Creo que la mayoría de nosotros pensamos que el estado del bienestar es altamente deseable. Pero no puedes tener un estado del bienestar antinatural, a no ser que también tengas un control de natalidad antinatural, de otra manera el resultado final será miseria incluso mayor que la que obtienes en la naturaleza". Y continua, "el estado del bienestar es quizás el sistema más altruista que el mundo animal nunca haya conocido. Pero todo sistema altruista es inherentemente inestable, porque está a merced del abuso por parte de individuos egoístas, dispuestos a explotarlo. Los seres humanos individuales que tienen más hijos de los que son capaces de criar, en la mayoría de los casos son demasiado ignorantes como para que se les pueda acusar de explotación consciente con mala fe".

Según Dawkins la adopción de niños está en contra de los instintos e intereses de nuestros "genes egoístas". "En la mayoría de los casos probablemente deberíamos considerar la adopción, aunque pueda parecer enternecedora, como un tiro equivocado en una regla dada", dice Dawkins. "Esto es así porque la generosa hembra no les está haciendo ningún bien a sus propios genes cuidando al huérfano. Está desperdiciando tiempo y energía que podría estar invirtiendo en las vidas de su propio parentesco, especialmente sus propios futuros hijos. Probablemente es un error que resulta ser demasiado raro como para que la selección natural se haya 'preocupado' de cambiar la regla haciendo el instinto maternal más selectivo".

Plantea que "si a una hembra se le dan datos fiables de que se espera una Época de hambruna, está en su propio interés egoísta reducir su propia tasa de natalidad". Dawkins también piensa que la selección natural favorecería que los niños timasen, mintiesen, engañasen y explotasen y que "cuando observamos poblaciones salvajes esperamos ver mentiras y egoísmo dentro de las familias. La frase 'el niño debería engañar' significa que los genes que tienden a hacer que los niños engañen tienen una ventaja en la combinación genética". 89 Y llega a la conclusión que el organismo es una herramienta del ADN, más que al revés.

Estos comentarios son interesantes, no tanto por lo que nos dicen sobre los genes, sino por lo que revelan sobre el estado de la sociedad en la última década del siglo XX. En ciertas sociedades el tener unos músculos potentes o la capacidad de correr más rápido pueden dar una ventaja genética. Si se atribuye una ventaja semejante a la propensión a mentir, explotar y timar, debe de significar que estas características son las calidades más necesarias para triunfar en la sociedad moderna, y esto es totalmente correcto desde el punto de vista de los defensores de "valores del mercado". Aunque es bastante cuestionable que este tipo de cualidades puedan de hecho transmitirse a través del mecanismo genético, lo que es un hecho es que son las cualidades fundamentales del *egoísmo de la burguesía*. La "guerra de todos contra todos" como el viejo Hobbes la definió, es el pilar fundamental de la sociedad capitalista.

¿Es cierto que este tipo de mentalidad es una parte genéticamente condicionada de la "naturaleza humana"? No deberíamos perder de vista que el capitalismo y sus valores solo han existido, a lo sumo, durante los últimos 200 años de los aproximadamente 5.000 de historia humana registrada y los 100.000 años de desarrollo humano. La sociedad humana, durante la mayor parte de su existencia se ha basado en el principio de la *cooperación*. De hecho los seres humano nunca se hubieran elevado por encima del nivel de los animales sin eso. Lejos de ser un componente esencial de la psicología humana, la competencia es un fenómeno relativamente reciente, un reflejo de la sociedad basada en la producción de bienes, que pervierte y cambia la naturaleza humana hacia modelos de comportamiento que hubieran sido considerados aberrantes y antinaturales en el pasado.

Es muy fácil culpar a algún fenómeno misterioso como por ejemplo "nuestros genes" por la moralidad avariciosa y egocéntrica del mercado. Además, esta no es una cuestión de zoología sino de clase social. Los capitalistas individuales compiten unos contra los otros y no dudan en utilizar todo tipo de métodos para arruinar a sus rivales mentiras, estafas, espionaje industrial, OPAs hostiles que se consideran como prácticas comerciales normales. Desde el punto de vista de la clase obrera las cosas son muy diferentes. No es una cuestión de moral individual, sino precisamente de supervivencia social (el equivalente sociológico de la "supervivencia de los más fuertes"). La única fuerza que tiene la clase obrera contra los empresarios es la fuerza de la unión, precisamente la *cooperación*.

Sin organización, empezando a nivel sindical, la clase obrera es sólo materia prima para la explotación. La necesidad de los trabajadores de unirse en defensa de sus intereses es una lección que tiene que aprenderse una y otra vez. El egoísmo y el "individualismo" (en el sentido burgués de la palabra) es una autodestructiva para la clase obrera. La prensa burguesa presenta a los esquirols como defensores de la "libertad individual" porque a los empresarios les interesa que la clase obrera quede reducida a sus partes componentes, completamente a merced del Capital. También en este caso se aplica la ley dialéctica de que el todo es mayor que la suma de las partes. Consciente o inconscientemente los que presentan el egoísmo como un ideal, o por lo menos como componente de la "naturaleza humana", han tomado una posición definida en relación a la lucha entre el trabajo asalariado y el Capital, y no se pueden quejar si se les acusa de proveer grano al molino de la reacción.

Dawkins ve la evolución no como el resultado de una lucha de organismos, sino como una lucha entre genes intentado copiarse a sí mismos. Los cuerpos en los que habitan son secundarios. Descarta el principio darwiniano de que los individuos son las unidades de selección. Esta es una idea fundamentalmente falsa. La selección natural actúa sobre organismos, cuerpos. Favorece a algunos organismos porque se adaptan mejor a su entorno. El gen es un trozo de ADN encerrado en el núcleo de la célula, cientos de los cuales contribuyen al desarrollo de la mayoría de las partes del cuerpo. Esto a su vez se ve afectado por toda una serie de factores del entorno, interna y externamente. La selección no actúa directamente sobre las partes. La selección natural actúa sobre organismos porque de alguna manera son más "fuertes", es decir, más cálidos, más fieros, más robustos, más ágiles, etc. Si hubiese un gen particular para la calidez u otras cualidades específicas, entonces podría ser que Dawkins tuviese razón. Pero no es el caso. No existe un gen para cada parte de la anatomía. Por ejemplo, las instrucciones para la construcción de la oreja se localizan en toda una serie de genes separados, la mitad de los cuales viene de cada uno de los padres.

Como Stephen Gould explicó: "(La selección natural) acepta o rechaza organismos enteros porque juegos de partes, interaccionando de maneras complejas, les dan ventajas. Los organismos son mucho más que una amalgama de genes. Tienen una historia que cuenta; sus partes interaccionan de maneras complejas. Los organismos están formados por genes que actúan en concierto, influenciados por entornos, trasladados a partes que la selección ve y partes que son invisibles a la selección. Las moléculas que determinan las propiedades del agua son analogías pobres para genes y cuerpos". 90

Los métodos de Dawkins le llevan a sumergirse en el idealismo, cuando intenta argumentar que la cultura humana se puede reducir a unidades que él llama *memes*, que aparentemente, al igual que los genes, se auto reproducen y compiten por la supervivencia. Esto es claramente incorrecto. La cultura humana se transmite de generación en generación, no a través de memes, sino a través de la educación en su sentido más amplio. No se hereda biológicamente sino que se tiene que reaprender a cuidadosamente y desarrollar en cada generación. La diversidad cultural no está vinculada a los genes, sino a la historia social. El punto de vista de Dawkins es esencialmente reduccionista.

Las sociedades se componen de organismos, los organismos de células, las células de moléculas, y las moléculas de átomos. Para Dawkins, la naturaleza humana y sus motivaciones se pueden entender analizando el ADN humano. Lo mismo es cierto en el caso de James Watson (el descubridor de la doble hélice, junto con Crick y Franklin) que dijo "¿Qué más hay aparte de átomos?". No se plantean la existencia de o bien múltiples niveles de análisis o de modos de determinación complejos. Ignoran las relaciones esenciales entre las células y el organismo en su conjunto. Este método empírico, que surgió con la revolución científica en la Época del nacimiento del capitalismo, fue progresista en su día, pero ahora se ha convertido en un freno para el avance de la ciencia y la comprensión de la naturaleza.

El futuro de la genética

"Hasta hace muy poco, el único acceso a los genes que modelan el mundo natural era a través del cambio en el entorno. Ahora se puede manipular los genes directamente. Eso hace que el cambio sea fácil, inmediato y comprensible; la tecnología que permite la manipulación genética directa también abre a la inspección la actividad de los genes. Pero al mismo tiempo hace que el cambio sea arbitrario, porque hace posible genes que ningún animal desarrollaría espontáneamente. Estas nuevas técnicas dan a la humanidad poderes sin precedente para cambiar el mundo, y también para cambiarse a sí misma" (*The Economist*, 25 de febrero de 1995).

En el curso de las últimas tres décadas se han producido avances colosales en el campo de la genética molecular. En 1972 se aisló y reprodujo el primer gen ("clonado" en un laboratorio). Las consecuencias de esto eran tan inquietantes que los científicos consideraron una moratoria voluntaria de la recombinación de genes clonados en el ADN de otros organismos. Pero ahora la introducción de genes clonados en humanos se ha convertido casi en una rutina. Para la primera década del próximo siglo los científicos conocerán los nombres de todas las proteínas del cuerpo humano. Este conocimiento tiene tremendas implicaciones para el futuro, para bien o para mal.

Hasta el momento el gen ha estado rodeado de misterio, como la Cosa-en-Sí de Kant. El gen era el mascarón de proa del destino humano, implacable, inalterable e insondable. Hablar de los genes no era sólo hablar de nuestra herencia, sino de nuestro destino. Y el destino es una corte ante la que no se puede apelar. Hasta ahora. Pero ahora, por primera vez en la historia de la vida en nuestro planeta, existe la posibilidad de que los seres humanos controlen su propio destino a los niveles más profundos. Al contrario de las sandeces de los genetistas reaccionarios, nunca fue cierto que los genes determinasen completamente la evolución humana. A pesar de que juegan un papel importante en la vida humana, los genes no la controlan. A lo sumo, establecen ciertos parámetros que limitan o permiten. Pero ahora, por primera vez, se está llevando bajo control al propio genotipo. Este es un desarrollo revolucionario, preñado de consecuencias para el futuro de la humanidad.

El surgimiento de la vida a partir de la materia inorgánica fue un salto evolutivo de gigante. Después de toda una serie de transformaciones, el desarrollo del cerebro pensante como producto de la vida social y el trabajo colectivo, fue otro paso de gigante. La materia adquirió consciencia de sí misma. Ahora por primera vez en 4.000 millones de años los seres humanos están en el proceso de adueñarse de los secretos de su propia evolución. La selección natural deja de ser una fuerza ciega y misteriosa. Se puede llevar al genotipo todo poderoso bajo el control del fenotipo. El género humano tiene el potencial de determinar su propio destino, y modificar los duros dictados de la selección natural.

"De la misma manera que los organismos son interpretaciones de la información genética en un entorno específico", escribe Oliver Morton, "la utilización de estos conocimientos genéticos dependerá de los entornos económicos, éticos, personales y políticos, en los que se utilicen. Pero para bien o para mal se utilizarán. Los genes que limitan y permiten imperiosamente serán controlados por la voluntad humana; se podrán mover los límites, se podrán ampliar los permisos. Los genes nunca han sido los dueños absolutos de la naturaleza humana, pero tampoco han estado al servicio de la humanidad. Hasta ahora." (*The Economist*, 25 de febrero de 1995).

Es tan inútil lamentarse de estos descubrimientos como lo era para los grupos de obreros desesperados romper las máquinas al principio de la revolución industrial. Los descubrimientos de la ciencia y la tecnología son una parte vital del desarrollo de la sociedad, permitiendo a la humanidad tener un control mayor sobre las límites impuestos por la naturaleza. Sólo de esta manera la humanidad puede llegar a ser auténticamente libre. El problema no es lo que la mente humana descubra. El problema es cómo se utilizan estos descubrimientos. Los avances de la ciencia abren un nuevo horizonte ilimitado de desarrollo humano. Pero hay una cara oscura en todo esto. El siglo XX contiene un terrible mensaje de los horrores que puede crear el sistema capitalista en su Época de declive histórico. Las técnicas de la ingeniería genética en manos de los monopolios sin ningún control, interesados solamente en sacar el máximo beneficio plantea una amenaza terrible.

Todo el desarrollo de la tecnología, que está constantemente rompiendo barreras, y uniendo el mundo de una manera que nunca antes se había visto, es un argumento en favor de una economía planificada a nivel mundial. No la monstruosa caricatura del estalinismo, sino una sociedad dirigida democráticamente, en la que hombres y mujeres adquieran un control consciente sobre sus vidas y destinos. Sobre la base de una economía armoniosamente planificada, uniendo todos los recursos del planeta, se abre una perspectiva de desarrollo ilimitado. Por un lado, tenemos la tarea de cuidar nuestro propio mundo, de hacerlo habitable para los seres humanos, de reparar los destrozos provocados por la avaricia irresponsable de beneficios de las multinacionales. Y por otro, tenemos delante nuestro el mayor desafío que nunca se le haya presentado a nuestra especie, la exploración del espacio, vinculada a la supervivencia futura de la humanidad. La ciencia de la ingeniería genética, ahora en su infancia, puede vincularse en el futuro a las necesidades de los largos viajes espaciales. Ahora esto está en el terreno de la especulación. Pero la historia de los últimos cien años nos ha demostrado lo rápidamente que ideas que parecían fantásticas se convierten en realidad.

Lo que podemos ver en este momento es un *potencial* colosal. En el contexto de una economía planificada democráticamente, en la que hombres y mujeres determinen libre y conscientemente sus destinos, la ciencia de la genética dejará de ser un estorbo al progreso humano y ocupará el lugar que le corresponde en el estudio y transformación de la propia vida. Esto no es fantasía sino que se corresponde a las posibilidades reales. En palabras de Oliver Morton:

"Las posibilidades de esta biología son casi infinitas. El mundo natural, incluyendo el cuerpo y la mente humanos, serán maleables. Órganos implantados podrían remodelar el cerebro, virus diseñadores reconstruir tejidos viejos. Los órganos humanos que crecen en animales para ser trasplantados ya se están diseñados. Pueden aparecer nuevos tipos de criaturas, criaturas que nos maravillen. Si la humanidad no puede encontrar seres parecidos en las estrellas, podría crear nuevas inteligencias en la tierra. La diferencia genética entre el hombre y el chimpancé es pequeña; nuevas especies pensantes no son inconcebibles.

"Todo esto puede ser posible a través de la genética. Pero al mismo tiempo, la preeminencia de las genes se desvanecerá. Los genes han perdido su posición privilegiada como portadores de información. La información biológica se almacenará en las mentes y en las computadoras al mismo tiempo que en los genes, y los genes serán simplemente uno de los medios de manipular el mundo, apropiados para algunas cosas, pero no para otras, como proteínas terapéuticas

"Lo que era único de los genes ahora está al alcance de la humanidad. Este control en poco tiempo puede llegar a tener el poder que se atribuía a los genes y más. La misma inteligencia será capaz de modelar el gen y el entorno, que son los que hacen al organismo tal como es. El control biológico de la información a esta escala de la materia prima y la manera en que se procesa significa el control de la biología, de la propia vida" (*The Economist*, 25 de febrero 1995)

Parte Cuatro: Orden en el Caos

16. Las Matemáticas en la encruzijada

¿Reflejan la realidad, las matemáticas?

"El hecho que nuestro pensamiento subjetivo y el mundo objetivo estén sujetos a las mismas leyes, y por lo tanto, también, que en último análisis no se contradigan entre ellos en sus resultados, sino que tienen que coincidir, gobierna absolutamente todo nuestro pensamiento teórico". (Engels.)

El contenido de las matemáticas "puras" en última instancia se deriva del mundo material. La idea de que las verdades matemáticas son un tipo de conocimiento especial que es innato o de inspiración divina no resiste ningún

análisis serio. Las matemáticas tratan sobre las relaciones cuantitativas del mundo real. Los llamados axiomas solo nos parecen auto evidentes por que son producto de un largo período de observación y experimentación de la realidad. Desafortunadamente muchos de los matemáticos de hoy en día parecen haberlo olvidado. Se engañan pensando que su tema "puro" no tiene nada que ver con el crudo mundo de las cosas materiales. Este es un ejemplo claro de las consecuencias negativas de llevar la división del trabajo a su extremo.

Desde Pitágoras en adelante, se han hecho todo tipo de planteamientos extravagantes en nombre de las matemáticas, que han sido consideradas como la reina de las ciencias, la llave mágica que abre todas las puertas del universo. Liberándose de todo contacto con el mundo físico, las matemáticas parecían planear por los cielos, donde adquirieron una existencia cuasi-divina, no obedeciendo más que sus propias leyes. Así, el gran matemático Henri Poincaré, a principios de este siglo, podía afirmar que las leyes de la ciencia no se relacionaban de ninguna manera con el mundo material, sino que representaban convenciones arbitrarias con el objetivo de promover una descripción más conveniente y "útil" de los fenómenos correspondientes. Muchos físicos hoy en día declaran abiertamente que sus modelos matemáticos no dependen de la comprobación empírica, sino de las calidades estéticas de sus ecuaciones.

Las teorías matemáticas han sido, por una parte, fuente de enormes avances científicos, y, por la otra, el origen de numerosos errores malentendidos que han tenido, y siguen teniendo, consecuencias profundamente negativas. El error central es intentar reducir el funcionamiento complejo, dinámico y contradictorio de la naturaleza a fórmulas cuantitativas estéticas y ordenadas. Se presenta la naturaleza de una manera formalista, como un punto unidimensional que se convierte en una línea, que se convierte en un plano, un cubo, una esfera, etc. Sin embargo, la idea de que las matemáticas puras son pensamiento absoluto, inmaculado y sin contacto con el mundo material, está bastante lejos de la realidad. Utilizamos el sistema decimal, no por deducción lógica o "libre albedrío", sino porque tenemos diez dedos. La palabra "digital" vine de la palabra latina que significa dedos. Y hasta hoy en día, un niño cuenta sus dedos a escondidas debajo de la mesa antes de llegar a la solución de un problema matemático abstracto. Al hacerlo, el niño está recorriendo inconscientemente el camino que los primeros humanos siguieron para aprender a contar.

Los orígenes materiales de las abstracciones matemáticas no eran ningún secreto para Aristóteles: "El matemático", escribió, "investiga abstracciones. Elimina todas las cualidades sensatas como peso, densidad, temperatura, etc., dejando sólo las cuantitativas y continuas (en una, dos o tres dimensiones) y sus atributos esenciales". En otra parte dice, "Los objetos matemáticos no pueden existir *aparte de* las cosas sensatas (es decir materiales)". Y, "No tenemos experiencia de nada que consista en líneas o planos o puntos, como deberíamos tener si estos objetos fuesen sustancias materiales, líneas, etc., pueden ser anteriores *en definición* al cuerpo, pero no son a priori *en sustancia*".¹

El desarrollo de las matemáticas es el resultado de necesidades humanas bien materiales. El hombre primitivo sólo tenía diez sonidos para los números, precisamente porque contaba, como los niños pequeños, con los dedos. La excepción eran los mayas en Centro América que tenían un sistema numérico basado en veinte en lugar de diez, probablemente porque contaban con los dedos de los pies además de los de las manos. Viviendo en una sociedad simple de cazadores-recolectores, sin dinero ni propiedad privada, nuestros antecesores no tenían ninguna necesidad de números más grandes. Para contar un número mayor que diez, simplemente combinaban algunos de los sonidos conectados con sus dedos. Esto una vez más se expresa en el "uno-diez" (undécimo en latín, que se transforma en once en castellano, o ein-lifon ó "uno por encima" ó en teutón antiguo, que se transforma en eleven en inglés moderno). Todos los demás números son sólo combinaciones de los diez sonidos originales, con la excepción de cinco añadidos cien, mil, un millón, un billón y un trillón .

Thomas Hobbes, el gran filósofo materialista inglés del siglo XVII ya había comprendido el auténtico origen de los números: "Y parece, que había un tiempo en el que esos nombres de números no se utilizaban; y los hombres se veían obligados a aplicar sus dedos de una o dos manos, a aquellas cosas de las que querían llevar la cuenta; y que de allí se deduce, que nuestras palabras numerales no son más que diez, en cualquier nación, y en algunas no son más que cinco, y entonces empiezan de nuevo".²

Alfred Hooper explica: "Por la simple razón de que el hombre primitivo inventó el mismo número de sonidos-número como dedos tenían, nuestra escala numeral hoy en día es *decimal*, es decir, una escala basada en *diez* , y consistente en una repetición inacabable de los diez primeros sonidos-número (É) Si los hombres hubiesen tenido doce dedos en lugar de diez, sin duda hoy en día tendríamos una escala numeral *duodecimal*, basada en doce, consistente en una repetición inacabable de los doce primeros sonidos-número".³ De hecho, un sistema duodecimal tiene ciertas ventajas comparado con el sistema decimal. Mientras que diez sólo es divisible por dos y cinco, doce se puede dividir exactamente por dos, tres, cuatro y seis.

Los números romanos son representaciones pictóricas de los dedos. Probablemente el símbolo del cinco representa el espacio entre el pulgar y los demás dedos. La palabra "calculus" (de la que se deriva calcular) significa "guijarro" en latín, en relación al método de contar piedras ensartadas en un ábaco. Estos, y otros muchos ejemplos sirven para ilustrar cómo las matemáticas no surgen de la libre operación de la mente humana, sino que son el producto de un proceso prolongado de evolución social, de pruebas y errores, observación y experimentación, que gradualmente empieza a separarse como un cuerpo de conocimiento de carácter aparentemente abstracto. De igual manera, nuestros sistemas de pesos y medidas se derivan de objetos materiales. El origen de las unidades de medida inglesas, como el pie, es evidente, o como la pulgada. La palabra castellana pulgada significa pulgar. El origen de los

símbolos matemáticos más básicos + y ñ no tiene nada que ver con las matemáticas. Eran signos utilizados en la Edad Media por los mercaderes para calcular el exceso o falta de cantidades de productos en los almacenes.

La necesidad de construir viviendas para protegerse de los elementos obligó a los hombres primitivos a encontrar la manera más práctica de cortar madera de tal forma que los extremos encajasen unos con otros. Esto llevó al descubrimiento del ángulo recto y de la escuadra. La necesidad de construir casas en terreno llano llevó a la invención del tipo de niveles que se han encontrado en tumbas egipcias y romanas, formados de tres piezas de madera unidas en un triángulo isósceles, con una cuerda colgando del ápice. Estas herramientas simples se utilizaron en la construcción de las pirámides. Los sacerdotes egipcios acumularon gran cantidad de conocimientos matemáticos derivados en última instancia de este tipo de actividad práctica.

La misma palabra "geometría" traiciona sus orígenes. Simplemente significa "medir la tierra". La virtud de los griegos fue el dar una expresión teórica acabada a estos descubrimientos. Sin embargo, al presentar sus teoremas como el producto puro de la deducción lógica, se estaban engañando y engañando a las futuras generaciones. En última instancia las matemáticas se derivan de la realidad material, y de hecho, no podrían tener ninguna aplicación sino fuese así. Incluso el famoso teorema de Pitágoras, que todo estudiante conoce, de que el cuadrado del lado más largo de un triángulo rectángulo es igual a la suma de los cuadrados de sus otros dos lados, había sido aplicado en la práctica por los egipcios.

Contradicciones en matemáticas

Engels, y antes de Él Hegel, planteó las numerosas contradicciones implícitas en las matemáticas. Esto ha sido así siempre a pesar de la perfección e infalibilidad casi papal que los matemáticos han atribuido su "ciencia sublime". Los pitagóricos iniciaron esta tendencia, con su concepción mística del Número, y de la armonía del universo. Sin embargo, muy pronto se encontraron con que su mundo armonioso y ordenado estaba lleno de contradicciones, la solución de las cuales les desesperó. Por ejemplo se dieron cuenta de que era imposible expresar la longitud de la diagonal de un cuadrado en números.

Los últimos pitagóricos descubrieron que muchos números, como la raíz cuadrada de dos, no se pueden expresar en números. Es un "número irracional". Pero a pesar de que la raíz cuadrada de dos no se puede expresar como una fracción, es útil para encontrar la longitud del lado de un triángulo. Las matemáticas de hoy en día contienen toda una colección de este tipo de animales extraños, todavía en estado salvaje a pesar de todos los esfuerzos que se han hecho por domesticarlos, pero que una vez que se aceptan tal y como son, son bastante útiles. Así tenemos, números irracionales, números imaginarios, números trascendentales, números transfinitos, todos con características contradictorias y extrañas, y todos indispensables para el funcionamiento de la ciencia moderna.

(pi) era bien conocido por los antiguos griegos, y generaciones de estudiantes han aprendido a identificarlo como la ratio entre la circunferencia y el diámetro de un círculo. Sin embargo, no se puede calcular su valor exacto. Arquímedes calculó su valor aproximado con el método conocido como "exhaustivo". Era entre 3,14085 y 3,14286. Pero si $=\pi$ intentamos escribir su valor exacto tenemos el extraño resultado de π que se π 3,14159265358979323846264338327950É y así hasta el infinito. Pi (conoce como un número trascendental, es absolutamente necesario para encontrar la circunferencia de un círculo, pero no se puede expresar como la solución de una ecuación algebraica. Después tenemos la raíz cuadrada de menos uno, que no es un número aritmético en absoluto. Los matemáticos lo denominan un "número imaginario", porque no hay ningún número real que multiplicado por sí mismo de como resultado menos uno, ya que dos menos dan como resultado un más. Una criatura de lo más peculiar pero no una creación de la imaginación, a pesar de su nombre . En el *Anti-Dühring* Engels plantea que:

"Es una contradicción que una magnitud negativa tenga que ser el cuadrado de algo, pues toda magnitud negativa tenga que ser el cuadrado de algo, pues toda magnitud negativa, multiplicada por sí misma, da un cuadrado positivo. La raíz cuadrada de menos uno es, por tanto, no sólo una contradicción, sino un verdadero contrasentido. Y, sin embargo, La raíz cuadrada de -1 es un resultado en muchos casos necesario de correctas operaciones matemáticas; aún más: ¿Qué sería de la matemática, elemental o superior, si se le prohibiera operar con la raíz cuadrada de -1?" 4 La observación de Engels es todavía más relevante hoy en día. Esta combinación contradictoria de un más y un menos juega un papel totalmente decisivo en la mecánica cuántica, en la que aparece en toda una serie de ecuaciones, fundamentales para la ciencia moderna.

No hay duda que las matemáticas implican toda una serie de contradicciones de partida. Esto es lo que Hoffman tiene que decir sobre esto:

"El hecho de que una fórmula de ese tipo tuviera cualquier conexión con ese mundo de estricta experimentación que es el mundo de la física es en sí mismo difícil de creer. Ésa iba a ser la fundación profunda de la nueva física, e iba a investigar más profundamente que nada que se hubiese hecho anteriormente hacia el mismo centro de la ciencia y la metafísica, lo que es tan increíble como en su tiempo tenía que haber parecido la doctrina de que la tierra es redonda". 5

Hoy en día la utilización de números "imaginarios" se da por supuesta. La raíz cuadrada de menos uno se utiliza en toda una serie de operaciones necesarias, como la construcción de circuitos eléctricos. A su vez, los números transfinitos son necesarios para entender la naturaleza del tiempo y el espacio. La ciencia moderna, y especialmente la mecánica cuántica, no puede funcionar sin utilizar conceptos matemáticos de características francamente

contradictorias. Paul Dirac, uno de los fundadores de la mecánica cuántica, descubrió los números "Q", que desafían las leyes de las matemáticas normales que plantean que a multiplicado por b es igual a b multiplicado por a .

¿Existe el infinito?

La idea del infinito parece difícil de captar, ya que, a primera vista, está más allá de toda experiencia humana. La mente humana está acostumbrada a tratar con cosas finitas, reflejadas en ideas finitas. Todo tiene un principio y un final. Este es un pensamiento familiar. Pero lo que es familiar no tiene necesariamente que ser cierto. La historia del pensamiento matemático contiene algunas lecciones altamente instructivas al respecto. Durante un largo período de tiempo los matemáticos, al menos en Europa, intentaron abolir el concepto de infinito. Sus motivos eran bastante obvios. Aparte de la dificultad evidente a la hora de conceptualizar el infinito, en términos puramente matemáticos implica una contradicción. Las matemáticas tratan con magnitudes definidas. El infinito, por su propia naturaleza no se puede contar ni medir. Esto quiere decir que hay un auténtico conflicto entre los dos. Por este motivo, los grandes matemáticos de la antigua Grecia evitaban el infinito como la plaga. A pesar de eso, desde los principios de la filosofía, el hombre especuló sobre el infinito. Anaximandro (610 - 547 a. de J.C.) lo tomó como base de su filosofía.

Las paradojas de Zenón (nacido hacia el 450 a. de J.C.) plantean la dificultad inherente en la idea de una cantidad infinitesimal como componente de magnitudes continuas intentando demostrar que el movimiento es una ilusión. Zenón "refutaba" el movimiento de diferentes maneras. Planteaba que un cuerpo en movimiento, antes de alcanzar un punto dado tenía que recorrer la mitad de la distancia. Pero antes de eso tiene que recorrer la mitad de esa mitad, y así hasta el infinito. Por lo tanto, cuando dos cuerpos se mueven en la misma dirección y el de atrás, a una distancia dada del otro, se mueve a velocidad mayor del de delante, asumimos que le alcanzará. No, dice Zenón. "El más rápido nunca adelantará al lento". Esta es la famosa paradoja de Aquiles el veloz. Imaginémos una carrera entre Aquiles y una tortuga. Supongamos que Aquiles puede correr diez veces más rápido que la tortuga que sale con 1000 metros de ventaja. Cuando Aquiles haya cubierto los 1000 metros, la tortuga estará 100 metros más adelante; cuando Aquiles haya recorrido los 100 metros, la tortuga estará 10 metros más adelante; cuando Aquiles haya recorrido estos 10 metros la tortuga habrá avanzado otro metro, y así hasta el infinito.

Las paradojas de Zenón no demuestran que el movimiento sea una ilusión, o que Aquiles en la práctica no alcanzaría la tortuga, pero revelan brillantemente las limitaciones del método de pensamiento conocido como lógica formal. El intento de eliminar toda contradicción de la realidad, como hicieron los eleáticos, inevitablemente conduce a este tipo de paradojas insolubles, o antinomias como las llamó Kant más tarde. Para demostrar que una línea no se podía componer de un número infinito de puntos, Zenón planteó que si fuese así, Aquiles nunca alcanzaría la tortuga. Realmente aquí tenemos un problema lógico. Como explica Alfred Hopper:

"Esta paradoja sigue dejando perplejos incluso a aquellos que saben que es posible encontrar la suma de una serie infinita de números formando una progresión geométrica cuya ratio común sea menos de 1, y cuyos términos se hagan consecuentemente más y más pequeños y de esta manera 'convergiendo en algún valor límite'.⁶

De hecho, Zenón había revelado una contradicción del pensamiento matemático que todavía tendría que esperar dos mil años para encontrar su solución. La contradicción está relacionada con la utilización del infinito. Desde Pitágoras hasta el descubrimiento del cálculo diferencial e integral en el siglo XVII, los matemáticos dieron grandes rodeos para evitar utilizar el concepto de infinito. Sólo el gran genio Arquímedes estudió el tema, pero siguió evitándolo con un rodeo. Los primeros atomistas, empezando con Leucipo, que podría haber sido un discípulo de Zenón, plantearon que los átomos "indivisibles e infinitos en número, se mueven incesantemente en un espacio vacío de dimensiones infinitas".

La física moderna acepta que el número de instantes entre dos segundos es infinito, igual que el número de instantes en un período de tiempo que no tenga principio ni fin. El propio universo se compone de una cadena infinita de causas y efectos, en constante cambio, movimiento y desarrollo. Esto no tiene nada en común con la cruda y unilateral noción de infinito como una serie infinita de números de la aritmética simple, en la que el "infinito" tiene siempre un "principio" en el número uno. Esto es lo que Hegel denominó el "Mal Infinito".

El más grande matemático griego, Arquímedes (287-212 a. de J.C.) utilizó efectivamente los indivisibles en geometría, pero consideraba que la idea de números infinitamente grandes o pequeños carecía de fundamento lógico. De forma parecida, Aristóteles planteó que en la medida en que un cuerpo tiene que tener una forma, tiene que estar limitado, y por lo tanto no puede ser infinito. Aunque aceptaba que había dos tipos de infinitos "potenciales" adición sucesiva aritméticamente (infinitamente grande) y sucesivas subdivisiones geométricamente (infinitamente pequeño) polemizó con otros geómetras que sostenían que un segmento de una línea se compone de una cantidad infinita de infinitesimales fijos, o indivisibles.

Esta negación del infinito constituía una barrera real al desarrollo de las matemáticas en la Grecia clásica. En contraste, los matemáticos de la India no tenían este tipo de escrúpulos e hicieron grandes avances, que llegaron posteriormente a Europa a través de los árabes. El intento de abolir la contradicción del pensamiento, de acuerdo con los rígidos esquemas de la lógica formal retrasó el desarrollo de las matemáticas. Pero el espíritu aventurero del Renacimiento abrió las mentes de los hombres a nuevas posibilidades que eran, de hecho, infinitas. En su libro *La nueva ciencia* publicado en 1638, Galileo planteó que cada entero (número entero) sólo tiene un cuadrado perfecto, y que cada cuadrado perfecto es el cuadrado de un sólo entero positivo. Así, en cierto sentido hay tantos cuadrados perfectos como enteros positivos. Esto nos lleva inmediatamente a una contradicción lógica. Contradice el axioma de

que el todo es mayor que cualquiera de sus partes, puesto que no todos los enteros positivos son cuadrados perfectos, y todos los cuadrados perfectos forman parte de todos los enteros positivos.

Esta es sólo una de las numerosas paradojas que han llenado las matemáticas desde el renacimiento, cuando los hombres empezaron a someter sus pensamientos y suposiciones a un análisis crítico. Como resultado de esto, lentamente, y enfrentándose a la tozuda resistencia de las mentes conservadoras, los axiomas supuestamente inabordables y las "verdades eternas" de las matemáticas han sido derrocados uno por uno. Llegamos a un punto en que se ha demostrado que todos los cimientos del edificio son inseguros y que necesita una reconstrucción a fondo sobre bases más firmes, y a la vez más flexibles, que ya están en proceso de construcción, y que inevitablemente tendrán un carácter dialéctico.

El cálculo

Muchos de los llamados axiomas de las matemáticas griegas clásicas ya habían sido minados por el descubrimiento del cálculo diferencial e integral, el mayor punto de inflexión en las matemáticas desde la Edad Media. Así, uno de los axiomas de la geometría plantea que recto y curvo son absolutamente opuestos, y que los dos son inconmensurables, es decir, que uno no se puede expresar en términos del otro. Sin embargo, en última instancia, recto y curvo se consideran iguales en el cálculo diferencial. Como Engels señala, las bases para esto ya se habían puesto mucho antes de que fuera elaborado por Leibniz y Newton: "El punto de viraje en las matemáticas fue la magnitud variable de Descartes. Con ella vino el movimiento, y por lo tanto la dialéctica en las matemáticas, y en el acto, además, por necesidad, el cálculo diferencial e integral, que además, empieza en seguida, y que en general fue completado por Newton y Leibniz, no descubierto por ellos".⁷

El descubrimiento del cálculo abrió un nuevo horizonte para las matemáticas y para la ciencia en general. Una vez que se levantaron los viejos tabúes y prohibiciones, los matemáticos se sintieron libres para investigar áreas completamente nuevas. Pero utilizaron números infinitamente pequeños y grandes de manera acrítica, sin considerar sus implicaciones lógicas y conceptuales. La utilización de cantidades infinitamente pequeñas e infinitamente grandes se consideraba como una especie de "ficción útil" que, precisamente porque no estaba clara del todo, siempre daba los resultados correctos. En la sección sobre *Cantidad* en el primer volumen de *La ciencia de la Lógica*, Hegel plantea como, mientras que la introducción del infinito matemático abrió nuevos horizontes para las matemáticas, y llevó a resultados importantes, siguió sin explicarse porque chocaba con las tradiciones y métodos existentes:

"Pero en el método del infinito matemático la matemática encuentra una contradicción radical al mismo método que le es característico, y en el que se basa como ciencia. Porque el cálculo del infinito admite, y exige, métodos de procedimiento que las matemáticas, cuando operan con magnitudes finitas, tienen que rechazar de plano, y al mismo tiempo trata estas magnitudes infinitas como Cuantos finitos, intentando aplicar a los primeros los mismos métodos que son válidos para estos últimos".⁸

El resultado fue un largo período de controversia en relación a la validez del cálculo. Berkeley lo denunció ya que estaba en contradicción abierta con las leyes de la lógica. Newton, que utilizó el nuevo método en su *Principia*, se sintió obligado a esconder este hecho del público, por miedo a una reacción adversa. A principios del siglo XVIII, Bernard Fontenelle finalmente tuvo el coraje de afirmar categóricamente que ya que existe una cantidad infinita de números naturales, existe un número infinito tan ciertamente como que existen números finitos, y que el recíproco de infinito es infinitesimal. Sin embargo Georges de Buffon le contradijo, planteando que el infinito era una ilusión. Incluso el gran intelecto de D'Alembert fue incapaz de aceptar esta idea. En el artículo de su *Encyclopaedia* sobre el Diferencial, negaba la existencia del infinito, excepto en el sentido negativo de un límite a cantidades finitas.

De hecho, el concepto de "límite" fue introducido en un intento de salvar la contradicción inherente al infinito. Fue especialmente popular en el siglo XIX cuando los matemáticos ya no se conformaban con aceptar a ciegas el cálculo como se había contentado con hacer la generación anterior. El cálculo diferencial planteaba la existencia de magnitudes infinitesimalmente pequeñas de órdenes variables — un primer diferencial, un segundo diferencial, y así hasta el infinito —. Con la introducción del concepto de "límite" crearon la idea de que no se planteaba un infinito real. La intención era hacer que la idea de infinito pareciera subjetiva, negar su objetividad. Se decía que las variables eran *potencialmente* infinitamente pequeñas, en la medida en que eran menos que cualquier cantidad dada, como *potencialmente* infinitas en la medida en que eran mayores que cualquier magnitud preasignada. En otras palabras, ¡"tan grande o pequeño como quieras"! Este juego de manos no solucionaba la dificultad, sino que sólo proporcionaba una hoja de parra para cubrir las contradicciones lógicas implicadas en el cálculo.

El gran matemático alemán Karl Frederick Gauss (1777-1855) estuvo dispuesto a aceptar el infinito matemático, pero se horrorizó ante la idea de la infinitud real. Sin embargo, su contemporáneo Bernhard Bolzano, partiendo de la paradoja de Galileo, empezó un estudio de las paradojas implícitas en la idea de un "infinito completo". Este trabajo fue desarrollado por Richard Dedekind (1813-1914) que caracterizó el infinito como algo positivo, y planteó que, de hecho, el conjunto de números positivos se puede considerar como negativo (es decir, como no infinito). Finalmente George Cantor (1845-1918) fue más allá de la definición de conjuntos infinitos y desarrolló una aritmética totalmente nueva de "números transfinitos". Las comunicaciones de Cantor, empezando en 1870, son una reseña de toda la historia del infinito, empezando por Demócrito. A partir de aquí se desarrolló toda una nueva rama de las matemáticas basada en la teoría de los conjuntos.

Cantor demostró que los puntos de una ζ rea, independientemente de lo grande que sea, o en un volumen o en un continuo de dimensión incluso mayor, se pueden aparejar con los puntos de una línea o un segmento, independientemente de lo pequeña que sea. De la misma manera que no hay ningún último número finito, no puede haber ningún último número transfinito. Por lo tanto después de Cantor no se puede discutir el papel central del infinito en las matemáticas. Es más, su trabajo reveló una serie de paradojas que han llenado las matemáticas modernas y todavía están pendientes de resolución.

Todo análisis científico moderno se basa en el concepto de continuidad, es decir, que entre dos puntos en el espacio existe un número infinito de otros puntos, y también que entre dos puntos en el tiempo hay un número infinito de otros momentos. Sin estas afirmaciones las matemáticas modernas simplemente no podrían funcionar. Sin embargo estos conceptos contradictorios hubieran sido rechazados indignadamente, o por lo menos observados con sospecha por las generaciones anteriores. Sólo el genio dialéctico de Hegel (que por cierto era un gran matemático) fue capaz de anticipar todo esto en su análisis de lo finito e infinito, tiempo, espacio y movimiento.

A pesar de todas las evidencias muchos matemáticos modernos siguen negando la objetividad del infinito, aunque aceptan su validez como fenómeno de las matemáticas "puras". Este tipo de división no tiene ningún sentido. Por que a menos que las matemáticas sean capaces de reflejar el mundo objetivo y real, ¿de qué servirían? Hay cierta tendencia entre los matemáticos modernos (y por extensión, increíblemente, los físicos teóricos) a recurrir al idealismo en su forma más mística, alegando que la validez de una ecuación es puramente una cuestión de su valor estético, sin ninguna relación con el mundo material.

El mismo hecho de que las operaciones matemáticas se puedan aplicar al mundo real y obtener resultados que tengan un significado indica que existe una afinidad entre ambos. Si fuese de otra forma, las matemáticas no tendrían una aplicación práctica, lo cual no es el caso. La razón por la que se puede utilizar el infinito, y se debe de utilizar, en las matemáticas modernas, es porque se corresponde con la existencia del infinito en la propia naturaleza, que se ha impuesto sobre las matemáticas, como un huésped al que nadie ha invitado, a pesar de todos los intentos de cerrarle la puerta.

La razón por la que les llevó tanto tiempo a los matemáticos para aceptar el infinito la explica Engels:

"Está claro que la infinitud que tiene un final, pero no tiene un comienzo, no es ni más ni menos infinita que la que tiene un comienzo y no tiene un final. La más modesta comprensión dialéctica habría debido decir al señor Dühring que el comienzo y el final van necesariamente juntos como el Polo Norte y el Polo Sur, y que cuando se prescinde del final el comienzo se convierte en final, es decir, en *un* final de la sucesión, y a la inversa. Toda esa ilusión sería imposible sin la costumbre matemática de operar con sucesiones infinitas. Como en la matemática hay que partir de lo determinado y finito para llegar a lo indeterminado y desprovisto de final, todas las sucesiones matemáticas, positivas o negativas, tienen que empezar con un uno para poder calcular con ellas. Pero la necesidad ideal del matemático está, muy lejos de ser una ley necesaria y constrictiva del mundo real".⁹

Crisis de las matemáticas

Desde nuestros días de escuela se nos ha enseñado a ver las matemáticas con sus "axiomas" evidentemente verdaderos y sus deducciones rigurosamente lógicas como la última palabra de la exactitud científica. En 1900 todo esto parecía cierto, aunque en el Congreso Internacional de matemáticos que se celebró ese año, David Hilbert planteó una lista de los 23 problemas matemáticos no resueltos más importantes. Desde ese momento las cosas se han ido complicando hasta el punto en que es posible hablar de una auténtica crisis en las matemáticas teóricas. En su libro ampliamente leído *Mathematics: The Loss of Certainty* (matemáticas: la pérdida de la certeza), publicado en 1980, Morris Klein describe la situación así:

"Las creaciones del siglo XIX, extrañas geometrías y extrañas álgebras, obligaron a los matemáticos, a regañadientes, a reconocer que los exactos matemáticos y las leyes matemáticas de la ciencia no eran verdades. Descubrieron, por ejemplo, que muchas geometrías diferentes encajaban igualmente bien con la experiencia espacial. No puede ser que todas ellas sean ciertas. Aparentemente el diseño matemático no era inherente a la naturaleza, o si lo era, las matemáticas del hombre no eran necesariamente la descripción de ese diseño. Se había perdido la llave de la realidad. El darse cuenta de eso fue la primera de las calamidades que iban a caer sobre las matemáticas.

"La creación de estas nuevas geometrías y álgebras hizo que los matemáticos experimentasen una conmoción de otro tipo. Se habían quedado tan embelesados con el convencimiento de que estaban consiguiendo verdades que se habían lanzado impetuosamente a asegurar estas verdades aparentes a costa de un razonamiento con una base sólida. El darse cuenta que las matemáticas no eran un cuerpo de verdades hizo tambalear su confianza en lo que habían creado, y se comprometieron a reexaminar sus creaciones. Estaban consternados por haberse dado cuenta que la lógica de las matemáticas estaba en mala forma".

A principios del siglo XX intentaron resolver los problemas no resueltos, despejar las contradicciones, y elaborar un nuevo e infalible sistema de matemáticas. Como explica Klein:

"Hacia 1900 los matemáticos creyeron que ya habían conseguido su objetivo. Aunque tenían que conformarse con las matemáticas como una descripción aproximada de la naturaleza y muchos incluso habían abandonado la creencia en el diseño matemático de la naturaleza, gozaban con la contemplación de su reconstrucción de la estructura lógica de las matemáticas. Pero antes de que hubieran acabado de brindar por su supuesto Éxito, se

descubrieron contradicciones en las matemáticas reconstruidas. Normalmente se referían a estas contradicciones como paradojas, un eufemismo que evita enfrentarse al hecho de que las contradicciones viciaban la lógica de las matemáticas.

"Los más brillantes matemáticos y filósofos de la Época emprendieron casi inmediatamente la tarea de resolver estas contradicciones. De hecho se concibieron, formularon y avanzaron cuatro métodos matemáticos diferentes, cada uno de los cuales congregó a numerosos adherentes. Todas estas escuelas fundacionales intentaron no sólo resolver las contradicciones conocidas sino asegurar que nunca más iban a surgir nuevas contradicciones, es decir, establecer la consistencia de las matemáticas. En estos esfuerzos fundacionales surgieron nuevas cuestiones. La aceptabilidad de algunos axiomas y algunos principios de lógica deductiva se convirtieron en los puntos de discusión sobre los que las múltiples escuelas adoptaron diferentes posiciones".

El intento de eliminar las contradicciones de las matemáticas sólo llevó a nuevas e insolubles contradicciones. El golpe final lo dio Kurt Gödel en 1930, cuando publicó sus famosos teoremas, que provocaron una crisis, poniendo en cuestión incluso los métodos fundamentales de las matemáticas clásicas:

"Tan tarde como en 1930 un matemático quizás se hubiera contentado con aceptar una u otra de las múltiples fundaciones de las matemáticas y declarar que sus pruebas matemáticas estaban por lo menos de acuerdo con los principios de esa escuela. Pero el desastre atacó de nuevo, en forma de la conocida comunicación de Kurt Gödel en la que demostraba, entre otros resultados significativos e inquietantes, que los principios lógicos aceptados por varias escuelas no podían demostrar la consistencia de las matemáticas. Esto no se podía hacer, demostró Gödel, sin invocar principios lógicos tan dudosos como para cuestionar lo que se conseguía. Los teoremas de Gödel provocaron una debacle. Los desarrollos posteriores trajeron nuevas complicaciones. Por ejemplo, se vio que incluso el método axiomático-deductivo tan altamente considerado en el pasado como el método para el conocimiento exacto, era defectuoso. El efecto resultante de este nuevo desarrollo fue el de añadir a la variedad de posibles métodos matemáticos y dividir a los matemáticos en un número de fracciones divergentes todavía mayor".¹⁰

El *impasse* de las matemáticas ha creado toda una serie de escuelas y facciones diferentes, ninguna de las cuales acepta las teorías de las otras. Hay platónicos (sí, es cierto), que consideran las matemáticas como una verdad absoluta ("Dios es un matemático"). Hay conceptualistas, cuya concepción de las matemáticas es completamente diferente de los platónicos, pero es meramente la diferencia entre idealismo subjetivo y objetivo. Ven las matemáticas como una serie de estructuras, modelos y simetrías que la gente se ha inventado para sus propios fines en otras palabras, las matemáticas no tienen base objetiva, ¡sino que son simplemente el producto de la mente humana! Esta teoría parece ser popular en Gran Bretaña.

También tenemos la escuela formalista, que se formó a principios del siglo XX, con el propósito declarado de acabar con las contradicciones en las matemáticas. David Hilbert, uno de los fundadores de esta escuela, veía las matemáticas simplemente como la manipulación de símbolos según unas reglas específicas para producir un sistema de afirmaciones tautológicas, que tienen una consistencia interna, pero ningún tipo de sentido. Aquí las matemáticas se reducen a un juego intelectual, como el ajedrez otra vez un punto de vista totalmente subjetivo. La escuela intuicionista también se propone separar las matemáticas de la realidad objetiva. Según esta gente, una fórmula matemática no se supone que represente nada que exista independientemente del propio acto de la computación. Esto se ha comparado al intento de Bohr de utilizar los descubrimientos de la mecánica cuántica para introducir nuevos puntos de vista de cantidades matemáticas y físicas divorciadas de la realidad objetiva.

Todas estas escuelas tienen en común una visión totalmente idealista de las matemáticas. La única diferencia es que los neoplatónicos son idealistas objetivos, que piensan que las matemáticas se originaron en la mente de Dios y el resto intuicionistas, formalistas y conceptualistas cree que las matemáticas son una creación subjetiva de la mente humana, vacía de cualquier significado objetivo. Este es el triste espectáculo que nos ofrecen las principales escuelas matemáticas en la última década del siglo XX. Pero este no es el fin de la historia.

Caos y complejidad

En los últimos años, la limitación de los modelos matemático a la hora de expresar el funcionamiento real de la naturaleza ha sido objeto de una intensa discusión. Las ecuaciones diferenciales por ejemplo, representan la realidad como un continuo, en el que los cambios de tiempo y lugar se producen uniforme e ininterrumpidamente. No queda lugar para cambios cualitativos o rupturas bruscas. Y sin embargo estos tienen lugar en la naturaleza. El descubrimiento del cálculo diferencial e integral en el siglo XVIII representó un gran avance. Pero incluso los modelos matemáticos más avanzados son solamente una vasta aproximación a la realidad, válida solamente dentro de ciertos límites. El reciente debate sobre caos y anti-caos se ha centrado en aquellas áreas que implican rupturas de la continuidad, cambios "caóticos" repentinos que no se pueden expresar correctamente con las fórmulas matemáticas clásicas.

La diferencia entre orden y caos tiene que ver con relaciones lineales y no-lineales. Una relación lineal es aquella que se puede describir fácilmente de forma matemática: se puede expresar de una u otra manera como una línea continua en un gráfico. Las matemáticas pueden ser complejas, pero se pueden predecir y calcular las soluciones. Sin embargo, una relación no-lineal, es aquella que no se puede resolver fácilmente matemáticamente. No hay ninguna línea continua en un gráfico que la describa. Las relaciones no-lineales históricamente han sido difíciles o imposibles de resolver, y a menudo han sido ignoradas como errores experimentales. Refiriéndose al famoso experimento del péndulo, James Gleick escribe que la regularidad observada por Galileo era solamente una

aproximación. El ángulo cambiante del cuerpo en movimiento crea una ligera no-linealidad en las ecuaciones. A baja amplitud, el error es prácticamente inexistente. Pero está ahí. Para obtener sus resultados exactos, Galileo tuvo que descartar no-linealidades que conocía: la fricción y la resistencia del aire.

La mayor parte de las matemáticas clásicas se basan en relaciones lineales abstraídas de la vida real como leyes científicas. Pero en la medida en que el mundo real está gobernado por relaciones no-lineales, estas leyes a menudo no son más que aproximaciones que se van refinando constantemente mediante el descubrimiento de "nuevas" leyes. Estas leyes son modelos matemáticos, construcciones teóricas cuya única justificación reside en la visión que nos dan de las fuerzas naturales y su utilidad a la hora de controlarlas. En los últimos veinte años la revolución en la tecnología de los ordenadores ha transformado la situación haciendo accesibles las matemáticas no-lineales. Por este motivo en una serie de facultades separadas y centros de investigación, matemáticos y otros científicos han podido llegar a calcular sistemas "caóticos" que en el pasado eran imposibles de calcular.

El libro de James Gleick, *Caos, la creación de una ciencia*, describe como los diferentes investigadores han estudiado a fondo sistemas caóticos utilizando toda una serie de modelos matemáticos diferentes, y sin embargo todos los estudios apuntan en una misma dirección: que existe un "orden" en lo que antes se creía que era un puro "desorden". La historia empieza con los estudios sobre modelos del tiempo meteorológico, en una simulación por ordenador, del meteorólogo americano Edward Lorenz. Utilizando doce variables al principio y luego solamente tres en un sistema de relaciones no-lineales, Lorenz fue capaz de producir en su ordenador una serie continua de condiciones en constante cambio, pero sin repetir dos veces las mismas condiciones. Utilizando reglas matemáticas relativamente simples había creado "caos".

Empezando con cualquier tipo de parámetros elegidos por Lorenz, su ordenador repetiría los mismos cálculos una y otra vez, y sin embargo sin llegar nunca al mismo resultado. Esta "aperiodicidad" (es decir, la ausencia de ciclos regulares) es característica de todos los sistemas caóticos. Al mismo tiempo, Lorenz se dio cuenta de que a pesar de que los resultados eran perpetuamente diferentes, por lo menos se podía sugerir que afloraban ciertos "modelos": condiciones que se aproximaban a las que ya se habían observado previamente, aunque nunca eran exactamente las mismas. Eso se corresponde con la experiencia que todos tenemos sobre el tiempo meteorológico real, en contraposición a las simulaciones por ordenador: hay ciertos "modelos", pero no hay dos días ni dos semanas en que el tiempo sea el mismo.

Otros científicos también han descubierto "modelos" en sistemas aparentemente caóticos, tan diferentes como el estudio de las órbitas galácticas y la modelación matemática de osciladores electrónicos. Gleick observa que en estos y otros casos, se "sugieren estructuras en medio de comportamientos aparentemente casuales". Cada vez se fue haciendo más obvio que los sistemas caóticos no eran necesariamente estables, ni tenían por que prolongarse por un período indefinido. La conocida "mancha roja" en la superficie de Júpiter es un ejemplo de un sistema continuamente caótico que es estable. Es más, se ha simulado en estudios por ordenador y en modelos de laboratorio. Así, "un sistema complejo puede dar paso a turbulencias y cohesión al mismo tiempo". Mientras, otros científicos utilizaron diferentes modelos matemáticos para estudiar fenómenos aparentemente caóticos en biología. Uno en concreto realizó un estudio de los cambios de población bajo una serie de condiciones. Se utilizaron variables estándar familiares para los biólogos, junto con ciertas de las relaciones computerizadas no-lineales, tal y como serían en la naturaleza. Esta no-linealidad podría corresponder, por ejemplo, a una característica única de la especie que se podría definir como una propensión a propagarse, su "supervivencialidad".

Estos resultados se expresaron en un gráfico con el tamaño de la población en el eje vertical, contra el valor de los componentes no-lineales en el eje horizontal. Se observó que en la medida en que la no-linealidad se hacía más importante incrementando ese parámetro particular la población proyectada pasaba por una serie de fases distintivas. Por debajo de cierto nivel crucial no habría población viable, e independientemente del punto de partida, el resultado sería la extinción. La línea del gráfico simplemente seguiría un trazo horizontal correspondiente a población cero. La siguiente fase era un estado estacionario, representado gráficamente por una sola línea curva creciente. Este es el equivalente a una población estable, a un nivel que dependía de las condiciones iniciales. En la siguiente fase había dos poblaciones diferentes pero fijas, dos estados estacionarios. Esto se representaba como una ramificación en el gráfico, o una "bifurcación". Sería el equivalente en las poblaciones reales a una oscilación periódica regular, en un ciclo bianual. En la medida en que se incrementaba más el grado de no-linealidad, se producía un rápido aumento de las bifurcaciones, primero correspondiendo a cuatro estados estacionarios (un ciclo de cuatro años) y después muy rápidamente 8, 16, 32 y sucesivamente.

De aquí que, con un pequeño aumento de valores del parámetro no-lineal, se desarrollaba una situación que, a todos los efectos prácticos no tenía ningún estado estacionario ni ninguna periodicidad reconocible la población había pasado a ser "caótica". También se observó que si se incrementaba más la no-linealidad, a través de la fase "caótica", aparecían periodos en los que se recuperaban estados aparentemente estacionarios, basados en ciclos de 3 o 7 años, pero en cada caso dando paso, en la medida en que se incrementaba la no-linealidad, a nuevas bifurcaciones representando ciclos de 6, 12 y 24 años en el primer caso, o ciclos de 14, 28 y 56 años en el segundo. De esta manera, con precisión matemática, era posible modelar un cambio de la estabilidad con un sólo estado estacionario o regular, comportamiento periódico, a uno que era, a todos los efectos de mediciones, casual o aperiódico.

Esto puede indicar una posible solución a los debates en el campo de la ciencia de la población entre los teóricos que creen que las variaciones de población impredecibles son una aberración respecto a la "norma de estado

estacionario", y otros que creen que el estado estacionario es una aberración respecto de la "norma caótica". Estas diferentes interpretaciones pueden surgir porque diferentes investigadores hayan tomado una "rebanada" del gráfico creciente que se corresponda a un sólo valor de la no-linealidad. Así, una especie podría tener como norma una población estacionaria o una periódicamente oscilante y otra puede exhibir una variabilidad caótica. Estos desarrollos en biología son otra indicación, como explica Gleick, de que "el caos es estable; está estructurado". Se empezaron a descubrir resultados similares en una amplia gama de fenómenos diferentes. "Se encontró caos determinístico en los registros de epidemias de sarampión en Nueva York y en 200 años de oscilación de la población de linces en Canadá, según los registros de los cazadores de la Hudson's Bay Company". En todos estos casos de procesos caóticos existe la "duplicación de periodos" característica de este modelo matemático concreto.

Las fractales de Mandelbrot

Otro de los pioneros de la teoría del caos, Benoit Mandelbrot, un matemático de la IBM, utilizó otra técnica matemática. En su capacidad de investigador de la IBM buscó y encontró "modelos" en toda una serie de procesos naturales "casuales". Descubrió, por ejemplo, que el "ruido" de fondo de las transmisiones telefónicas sigue un modelo completamente impredecible, o caótico, pero que sin embargo se puede definir matemáticamente. Utilizando un ordenador en la IBM, Mandelbrot fue capaz de producir sistemas caóticos gráficamente, utilizando solamente las más simples reglas matemáticas. Estos dibujos, conocidos como los "conjuntos de Mandelbrot", demostraban una complejidad infinita, y cuando se planteó aumentar el detalle en el ordenador que los estaba dibujando, la vasta y aparentemente infinita variedad continuaba.

Los conjuntos de Mandelbrot han sido descritos como el objeto o modelo matemático posiblemente más complejo nunca visto. Y sin embargo en su estructura existían modelos. Aumentando repetidamente la escala y observándolos cada vez con mayor detalle (algo que el ordenador puede hacer indefinidamente porque toda la estructura se basaba en un conjunto dado de reglas matemáticas) se podía observar que había repeticiones sistemáticas similitudes a diferentes escalas. El "grado de irregularidad" era el mismo a diferentes escalas. Mandelbrot utilizó la expresión "fractal" para describir los modelos que eran evidentes en la irregularidad. Fue capaz de construir toda una serie de formas fractales alterando ligeramente las reglas matemáticas. Así fue capaz de crear una simulación por ordenador de una línea costera que a cualquier escala (a cualquier aumento) tenía siempre el mismo grado de "irregularidad" o "ondulación".

Mandelbrot comparó sus sistemas inducidos por ordenador con ejemplos de geometría que también tienen formas fractales, repitiendo el mismo modelo una y otra vez a diferentes escalas. En la llamada esponja de Menger, por ejemplo, el área de su superficie tiende al infinito, mientras que el volumen real de la esponja tiende a cero. Aquí es como si el grado de irregularidad se correspondiera a la "eficacia" de la esponja a la hora de ocupar espacio. Estos ejemplos no están tan traídos por los pelos como puede parecer porque, como Mandelbrot explicó, hay muchos ejemplos de geometría fractal en la naturaleza. La ramificación de la tráquea para hacer dos bronquios y su sucesiva ramificación hasta el nivel de estrechas ranuras por donde pasa el aire en los pulmones, sigue un modelo que se puede demostrar que es fractal. De la misma manera se puede demostrar que la ramificación de los vasos sanguíneos es fractal. En otras palabras existe una "auto-similitud", un modelo geométrico repetitivo de ramificación, no importa a que escala lo observemos.

Los ejemplos de geometría fractal en la naturaleza casi no tienen fin, y en su libro *The Fractal Geometry of Nature* (La geometría fractal de la naturaleza) Mandelbrot trató de demostrarlo. Se ha descubierto que el ritmo del latido normal del corazón sigue leyes fractales, quizás debido a la disposición fractal de las fibras nerviosas en el músculo del corazón. Lo mismo se aplica a los rápidos movimientos involuntarios de los ojos característicos de la esquizofrenia. Así, hoy en día se utilizan las matemáticas fractales en una amplia gama de campos científicos, incluyendo la fisiología y disciplinas tan separadas como el estudio de los terremotos y la metalurgia.

Se han encontrado otros indicios de bases determinísticas del caos en los estudios de transiciones de fase y en lo que los modelistas matemáticos llaman "atractores". Hay muchos ejemplos de transiciones de fase. Puede ser el paso del fluido uniforme y "laminar" a un flujo turbulento, la transición de sólido a líquido o de líquido a gas, o el cambio en un sistema de conductividad a "superconductividad". Estas transiciones de fase pueden tener consecuencias cruciales en el diseño tecnológico y la construcción. Un avión por ejemplo perdería fuerza de sustentación si el flujo laminar del aire sobre el ala pasase a ser turbulento; de la misma manera en que la presión necesaria para bombear agua dependerá de si el flujo en la tubería es o no turbulento.

La utilización de diagramas de fase-escala y *atractores* representa otra herramienta matemática que ha encontrado gran variedad de aplicaciones en sistemas aparentemente fortuitos. Como en el caso de otros estudios del caos, se han descubierto modelos comunes, en este caso "atractores extraños" en diferentes programas de investigación, incluyendo osciladores eléctricos, dinámica de fluidos e incluso la distribución de las estrellas en los cúmulos globulares. Todas estas herramientas matemáticas duplicación de periodos, geometría fractal, atractores extraños se desarrollaron en momentos diferentes por diferentes investigadores examinando la dinámica caótica. Pero todos sus resultados apuntan en la misma dirección: existen unas leyes matemáticas subyacentes en lo que siempre se había considerado casual.

Un matemático, Mitchell Feigenbaum, uniendo una serie de cabos, ha desarrollado lo que él llama una "teoría universal" del caos. Como Gleick afirma: "creyó que esta teoría expresaba una ley natural sobre sistemas en el punto de transición entre el orden y la turbulencia (É) su universalidad no era sólo cualitativa, era cuantitativa (É) se extendía no sólo a modelos sino a números concretos".

Los marxistas reconocerán aquí la ley dialéctica conocida como de la transformación de cantidad en calidad. Esta idea describe la transición entre un período de desarrollo más o menos gradual, en el que el cambio se puede medir o "cuantificar", y el siguiente en el que el cambio ha sido tan "revolucionario", ha habido tal "salto", que se ha alterado toda la "calidad" del sistema. La utilización que hace Gleick de términos en un sentido similar es una indicación más de la manera en que la ciencia moderna se está deslizando hacia el materialismo dialéctico.

El punto central sobre la nueva ciencia es que estudia el mundo tal y como es en realidad: como un sistema dinámico en constante cambio. Las matemáticas clásicas, lineales son como la lógica formal que estudia las cosas en categorías fijas e inmutables. Son suficientes como aproximaciones, pero no reflejan la realidad. Sin embargo, la dialéctica es la lógica del cambio, de los procesos y como tal representa un avance respecto al formalismo. De la misma manera, las matemáticas del caos son un paso adelante respecto a la ciencia bastante "irreal" que ignoraba cómodamente las irregularidades de la vida.

Cantidad y calidad

La idea de la transformación de la cantidad en calidad se encuentra implícita en las matemáticas modernas, en el estudio de la continuidad y discontinuidad. Esto ya estaba presente en la nueva rama de la geometría, topología, inventada a principios de siglo por el gran matemático francés, Jules Henri Poincaré (1854-1912). La topología son las matemáticas de la continuidad. Como la explica Ian Stewart: "La continuidad es el estudio de los cambios uniformes, graduales, la ciencia de lo continuo. Las discontinuidades son repentinas, dramáticas: sitios en los que un cambio minúsculo en causa provoca un cambio enorme en efecto".¹¹

Los libros de texto normales de matemáticas nos dan una idea errónea de cómo es el mundo en realidad, de cómo funciona la naturaleza. "La intuición matemática, que tanto se cultiva", escribió Robert May, "equipa mal al estudiante para enfrentarse con el extravagante comportamiento del más sencillo de los sistemas no lineales".¹² Mientras que la geometría elemental de escuela nos enseña a considerar cuadrados, círculos, triángulos y paralelogramos como cosas totalmente separadas, la topología ("la geometría de la tela de goma"), los trata como *lo mismo*. La geometría tradicional nos enseña que no se puede cuadrar el círculo, sin embargo en la topología este no es el caso. Las líneas rígidas de demarcación se rompen: un cuadrado se puede transformar ("deformar") en un círculo. A pesar de los adelantos espectaculares de la ciencia en el siglo XX, es sorprendente ver como gran cantidad de fenómenos que parecerían bastante simples no se comprenden correctamente y no se pueden expresar en términos matemáticos, por ejemplo el tiempo meteorológico, el flujo de los líquidos, la turbulencia. Las formas de la geometría clásica son inadecuadas para expresar las superficies extremadamente irregulares y complejas que podemos encontrar en la naturaleza, como explica Gleick:

"La topología estudia las propiedades que siguen inalteradas cuando las formas se desfiguran por torsión, extensión o comprensión. No se interesa en si la forma es cuadrada o redonda, grande o pequeña, porque la deformación cambia tales atributos. Los topólogos se preocupan de si está acoplada, tiene agujeros o está anudada o enredada. Conciben las superficies, no en los universos euclidianos unidimensional, bidimensional y tridimensional, sino en espacios de dimensiones múltiples, imposibles de imaginar de manera visible. La topología es la geometría en trozos de goma. Se preocupa de lo cualitativo más que de lo cuantitativo".¹³

Las ecuaciones diferenciales tratan de la tasa de cambio de posición. Esto es más difícil de expresar de lo que podría parecer a primera vista. Muchas ecuaciones diferenciales no se pueden resolver. Estas ecuaciones pueden describir el movimiento, pero sólo como un cambio uniforme de posición, de un punto a otro, sin saltos repentinos ni interrupciones. Sin embargo, en la naturaleza el cambio no se produce de esta manera. Períodos de cambio gradual e ininterrumpido se ven interrumpidos por giros bruscos, rupturas de la continuidad, explosiones, catástrofes. Este hecho se puede ilustrar con numerosos ejemplos de la naturaleza orgánica e inorgánica, la historia de la sociedad y el pensamiento humano. En una ecuación diferencial, se presupone que el tiempo se divide en una serie de "escalones de tiempo" muy pequeños. Esto nos da una *aproximación* a la realidad, pero en la realidad no existen estos "escalones". Tal y como dijo Heráclito "todo fluye".

La incapacidad de las matemáticas tradicionales de tratar con cambios cualitativos en oposición a los meramente cuantitativos, supone una severa limitación. Dentro de ciertos límites puede ser suficiente. Pero cuando el cambio gradual cuantitativo se rompe de repente, y se vuelve "caótico" para utilizar la expresión en boga, las ecuaciones lineales de las matemáticas clásicas no son suficientes. Este es el punto de partida para las nuevas matemáticas lineales, cuyos pioneros fueron Benoit Mandelbrot, Edward Lorenz y Mitchell Feigenbaum. Sin darse cuenta seguían los pasos de Hegel, cuya línea nodal de medida expresa la misma idea, vital para la dialéctica.

La nueva actitud hacia las matemáticas se desarrolló como reacción al callejón sin salida de las escuelas matemáticas existentes. Mandelbrot había pertenecido a la escuela matemática francesa del formalismo, conocida como el grupo de Bourbaki, que planteaba un punto de vista puramente abstracto, empezando por principios fundamentales y deduciendo todo lo demás a partir de estos. De hecho se vanagloriaban de que su trabajo no tuviese nada que ver con la ciencia o el mundo real. Pero la llegada de los ordenadores introdujo un elemento completamente nuevo en la situación. Este es otro ejemplo de cómo el desarrollo de las condiciones técnicas condiciona el desarrollo de la ciencia. La gran cantidad de cálculos que se podían hacer simplemente apretando un botón posibilitó el descubrimiento de modelos y leyes donde antes parecía que solamente había fenómenos casuales y caóticos.

Mandelbrot empezó investigando fenómenos no explicados del mundo natural, como las ráfagas aparentemente casuales de interferencias en las emisiones de radio, las crecidas del Nilo, y las crisis de la Bolsa de valores. Se dio cuenta de que las matemáticas tradicionales eran incapaces de expresar adecuadamente este tipo de fenómenos. A finales del siglo pasado, George Cantor, investigando el infinito inventó un conjunto que lleva su nombre. Este implica una línea dividida en un número infinito de puntos (el "polvo" de Cantor) cuya longitud total es 0. Esta contradicción manifiesta inquietó a muchos matemáticos del siglo XX, y sin embargo sirvió de punto de partida para la nueva teoría de Mandelbrot de las matemáticas fractales, que jugaron un papel decisivo en la teoría del caos:

"Discontinuidad, ruidos súbitos, polvos de cantaré", explica Gleick, "fenómenos como ellos no habían tenido acogida en la geometría de los dos milenios anteriores. Las figuras de la geometría clásica son líneas y planos, círculos y esferas, triángulos y conos. Representan una abstracción poderosa de la realidad, e inspiran una atractiva filosofía de armonía platónica. Euclides hizo de ellas una geometría que duró dos mil años, la única que estudia todavía la inmensa mayoría de los seres humanos. Aristóteles encontró la belleza ideal en ellas. Mas, para entender la complejidad, su abstracción resulta inconveniente".¹⁴

Toda ciencia implica un grado de abstracción respecto al mundo real. El problema con las mediciones euclidianas clásicas, que trabajaban con longitud, profundidad y anchura, es que eran incapaces de expresar la esencia de las formas irregulares que se encuentran en el mundo real. La ciencia de las matemáticas es la ciencia de *magnitud*. Por lo tanto, las abstracciones de la geometría eucladiana dejan de lado todo lo que no sea el aspecto cuantitativo de las cosas. La realidad queda reducida a planos, líneas y puntos. Sin embargo, las abstracciones de las matemáticas, a pesar de las exageradas afirmaciones que se han hecho sobre ellas, son sólo una vasta aproximación al mundo real, con sus formas irregulares y cambios constantes y abruptos. En palabras del poeta romano Horacio: "Puedes echar a la naturaleza con una horca, pero volverá constantemente". James Gleick describe así la diferencia entre las matemáticas clásicas y la teoría del caos:

"Mandelbrot suele decir que las nubes no son esferas. Ni los montes conos. Ni el rayo fulmina en línea recta. La nueva geometría refleja un universo áspero, no liso, escabroso, no suave. Es la geometría de lo picado, ahondado y quebrado, de lo retorcido, enmarañado y entrelazado. La comprensión de la complejidad de la naturaleza convenía a la sospecha de que no era fortuita ni accidental. Exigía fe en que el interesante fenómeno de la trayectoria del rayo, por ejemplo, no dependía de su dirección, sino de la distribución de zigzag. La obra de Mandelbrot era una reivindicación del mundo, la exigencia de que formas tan raras gozaban de significado. Los hoyos y marañas eran algo más que distorsiones que afeaban las figuras de la geometría eucladiana. Con frecuencia servían de clave de la esencia de una cosa".¹⁵

Estas cosas era vistas como aberraciones monstruosas por los matemáticos tradicionales. Pero a un dialéctico le sugieren que la unidad de lo finito e infinito, como en la infinita divisibilidad de la materia, también se pueden expresar en términos matemáticos. El infinito existe en la naturaleza. El universo es infinitamente grande. La materia se puede dividir en partículas infinitamente pequeñas. Así, todas las discusiones sobre "el origen del universo" y la búsqueda de los "ladrillos de la materia" y la "última partícula" se basan en presupuestos totalmente erróneos. La existencia del infinito en matemáticas es simplemente un reflejo de este hecho. Al mismo tiempo, es una contradicción dialéctica que Éste universo infinito este compuesto de cuerpos finitos. Así, finito e infinito forman una unidad dialéctica de contrarios. El uno no puede existir sin el otro. La cuestión por lo tanto, no es si el universo es finito o infinito. Es finito e infinito a la vez, como ya explicó Hegel hace tiempo.

Los adelantos de la ciencia moderna nos han permitido penetrar cada vez más profundamente en el mundo de la materia. En cada etapa, se han hecho intentos de parar el proceso, de erigir una barrera, más allá de la cual supuestamente no se podía ir. Pero en cada etapa se superó el límite, revelando nuevos y sorprendentes fenómenos. Cada acelerador de partículas nuevo y más potente ha descubierto partículas nuevas y más pequeñas, con una existencia todavía más fugaz. No hay motivo para pensar que la situación será diferente en relación a los quarks, que por ahora se nos presentan como la última de las partículas.

De manera parecida, el intento de establecer el principio del universo y el "tiempo" se convertirá en una búsqueda inútil. El universo material no tiene límites, y todos los esfuerzos para imponérselos fracasarán inevitablemente. Lo más alentador de las nuevas matemáticas de la teoría del caos es que representan un rechazo de las abstracciones estériles y del reduccionismo de la torre de marfil, y un intento de volver a la naturaleza y al mundo de la experiencia diaria. En la medida en que las matemáticas reflejen la naturaleza, tienen que empezar a perder su carácter unilateral y adquirir una nueva dimensión que exprese el carácter dinámico, contradictorio, en una palabra, *dialéctico* del mundo real.

17. La teoría del Caos

El materialismo dialéctico, elaborado por Carlos Marx y Federico Engels, abarcaba mucho más que la economía política: era una manera de entender el mundo. La naturaleza, como Engels en especial trató de demostrar en sus escritos, es una prueba de la corrección tanto del materialismo como de la dialéctica. "En toda esta recapitulación mía de la matemática y las ciencias de la naturaleza", escribió, "se trataba, naturalmente, de convencerme también en el detalle (É) de que en la naturaleza rigen las mismas leyes dialécticas del movimiento, en el confuso seno de las innumerables modificaciones, que dominan también en la historia la aparente casualidad de los acontecimientos".¹⁶

Desde los días de Engels, cada nuevo avance de los descubrimientos científicos ha confirmado el punto de vista marxista, aunque debido a las implicaciones de una vinculación con el marxismo, raramente se reconoce al materialismo dialéctico. Ahora, la aparición de la teoría del caos nos proporciona nuevas pruebas de la corrección de las ideas fundamentales de los fundadores del socialismo científico. Hasta ahora el caos había sido ignorado ampliamente por los científicos, excepto como una molestia o una cosa a evitar. Un grifo a veces gotea regularmente y a veces no; el movimiento de un fluido puede ser o no turbulento; el corazón late regularmente, pero a veces entra en una fibrilación; Puede hacer buen tiempo o mal tiempo. Dónde hay movimiento que parece caótico y nos rodea por todas partes en general hay pocos intentos de llegar a definirlo desde un punto de vista estrictamente científico.

Entonces, ¿cuales son las características principales de los sistemas caóticos? Una vez que los hemos descrito en términos matemáticos, ¿qué aplicación tienen estas matemáticas? Una de las características a las que Gleick y otros han dado importancia es lo que se ha llamado el "efecto mariposa". Lorenz, había descubierto en su tiempo meteorológico simulado por ordenador un desarrollo llamativo. Una de sus simulaciones se basaba en doce variables, incluyendo, como hemos dicho, relaciones no-lineales. Se dio cuenta de que si empezaba su simulación con valores sólo ligeramente diferentes del original siendo la diferencia disminuir un valor en seis puestos decimales y el segundo valor en tres puestos el "tiempo" que se obtenía en el ordenador enseguida empezaba a variar substancialmente respecto al original. Donde quizás se podía haber esperado una pequeña perturbación, después de un período muy breve de similitud reconocible, teníamos un modelo completamente diferente.

Esto significa que en un sistema complejo, no-lineal, un pequeño cambio en los valores de partida puede provocar un cambio enorme en los valores finales. En el mundo por ordenador de Lorenz, era el equivalente a que el batir de alas de una mariposa provocase un huracán en otra parte del mundo; de ahí la expresión. La conclusión que se puede sacar de esto es que, dada la complejidad de las fuerzas y procesos que determinan la meteorología, no se puede predecir con precisión más allá de un determinado período de tiempo. De hecho, el mayor ordenador meteorológico del mundo, en el Centro Europeo de Predicción Meteorológica a media escala, realiza 400 millones de cálculos por segundo. Se le suministran 100 millones de mediciones meteorológicas diferentes de todo el mundo cada día, y procesa información en tres horas de funcionamiento continuo, para crear una previsión a diez días vista. Sin embargo, más allá de dos o tres días sus predicciones son especulativas, y más allá de seis o siete son inservibles. La teoría del caos por lo tanto, pone límites bien precisos a la predictibilidad de los sistemas complejos no-lineales.

Sin embargo, es extraño que Gleick y otros hayan prestado tanta atención al efecto mariposa, como si inyectara alguna extraña mística en la teoría del caos. Seguramente está bien establecido (sino incluso cuidadosamente modelado matemáticamente) que en otros sistemas igualmente complejos, un pequeño cambio en los valores de entrada puede provocar un gran resultado, que una acumulación de "cantidad" se puede transformar en "calidad". Por ejemplo, sólo hay una diferencia de menos del dos por ciento en la composición genética básica entre seres humanos y chimpancés una diferencia que se puede cuantificar en términos de química molecular. Sin embargo, en los procesos complejos y no-lineales implicados en transformar el "código" genético en un animal vivo, esta pequeña diferencia representa la diferencia entre una especie y otra.

El marxismo se aplica al que quizás es el sistema más complejo de todos los sistemas no-lineales: la sociedad humana. La colosal interacción de incontables individuos, política y economía forma un sistema tan complejo que a su lado la meteorología del planeta parece un mecanismo de relojería. Sin embargo, al igual que otros sistemas "caóticos", se puede estudiar científicamente la sociedad siempre y cuando se comprendan los límites, al igual que en meteorología. Desgraciadamente el libro de Gleick no es claro sobre la aplicación de la teoría del caos a la política y la economía. Cita un ejercicio de Mandelbrot, que alimentó su ordenador en la IBM con los precios del algodón en la Bolsa de Nueva York durante cien años. "Cada cambio particular del precio era azaroso e impredecible", escribe. "Pero la secuencia de los cambios no dependía de la escala: se hermanaban perfectamente las curvas de los cambios diarios y las de los mensuales (É) El grado de variación había permanecido constante durante un período de sesenta años tumultuosos, que presencié las dos guerras mundiales y una depresión económica".¹⁷

Este pasaje no se puede tomar al pie de la letra. Puede ser verdad que dentro de ciertos límites, sea posible observar los mismos modelos matemáticos que han sido identificados en otros sistemas caóticos. Pero dada la complejidad casi infinita de la sociedad y economía humanas, es inconcebible que acontecimientos importantes como las guerras no alteren estos modelos. Los marxistas argumentaríamos que la sociedad se presta en sí misma al estudio científico. En contraste con los que no ven ningún tipo de formas, los marxistas vemos el desarrollo humano desde el punto de partida de las fuerzas materiales, y una descripción científica de categorías sociales como clases sociales, etc. Si el desarrollo de la ciencia del caos conduce a la aceptación de la validez del método científico en política y economía, entonces tendrá un valioso efecto positivo. Sin embargo, como Marx y Engels siempre entendieron, la suya es una ciencia inexacta, en el sentido de que se pueden trazar rasgos y desarrollos generales, pero no es posible un conocimiento detallado y preciso de todas las influencias y condiciones.

Dejando de lado los precios del algodón, el libro no da ninguna prueba que contradiga el método marxista. De hecho, no hay ninguna explicación de porqué Mandelbrot observó un modelo sólo en los precios de 60 años cuando tenía hasta cien años de datos a su disposición. Además, en otra parte del libro, Gleick añade que "los economistas han estado buscando atractores extraños en las tendencias del mercado de valores, pero hasta ahora no los han encontrado". Sin embargo a pesar de las limitaciones aparentes en el campo de la economía y la política, está claro que "domesticar" lo que se creía que eran sistemas caóticos o casuales ha tenido profundas implicaciones para la

ciencia en su conjunto. Abre muchas posibilidades para el estudio de procesos que estaban más allá de nuestros límites en el pasado.

División del trabajo

Una de las principales características de los grandes científicos del Renacimiento era que eran seres humanos completos. Tuvieron un desarrollo completo que permitió, por ejemplo, a Leonardo da Vinci ser un gran ingeniero, matemático y mecánico, y al mismo tiempo un gran artista y un genio. Lo mismo con Durero, Maquiavelo, Lutero y muchos otros, de los que Engels escribió:

"Los héroes de esos tiempos no se encontraban aherrojados todavía por la división del trabajo, cuyos efectos limitativos, con su producción de unilateralidad, vemos tan a menudo en sus sucesores".¹⁸ La división del trabajo, por supuesto, juega un papel necesario en el desarrollo de las fuerzas productivas. Sin embargo, bajo el capitalismo, ha sido llevada hasta tal extremo que se empieza a convertir en su contrario.

La extrema división, por un lado, entre trabajo manual e intelectual significa que millones de hombres y mujeres se ven reducidos a una vida de esclavización no pensante en la línea de producción, sin ninguna posibilidad de desplegar la creatividad e ingenio latente en todo ser humano. En el otro extremo, tenemos el desarrollo de una especie de casta de sacerdotes intelectuales que se ha arrogado a sí misma el derecho exclusivo al título de "guardianes de la ciencia y la cultura". En la medida en que esta gente se aleja de la vida real de la sociedad, esto tiene un efecto negativo sobre su conciencia. Se desarrollan de una manera estrecha y unilateral. No sólo existe un abismo que separa a los "artistas" de los científicos, sino que la propia comunidad científica está surcada por divisiones crecientes entre las diferentes especializaciones cada vez más estrechas. Es irónico que, precisamente cuando las "líneas de demarcación" entre la física, la química y la biología se están rompiendo, el abismo que divide las diferentes ramas de, por ejemplo, la física, se ha hecho prácticamente insuperable.

James Gleick así describe la situación:

"Escasos legos comprendieron con cuánta rigidez se he encasillado la comunidad científica en especialidades, trocándose en un acorazado con tabiques herméticos contra las filtraciones. Los biólogos tenían sobradas cosas que leer para mantenerse al corriente de la bibliografía matemática; o, más aún, los biólogos moleculares disponían de demasiada literatura para estar al corriente de lo que escribían los biólogos de la población. Los físicos poseían mejores modos de invertir su tiempo que el de hojear las revistas meteorológicas".

En los últimos años, el surgimiento de la teoría del caos es una de las indicaciones de que algo está empezando a cambiar en la comunidad científica. Cada vez más, científicos de diferentes campos se dan cuenta de que de alguna manera han llegado a un callejón sin salida. Es necesario encontrar una salida. Por lo tanto, el nacimiento de las matemáticas del caos, es una prueba, como lo hubiera dicho Engels, del carácter dialéctico de la naturaleza, un recordatorio de que la realidad se compone de toda una serie de sistemas dinámicos, o incluso un sistema global, y no de modelos (por útiles que sean) abstraídos de esta realidad. ¿Cuáles son las principales características de la teoría del caos? Gleick las describe así:

"Algunos físicos interpretan el caos como ciencia del proceso antes que del estado, del devenir antes que del ser".

"Sienten que interrumpen cierta tendencia de lo científico al reduccionismo, al análisis de los sistemas en términos de sus partes constitutivas: quarks, cromosomas o neuronas. Creen buscar la totalidad".

El método del materialismo dialéctico es precisamente mirar al "proceso antes que al estado, al devenir antes que el ser". "Cada vez más en el transcurso de la última década había empezado a sentir que los viejos métodos reduccionistas estaban llegando a un callejón sin salida, y que incluso algunos de los científicos físicos del núcleo duro estaban empezando a cansarse de las abstracciones matemáticas que ignoraban las complejidades reales del mundo. Parecían estar agrupándose, medio conscientemente, hacía un nuevo método en el proceso, pensaba, estaban cortando con las fronteras tradicionales de una manera que no se había hecho en años. Quizás siglos."¹⁹

Debido a que el caos es una ciencia de sistemas totales dinámicos, más que de partes por separado, representa de hecho una reivindicación del punto de vista dialéctico. Hasta ahora, la investigación científica ha estado en gran medida aislada en sus partes constituyentes. Buscando las "partes" el especialista científico se ha especializado demasiado, las más de las veces perdiendo de vista el "todo". De esta manera la experimentación y las racionalizaciones teóricas cada vez se alejan más de la realidad. Hace más de un siglo, Engels criticó la estrechez del método metafísico, que consiste en observar las cosas de manera aislada, con lo cual se pierde de vista el todo. El punto de partida de los defensores de la teoría del caos fue una reacción precisamente contra este método, al que llaman "reduccionismo". Engels explicó que la "reducción" del estudio de la naturaleza a disciplinas separadas es hasta cierto punto necesaria e inevitable.

"Cuando sometemos a la consideración del pensamiento la naturaleza o la historia humana, o nuestra propia actividad espiritual, se nos ofrece por de pronto la stampa de un infinito entrelazamiento de conexiones e interacciones, en el cual nada permanece siendo lo que era, ni como era ni donde era, sino que todo se mueve, se transforma, deviene y perece (É) Pero esta concepción, por correctamente que capte el carácter general del cuadro de conjunto de los fenómenos, no basta para explicar las particularidades de que se compone aquel cuadro total, y mientras no podamos hacer esto no podremos tampoco estar en claro sobre el cuadro de conjunto. Para conocer esas particularidades tenemos que arrancarlas de su conexión natural o histórica y estudiar cada una de ellas desde el punto de vista de su constitución, de sus particulares causas y efectos, etc.".

Pero como advirtió Engels, una retirada demasiado grande hacia el "reduccionismo" puede llevar a un punto de vista no dialéctico o una deriva a ideas metafísicas.

"La descomposición de la naturaleza en sus partes particulares, el aislamiento de los diversos procesos y objetos naturales en determinadas clases especiales, la investigación del interior de los cuerpos orgánicos según sus muy diversas conformaciones anatómicas, fue la condición fundamental de los progresos gigantescos que nos han aportado los últimos cuatrocientos años al conocimiento de la naturaleza. Pero todo ello nos ha legado también la costumbre de concebir las cosas y los procesos naturales en su aislamiento, fuera de la gran conexión de conjunto. No en su movimiento, por tanto, sino en su reposo; no como entidades esencialmente cambiantes, sino como subsistencias firmes; no en su vida, sino en su muerte".²⁰

Ahora comparémoslo con el siguiente pasaje del libro de Gleick:

"Los científicos descomponen las cosas y examinan sus componentes uno tras otro, por turno. Y si desean reconocer la interacción de las partículas subatómicas, reúnen dos o tres. Con ello hay suficiente complicación. Sin embargo, la fuerza de la autosemejanza empieza a niveles mucho más grandes de complejidad. Es cuestión de mirar el conjunto".²¹

Si sustituimos la palabra "reduccionismo" por "el método de pensamiento metafísico", podemos ver que la idea central es idéntica. Ahora veamos las conclusiones que sacó Engels de su crítica del reduccionismo ("el método metafísico"):

"Para la dialéctica, en cambio, que concibe las cosas y sus reflejos conceptuales esencialmente en su conexión, en su encadenamiento, su movimiento, su origen y su perecer, hechos como los indicados son otras tantas confirmaciones de sus propios procedimientos. La naturaleza es la piedra de toque de la dialéctica, y tenemos que reconocer que la ciencia moderna ha suministrado para esa prueba un material sumamente rico y en constante acumulación, mostrando así que, en última instancia, la naturaleza procede dialéctica y no metafísicamente. Pero como hasta ahora pueden contarse con los dedos los científicos de la naturaleza que han aprendido a pensar dialécticamente, puede explicarse por este conflicto entre los resultados descubiertos y el modo tradicional de pensar la confusión ilimitada que reina hoy día en la ciencia natural, para desesperación de maestros y discípulos, escritores y lectores".²²

Hace más de cien años, el viejo Engels describió cuidadosamente el estado de la ciencia hoy en día. Ilya Prigogine (premio Nóbel de química en 1977) e Isabel Stengers en su libro *Order out of Chaos, Man's New Dialogue with Nature* lo reconocen con las siguientes palabras:

"Hasta cierto punto existe una analogía entre este conflicto (entre la física newtoniana y las nuevas ideas científicas) y el que dio lugar al materialismo dialéctico (É) La idea de una historia de la naturaleza como parte integral del materialismo fue planteada por Marx y, más detalladamente por Engels. Los desarrollos contemporáneos en la física, el descubrimiento del papel constructivo jugado por la irreversibilidad, han planteado en las ciencias naturales una pregunta que ya se habían hecho los materialistas hace tiempo. Para ellos, comprender la naturaleza significaba comprenderla como capaz de producir al hombre y sus sociedades.

"Es más, en el tiempo en que Engels escribió su *Dialéctica de la Naturaleza*, la ciencia física parecía haber rechazado el punto de vista mecánico del mundo y se había acercado a la idea de un desarrollo histórico de la naturaleza. Engels menciona tres descubrimientos fundamentales: la energía y las leyes que rigen sus transformaciones cualitativas, la célula como componente básico de la vida, y el descubrimiento de Darwin de la evolución de las especies. A la vista de estos grandes descubrimientos, Engels llegó a la conclusión de que el punto de vista mecánico del mundo había muerto".²³

A pesar de los maravillosos avances de la ciencia y la tecnología, existe un sentimiento profundamente asentado de malestar. Un número creciente de científicos está empezando a rebelarse contra las ortodoxias dominantes y buscando nuevas soluciones a los problemas a los que se enfrentan. Más tarde o más temprano esto provocará una nueva revolución en la ciencia similar a la que llevaron a cabo Einstein y Planck hace casi un siglo. Es significativo que el propio Einstein estuviese muy lejos de ser un miembro de la comunidad científica.

"La corriente principal, durante la mayor parte de este siglo", señala Gleick, "ha estado representada por la [física] de las partículas, que explora los bloques constructivos de la materia, según energías cada vez más altas, escalas cada vez más pequeñas y tiempos cada vez más fugaces. De ella han nacido teorías sobre las fuerzas básicas de la naturaleza y sobre el origen del universo. No obstante, hubo jóvenes especialistas que sintieron descontento creciente ante la orientación de la más prestigiosa de las ciencias. Empezaron a creer que los progresos eran lentos, fútil la especificación de nuevas partículas y confusa la masa teórica. Al presentarse el caos, vieron en Él un cambio de dirección de toda la física. Las rutilantes abstracciones de las partículas de alta energía y la mecánica cuántica habíanse impuesto más de lo conveniente, en su opinión".

Caos y dialéctica

Todavía es pronto para hacerse una idea completa de la teoría del caos. Sin embargo, lo que está claro es que estos científicos se están orientando en la dirección de una visión dialéctica de la naturaleza. Por ejemplo, la ley dialéctica de la transformación de la cantidad en calidad (y viceversa) juega un papel destacado en la teoría del caos:

"Reconoció (von Neumann) que un complicado sistema dinámico podía albergar puntos de inestabilidad, puntos críticos, en que un débil empujón llegaría a tener amplias consecuencias, como, por ejemplo, el propinado a una pelota balanceada en la cima de un monte".

Y de nuevo:

"Tanto en la ciencia como en la vida, es hartó conocido que una cadena de sucesos puede encaramarse a un punto crítico que abultará los cambios insignificantes. Pero el caos denotaba que tales puntos se hallaban por doquier. Se difundían".²⁴

Estas y muchas otras citas revelan un sorprendente parecido entre ciertos aspectos de la teoría del caos y la dialéctica. Sin embargo, lo más sorprendente es que los pioneros del "caos" parecen no tener ni el más mínimo conocimiento de los escritos de Marx y Engels, ¡y ni siquiera de los de Hegel! En cierto sentido, esto nos da una confirmación todavía más firme de la corrección del materialismo dialéctico. Pero por otro lado, es frustrante pensar que se ha negado innecesariamente a la ciencia, durante tanto tiempo, un marco filosófico y metodológico adecuado.

Durante 300 años la física se basó en sistemas lineales. El nombre lineal se refiere de que si pones una ecuación de este tipo en un gráfico, lo que tienes es una línea continua. De hecho, gran parte de la naturaleza parece funcionar de esta manera. Por eso la mecánica clásica es capaz de describirla tan bien. Sin embargo gran parte de la naturaleza no funciona de manera lineal, y no puede ser entendida en base a sistemas lineales. El cerebro, ciertamente, no funciona de manera lineal, ni tampoco la economía, con su ciclo caótico de auges y recesiones. Una ecuación no-lineal no se expresa en una línea continua, sino que tiene en cuenta el carácter irregular, contradictorio y frecuentemente caótico de la realidad.

"Todo esto", dice Ian Steward en *Does God Play Dice?* (¿Juega Dios a los dados?), "me hace sentirme bastante descontento con los astrónomos que nos dicen que tienen los orígenes del universo bastante bien controlados, excepto el primer milisegundo más o menos del big bang. Y con los políticos que nos aseguran no sólo que una buena dosis de monetarismo será positiva para nosotros, sino que están seguros que unos cuantos millones de parados tienen que ser sólo un pequeño hipo. El ecologista matemático Robert May planteó opiniones parecidas en 1976. 'No sólo en la investigación, sino en el mundo cotidiano de la política y la economía, nos iría mucho mejor si la gente se diese cuenta que los sistemas simples no poseen necesariamente propiedades dinámicas simples'".²⁵

Sólo se pueden superar los problemas de la ciencia moderna adoptando un método dialéctico consciente (en oposición a inconsciente, empírico, accidental). Está claro que las implicaciones filosóficas generales de la teoría del caos están en discusión por sus científicos. Gleick cita a Ford, "un autoproclamado evangelista del caos" diciendo que el caos significa "sistemas liberados a la exploración casual de sus propias posibilidades dinámicas..." Otros se refieren a sistemas aparentemente casuales. Quizás la mejor definición la da Jensen, un físico teórico en Yale, que define el "caos" como "el comportamiento irregular e impredecible de sistemas dinámicos, no-lineales, determinísticos".

Más que elevar la casualidad a un principio de la naturaleza, como parece ser que hace Ford, la nueva ciencia hace completamente lo contrario: demuestra irrefutablemente que procesos que eran considerados casuales (y que pueden seguir considerándose como tales para propósitos de la vida diaria) sin embargo están dominados por un determinismo subyacente, el crudo determinismo mecánico del siglo XVIII, sino *determinismo dialéctico*.

Algunas de las afirmaciones que se hacen respecto a la nueva ciencia son grandiosas, y con un desarrollo y afinamiento de técnicas y métodos, puede ser que se hagan realidad. Algunos de sus exponentes van tan lejos como para decir que el siglo XX será recordado por tres cosas: la relatividad, la mecánica cuántica y el caos. Albert Einstein, a pesar de ser uno de los fundadores de la teoría cuántica, nunca se reconcilió con la idea de un universo no-determinista. En una carta al físico Neils Bohr, insistía en que "Dios no juega a los dados". La teoría del caos no sólo ha demostrado que Einstein tenía razón en este punto, sino que incluso en su infancia, es una brillante confirmación de la visión fundamental del mundo planteada por Marx y Engels hace más de cien años.

Es realmente sorprendente que los pioneros de la teoría del caos, que están intentando romper con la desacreditada metodología "lineal" y elaborar unas nuevas matemáticas "no-lineales", que estén más de acuerdo con la realidad turbulenta de la naturaleza en cambio constante, parecen no estar en absoluto al corriente de la única auténtica revolución en la lógica en dos mil años — la lógica dialéctica elaborada por Hegel, y posteriormente perfeccionada sobre bases científicas y materialistas por Marx y Engels —. ¿Cuántos errores, callejones sin salida y crisis en la ciencia no se podrían haber evitado si los científicos hubieran estado armados con una metodología que reflejase auténticamente la realidad dinámica de la naturaleza, en lugar de entrar en conflicto con ella a cada paso!

18. La teoría del conocimiento

"El destino habitual de las nuevas verdades es empezar como herejías y acabar como supersticiones" (T. H. Huxley.)

La afirmación básica subyacente en toda la ciencia y el pensamiento racional en general es que el mundo físico existe, y que es posible entender las leyes que gobiernan la realidad objetiva. La gran mayoría de los científicos en activo aceptan que el universo está gobernado por una ley natural, un hecho resaltado por Philip Anderson:

"De hecho, es difícil imaginarse como podría existir la ciencia si no lo hicieran. Creer en una ley natural es creer que el universo es comprensible en última instancia que las mismas fuerzas que determinan el destino de una galaxia también pueden determinar la caída de una manzana aquí en la tierra; que los mismos γ -tomos que refractan la luz que pasa a través de un diamante también pueden formar el material de una célula viviente; que los mismos electrones, neutrones y protones que surgieron del big bang pueden dar lugar ahora al cerebro humano, la mente y el alma. Creer en la ley natural es creer en la unidad de la materia al nivel más profundo posible".²⁶

Lo mismo es cierto respecto a la raza humana en general. Cada nuevo descubrimiento de la ciencia y técnica amplía y profundiza nuestra comprensión, pero al mismo tiempo nos plantea nuevos desafíos. Cada pregunta solucionada plantea inmediatamente dos nuevas preguntas. Como un viajero que con emoción creciente se acerca al horizonte, sólo para descubrir otro horizonte, tentándole desde lejos, el proceso de descubrimiento se despliega sin final a la vista. Los científicos excavan cada vez más profundamente en los misterios del mundo subatómico, en busca de la "última partícula". Pero cada vez que llegan al horizonte con un grito triunfante, Éste tozudamente se aleja más allá.

Cada Época tiene la ilusión de que representa el punto máximo y no sobrepasable de los logros y sabiduría humanos. Los antiguos griegos pensaban que habían comprendido todas las leyes del universo sobre la base de la geometría euclidiana. Laplace pensó lo mismo respecto a la mecánica newtoniana. ¡En 1880 el director de la oficina de patentes en Prusia declaró que todo lo que se podía descubrir ya había inventado! Hoy en día los científicos tienden a ser un poco más comedidos en sus pronunciamientos. Pero incluso así, se asume tácitamente, por ejemplo, que la teoría general de la relatividad de Einstein es una verdad absoluta, y que el principio de indeterminación tiene una aplicación universal.

La historia de la ciencia demuestra lo ahorrativa que es la mente humana. Se pierde muy poco en el proceso de aprendizaje colectivo. Incluso los errores, si se analizan honestamente, pueden jugar un papel positivo. Sólo cuando el pensamiento se convierte en un dogma oficial osificado, que trata las nuevas ideas como herejías que hay que prohibir y penalizar, el desarrollo del pensamiento se detiene e incluso retrocede. La tenebrosa historia de la ciencia en la Edad Media es prueba suficiente de esto. La búsqueda de la piedra filosofal se basaba en una hipótesis equivocada, y sin embargo, los alquimistas hicieron importantes descubrimientos y sentaron las bases para el desarrollo de la química moderna. La teoría del big bang, con su búsqueda de un inexistente "inicio del tiempo", tiene credenciales científicas escasamente mejores, y sin embargo, a pesar de eso, no hay duda de los enormes avances que se han hecho y que se están haciendo.

Como Eric J. Lerner plantea correctamente: "Buenos datos, obtenidos y analizados competentemente, tienen un valor científico incluso si la teoría que los inspiró es incorrecta. Otros teóricos les encontrarán una utilidad que poco se podía imaginar cuando se recogieron por primera vez. Incluso en el trabajo teórico, los esfuerzos honestos para comparar una teoría con la observación, casi siempre son útiles independientemente de la verdad de la teoría: para un teórico será un contratiempo si su idea es incorrecta, pero no se habrá perdido el tiempo descartándola".²⁷

El desarrollo de la ciencia se da a través de una serie infinita de aproximaciones sucesivas. Cada generación llega a una serie de generalizaciones fundamentales sobre el funcionamiento de la naturaleza, que sirven para explicar ciertos fenómenos observados. Estas, inevitablemente, son consideradas como verdades absolutas, válidas para siempre en "todos los mundos posibles". Pero bajo un examen más detallado, se descubre que no son absolutas sino relativas. Se descubren excepciones, que contradicen las reglas establecidas, y a su vez, necesitan explicación, y así hasta el infinito.

Como explica Gleick: "Los primeros hallazgos demostraron que cada cambio de escala aportaba fenómenos desconocidos e ignorados géneros de comportamiento. La situación no ha terminado para los modernos físicos subatómicos. Cada acelerador más avanzado, con su aumento de energía y velocidad, dilata el campo de la ciencia con la visión de partículas menores y escalas temporales más fugaces, y cada expansión proporciona más información".²⁸

Entonces, ¿tenemos que desesperar de llegar nunca a toda la verdad? Plantear la cuestión de esta manera es no comprender el carácter de la verdad y el conocimiento humano. Así, Kant pensó que la mente humana sólo podría llegar a conocer apariencias. Detrás del mundo de las apariencias reside la Cosa-en-Sí-Misma, que nunca podemos conocer. A esto, Hegel respondió que conocer las propiedades de una cosa era conocer la cosa en sí misma. No existe ninguna barrera absoluta entre la apariencia y la esencia. Empezamos con la realidad que se nos presenta en forma de percepción de los sentidos, pero no nos detenemos. Utilizando nuestro intelecto, penetramos cada vez más profundamente en los misterios de la materia, pasando más allá de la apariencia a la esencia; de lo particular a lo universal; de lo secundario a lo fundamental; de los hechos a la ley.

Para utilizar la terminología que Hegel utilizó para responder a Kant, toda la historia de la ciencia y el pensamiento humano en general es el proceso de convertir la Cosa-en-Sí-Misma en Cosa-para-Nosotros. En otras palabras, lo que "no se puede conocer" en un estadio determinado del desarrollo de la ciencia llega un momento en que se explora y explica. Cada barrera en el camino del pensamiento es derribada. Pero resolviendo un problema, inmediatamente nos encontramos con otros problemas nuevos que hay que resolver, nuevos desafíos a superar. Y este proceso nunca llega a su fin, porque las propiedades del universo material de hecho son infinitas.

"Para continuar con nuestra analogía", escribe David Bohm, "podemos decir que en relación a la totalidad de las leyes naturales nunca tenemos suficientes puntos de vista ni secciones transversales como para darnos una comprensión completa de su totalidad. Pero según la ciencia progresa, y se desarrollan nuevas teorías, tenemos

cada vez más puntos de vista, puntos de vista que son más comprensivos, puntos de vista que son más detallados, etc. Cada teoría o explicación particular de un conjunto de fenómenos dados tendrá entonces un dominio de validez limitado y será adecuado sólo dentro de un contexto limitado y bajo unas condiciones limitadas. Esto significa que cualquier teoría extrapolada a un contexto arbitrario y a unas condiciones arbitrarias llevará (como los puntos de vista parciales de nuestro objeto) a predicciones erróneas. *La búsqueda de este tipo de errores es uno de los medios más importantes de progresar en la ciencia.*

"Sin embargo, una nueva teoría, a la que el descubrimiento de tales errores dar lugar en un momento dado, no invalida a las viejas. Más bien, permitiendo el tratamiento de un dominio más amplio en el que son inadecuadas y, al hacerlo, ayuda a definir las condiciones en las que son válidas (por ejemplo la teoría de la relatividad corrigió las leyes de la moción de Newton, y de esta manera ayudó a definir las condiciones de validez de las leyes de Newton como aquellas en las que la velocidad es pequeña en comparación con la de la luz). Así, no esperamos que cualquier relación causal represente *verdades absolutas*; para serlo tendrían que ser aplicables *sin aproximación*, e *incondicionalmente*. Más bien, lo que podemos ver, es que el modo de progreso de la ciencia es, y ha sido, a través de una serie de concepciones de las leyes de la naturaleza progresivamente más fundamentales, más extensivas, y más adecuadas, cada una de las cuales contribuye a la definición de las condiciones de validez de las concepciones anteriores (de la misma manera que visiones más detalladas y amplias de nuestro objeto contribuyen a definir las limitaciones de cualquier visión particular o juego de visiones)".²⁹

En su libro *The Structure of Scientific Revolution*, el profesor Thomas Kuhn dibuja la historia de la ciencia como revoluciones teóricas periódicas, interrumpiendo largos períodos de cambio meramente cuantitativo, principalmente dedicados a completar los detalles. En este tipo de períodos "normales", la ciencia opera dentro de un conjunto determinado de teorías que él llama *paradigmas*, que son afirmaciones no cuestionadas sobre cómo es el mundo. Inicialmente, el paradigma existente estimula el desarrollo de la ciencia, proveyendo un marco coherente para la investigación. Sin ese marco acordado los científicos estarían discutiendo todo el tiempo sobre los principios fundamentales. La ciencia, de la misma manera que la sociedad, no puede vivir en un estado de permanente cambio revolucionario. Por esta misma razón, las revoluciones son acontecimientos relativamente infrecuentes, tanto en la ciencia como en la sociedad.

Durante un tiempo, la ciencia es capaz de avanzar por esos caminos bien marcados, compilando resultados. Pero al mismo tiempo lo que al principio eran nuevas hipótesis atrevidas se van convirtiendo en rígidas ortodoxias. Si un experimento da unos resultados que entran en conflicto con las teorías existentes, los científicos pueden suprimirlos, debido a que subvierten el orden existente. Sólo cuando las anomalías se acumulan hasta el punto en que ya no pueden ser ignoradas, entonces el terreno está preparado para una nueva revolución científica, que barre las teorías dominantes y abre un nuevo período de desarrollo científico "normal", a un nivel superior.

Aunque indudablemente está muy simplificado, este cuadro del desarrollo de la ciencia, como generalización amplia, se puede dar por válido. En su libro *Ludwig Feuerbach*, Engels explica el carácter dialéctico del desarrollo del pensamiento humano, basándose en ejemplos de la historia de la ciencia y de la filosofía:

"En Hegel, la verdad que debía de conocer la filosofía no era ya una colección de tesis dogmáticas fijas que, una vez encontradas, sólo haya que aprenderse de memoria; ahora, la verdad residía en el proceso mismo del conocer, en la larga trayectoria histórica de la ciencia, que, desde las etapas inferiores, se remonta a fases cada vez más altas de conocimiento, pero sin llegar jamás, por el descubrimiento de una llamada verdad absoluta, a un punto en que ya no pueda seguir avanzando, en que sólo le reste cruzarse de brazos y sentarse a admirar la verdad absoluta conquistada".

Y de nuevo:

"Ante esta filosofía, no existe nada definitivo, absoluto, sagrado; en todo pone de relieve su carácter perecedero, y no deja en pie más que el proceso ininterrumpido del devenir y del perecer, un ascenso sin fin de lo inferior a lo superior, cuyo mero reflejo en el cerebro pensante es esta misma filosofía. Ciertamente que tiene también un lado conservador, en cuanto que reconoce la legitimidad de determinadas fases del conocimiento y de la sociedad, para su Época y bajo sus circunstancias; pero nada más. El conservadurismo de este modo de concebir es relativo; su carácter revolucionario es absoluto, es lo único absoluto que deja en pie".³⁰

¿Qué es el método científico?

En el siglo III a. de J. C. el estudioso griego Eratóstenes se fijó en que un palo vertical, colocado en un sitio llamado Cirene, no proyectaba ninguna sombra al mediodía. Después observó que en su propia ciudad, Alejandría, un palo vertical sí proyectaba sombra. Partiendo de estas observaciones de fenómenos físicos dedujo que la tierra era redonda. Después envió un esclavo a Cirene para medir su distancia respecto a Alejandría. A partir de eso, utilizando geometría simple calculó la circunferencia de la tierra.

Este es el genuino método de la ciencia en acción. Es una mezcla de observación, hipótesis y razonamiento matemático. Eratóstenes empezó con observación (la suya y la de otros). Sobre esta base sacó una conclusión general, la hipótesis de que la tierra es curvada. Y después utilizó las matemáticas para dar una forma más precisa a su teoría.

Los brillantes logros de la ciencia alejandrina fueron eclipsados por el auge del cristianismo en la Baja Edad Media. Durante siglos el desarrollo de la ciencia fue paralizado por la dictadura espiritual de la Iglesia. La ciencia sólo consiguió desarrollarse librándose de la influencia de la religión. Sin embargo por una sutileza de la historia, a finales del siglo XX se están realizando intentos decididos de hacer retroceder la ciencia. Todo tipo de ideas místicas y cuasi-religiosas flotan en el aire. Este extraño fenómeno está estrechamente vinculado a dos cosas. En primer lugar, la división del trabajo se ha llevado a tales extremos que ha empezado a causar serios perjuicios. La estrecha especialización, el reduccionismo, y un divorcio casi completo entre el lado experimental y el teórico de la física han tenido las consecuencias más negativas.

En segundo lugar, no ha existido ninguna filosofía adecuada que ayudara a dirigir la ciencia en el sentido correcto. La filosofía de la ciencia está hecha un lío. Lo cual no es sorprendente dado que la "filosofía de la ciencia" predominante o mejor dicho, la secta filosófica del positivismo lógico que se atribuye a sí misma esta posición es totalmente incapaz de sacar la ciencia de sus dificultades. Por el contrario, sólo empeora las cosas. En las últimas décadas hemos visto una tendencia creciente en los físicos teóricos a tratar el tema del mundo natural desde un punto de vista excesivamente abstracto y matemático. Este es claramente el caso en el intento arbitrario de reconstruir el supuesto principio del universo. Como Anderson planteó en un artículo escrito en 1972:

"La capacidad de reducirlo todo a leyes fundamentales simples no implica la capacidad de empezar con estas leyes y reconstruir el universo. De hecho cuanto más nos dicen los físicos de partículas elementales sobre las leyes fundamentales de la naturaleza, menos relevancia parecen tener para los auténticos problemas de la ciencia, y mucho menos de la sociedad".³¹

En las últimas décadas el prejuicio ha pasado a estar más enraizado que la ciencia "pura", especialmente la física teórica es el producto solamente del pensamiento abstracto y la deducción matemática. Como plantea Eric Lerner, Einstein es parcialmente responsable de esta tendencia. A diferencia de teorías anteriores, como las leyes del electromagnetismo de Maxwell, o las leyes de la gravedad de Newton, que se basaban en la experimentación, y que rápidamente fueron confirmadas por cientos de miles de observaciones independientes, las teorías de Einstein inicialmente se confirmaron solamente sobre la base de dos hechos la deflexión de la luz estelar por parte del campo gravitatorio del sol y una ligera desviación de la órbita de Mercurio. El hecho de que posteriormente se demostrase la corrección de la teoría de la gravedad ha llevado a otros, posiblemente sin el nivel de genialidad de Einstein, a asumir que esta es la manera de actuar. ¿Por qué preocuparse con experimentos que hacen perder mucho tiempo y observaciones tediosas? De hecho, ¿por qué depender de la evidencia de los sentidos, cuando podemos ir directamente a la verdad a través del método de la deducción pura?

Deberíamos recordar que el gran paso adelante en la ciencia se produjo en el Renacimiento, cuando la ciencia se separó de la religión, y empezó a basarse en la observación y el experimento, partiendo del mundo real material, y volviendo siempre a Él. Sin embargo, en el siglo XX ha habido una regresión parcial hacia el idealismo, en forma de platonismo o peor, el idealismo subjetivo de Berkeley y Hume. Einstein, sin poner en cuestión su genialidad, fue incapaz de librarse de esta tendencia, aunque frecuentemente se apartó de las consecuencias que esto llevaba implícito. Hay que reconocerle, por ejemplo, que llevó a cabo una acción decidida contra la interpretación idealista subjetiva de la mecánica cuántica planteada por Heisenberg.

Como muchos científicos, Einstein no sentía a gusto con la filosofía, y honestamente confesó que grandes científicos tienden a ser pobres filósofos de la ciencia. Sin embargo, Él mismo hizo una serie de pronunciamientos de carácter filosófico o semi-filosófico, que, dado su prestigio colosal, estaban destinados a ser tomados en serio por muchos científicos, con algunos efectos bastante de lamentar. En 1934, por ejemplo, escribió:

"La teoría de la relatividad es un buen ejemplo del carácter fundamental del desarrollo moderno de la ciencia teórica. Parte de hipótesis cada vez más abstractas y alejadas de la experiencia. El científico teórico se ve obligado cada vez en mayor grado a dejarse guiar por consideraciones formales, puramente matemáticas en su investigación de una teoría, debido a que la experiencia física del experimentador no le puede elevar a las regiones de la más alta abstracción. Los métodos predominantemente inductivos apropiados para la juventud de la ciencia están dejando paso a deducción tentativa".³²

De hecho, no es cierto que Einstein llegó a estas teorías a través de un proceso de razonamiento puro y deducción. Como el mismo plantea en sus *Ensayos sobre ciencia*, su teoría especial de la relatividad se derivaba de los trabajos de Maxwell sobre la electricidad y el magnetismo, que, a su vez, se basaban en el trabajo de Faraday, con sus sólidas bases experimentales. Sólo después de 1915, cuando se orientó a la cosmología, utilizó Einstein el método de la deducción abstracta para obtener sus resultados. Aquí partió del método establecido tomando como hipótesis fundamental una afirmación que entraba en contradicción con la observación: la noción de que el universo como todo es homogéneo (distribuido constantemente a través del espacio).

Partiendo de esta proposición, Einstein utilizó su teoría especial de la relatividad para demostrar que el universo es finito. Según este punto de vista, cuanto mayor es la masa de una densidad dada, más "curva el espacio". Una masa suficientemente grande llevaría a una situación en la que el espacio se curva totalmente sobre sí mismo, provocando un "universo cerrado". Esto marcó, en efecto, una regresión al punto de vista medieval del mundo de un universo finito, previamente rechazado como acientífico. Sin embargo, incluso en 1915, había suficiente evidencia para demostrar que el universo no era homogéneo. La teoría chocaba con los hechos establecidos mediante la observación. No es una casualidad que la búsqueda de una teoría unificada de la gravitación y el electromagnetismo por parte de Einstein durante sus últimos treinta años acabara en un fracaso, como el mismo admitió.

Los límites del empirismo

La auténtica filosofía terminó con Hegel. Desde entonces hemos visto solamente una tendencia a repetir viejas ideas, llenando este pequeño detalle aquí y allí, pero ninguna ruptura real, ninguna gran nueva idea. Esto no es sorprendente. Los avances sin precedentes de la ciencia en los últimos cien años hacen que la filosofía en el viejo sentido de la palabra sea redundante. Tiene poco sentido especular sobre la naturaleza del universo, cuando estamos en posición de descubrir sus secretos con la ayuda de telescopios cada vez más poderosos, sondas espaciales, ordenadores y aceleradores de partículas. Al igual que el debate sobre el carácter del sistema solar lo decidió el telescopio de Galileo, los avances en la técnica resolverán la cuestión de la historia del universo, sólo para plantear nuevas preguntas a resolver por futuras generaciones.

"Desde el momento en que se presenta a cada ciencia la exigencia de ponerse en claro acerca de su posición en la conexión total de las cosas y del conocimiento de las cosas, se hace precisamente superflua toda ciencia de la conexión total", escribió Engels. "De toda la anterior filosofía no subsiste al final con independencia más que la doctrina del pensamiento y de sus leyes, la lógica formal y la dialéctica. Todo lo demás queda absorbido por la ciencia positiva de la naturaleza y de la historia".³³

Sin embargo la filosofía todavía tiene un papel que jugar, en las dos únicas áreas que le quedan, la lógica formal y la dialéctica. La ciencia, como hemos visto, no se trata solamente de la acumulación de hechos. Requiere la participación activa del pensamiento, que es el único que puede descubrir el significado interno de los hechos, las leyes que los gobiernan. Es necesario hacer hipótesis que puedan guiar nuestras investigaciones por los canales más fructíferos, para comprender las interrelaciones reales entre fenómenos aparentemente sin relación entre sí, para derivar el orden del caos. Esto requiere un entrenamiento y un conocimiento exhaustivo de la historia tanto de la ciencia como de la tecnología. Como el filósofo americano George Santayana planteó: "El que no aprende de la historia está condenado a repetirla". Una de las consecuencias más perniciosas de la influencia del positivismo lógico en la ciencia del siglo XX es que todas las grandes escuelas del pasado han sido tratadas como un perro muerto. Ahora podemos ver a donde nos lleva esta actitud. Los que rechazaron altivamente la "metafísica" han sido castigados por su orgullo. En ningún otro momento de la historia de la ciencia el misticismo ha estado tan extendido.

La escuela de pensamiento puramente empírico inevitablemente conduce a este resultado, como Engels planteó hace tiempo:

"El empirismo exclusivo, que cuando mucho se permite pensar en forma de cálculos matemáticos, se imagina que opera sólo con hechos innegables. Pero en realidad trabaja, en términos predominantes, con ideas tradicionales, con los productos en gran medida anticuados del pensamiento de sus predecesores, y tales son la electricidad positiva y negativa, la fuerza de separación eléctrica, la teoría de contacto. Todo esto sirve como cimiento para interminables cálculos matemáticos en los cuales, debido a lo estricto de la formulación matemática, la naturaleza hipotética de las premisas se olvida con facilidad. Este tipo de empirismo es tan crédulo respecto de los resultados del pensamiento de sus predecesores, como escéptico en su actitud hacia los resultados del pensamiento contemporáneo. Hasta los hechos establecidos por experimentación se han vuelto poco a poco inseparables de sus interpretaciones tradicionales (É) Deben recurrir a todo tipo de subterfugios y expedientes insostenibles, a la disimulación de contradicciones del cual no tienen salida".³⁴

Es imposible que los científicos se queden al margen de la sociedad, sobre la base de que son puramente imparciales. Ninguno de ellos vive en el vacío. Como dice el genetista americano Theodosius Dobzhansky:

"Los científicos a menudo tienen la esperanza ingenua que si pudieran descubrir hechos suficientes sobre un problema, estos hechos se organizarían por sí solos de alguna manera en una solución cierta e imponente. Sin embargo la relación entre el descubrimiento científico y la creencia popular no es una calle de dirección única. Los marxistas están más en lo cierto que equivocados cuando plantean que los problemas que eligen los científicos, la manera en que los solucionan, e incluso las soluciones que están inclinados a aceptar, están condicionados por el entorno social, intelectual y económico en el que viven y trabajan".³⁵

A veces se afirma que Marx y Engels consideraban la dialéctica como algo Absoluto — la última palabra en el conocimiento humano —. Una noción de este tipo es una contradicción evidente por sí misma. La dialéctica marxista se diferencia de la hegeliana en dos aspectos fundamentales. En primer lugar, es una filosofía materialista, y por lo tanto deriva sus categorías del mundo de la realidad física. La naturaleza es infinita, no cerrada. De igual manera, la propia verdad no tiene fin y no se puede resumir en un solo sistema que lo abarque todo. La negación de la negación, tal como explica Engels es una especie de espiral de desarrollo — un sistema abierto, no un círculo cerrado —. Esta es la segunda diferencia fundamental con la filosofía hegeliana, que en última instancia se contradice a sí misma al intentar expresar la dialéctica como un sistema cerrado y absoluto.

Marx y Engels elaboraron las líneas generales de un nuevo método dialéctico, cuya utilidad se demostró brillantemente en los tres volúmenes de *El Capital*. Pero los enormes avances de la ciencia del siglo XX nos proporcionan material abundante para rellenar, desarrollar y extender el contenido de la dialéctica. La evolución futura de la teoría del caos y la complejidad puede sentar la base de este desarrollo, que sería enormemente beneficioso tanto para las ciencias naturales como para las sociales. Por lo tanto no podemos decir que el materialismo dialéctico no será superado en el futuro por algún método de pensamiento nuevo y más satisfactorio. Pero lo que podemos asegurar es que hasta el momento, es el método de análisis científico más avanzado, comprensivo y flexible a nuestra disposición. Dejemos hablar a Engels por sí mismo sobre este tema:

"Además: si deja de ser necesaria cualquier filosofía, también dejará de serlo cualquier sistema, aunque sea un sistema natural de filosofía. La comprensión de que la totalidad de los procesos naturales se encuentra en una conexión sistemática mueve a la ciencia a mostrar esa conexión sistemática en todas partes, en el detalle igual que en el conjunto. Pero la correspondiente exposición científica completa de esa conexión, la composición de una reproducción mental exacta del sistema del mundo en que vivimos, nos es imposible y será imposible para todos los tiempos. Si en algún momento de la evolución de la humanidad se compusiera un tal sistema definitivo y concluso de las conexiones del mundo físico, espiritual e histórico, quedaría con ello cerrado el reino del conocimiento humano, y quedaría también cortada la posterior evolución histórica a partir del momento en que la sociedad se encontrara instituida de acuerdo con aquel sistema: todo lo cual es un absurdo y un puro contrasentido.

"Los hombres se encuentran, pues, situados ante una contradicción: reconocer, por una parte, el sistema del mundo de un modo completo en su conexión de conjunto, y, por otra parte, no poder resolver jamás completamente esa tarea, tanto por su propia naturaleza humana cuanto por la naturaleza del sistema del mundo. Pero esa contradicción no sólo arraiga en la naturaleza de los dos factores mundo y hombre, sino que es además la palanca capital de todo el progreso intelectual, y se resuelve diariamente y constantemente en la evolución progresiva infinita de la humanidad, del mismo modo que, por ejemplo, determinados ejercicios matemáticos se resuelven en una sucesión infinita o en una fracción continua. De hecho, toda reproducción mental del sistema del mundo queda limitada objetivamente por la situación histórica, y subjetivamente por la constitución física y espiritual de su autor".³⁶

Prejuicios contra la dialéctica

La ciencia moderna nos proporciona abundante material que confirma completamente la afirmación de Engels de que "en última instancia, la naturaleza funciona dialécticamente". Los descubrimientos de la ciencia en los cien años que han pasado desde la muerte de Engels confirman plenamente este punto de vista.

"Cuando sometemos a la consideración del pensamiento la naturaleza o la historia humana, o nuestra propia actividad intelectual", escribió Engels, "se nos ofrece por de pronto la estampa de un infinito entrelazamiento de conexiones e interacciones, en el cual nada permanece siendo lo que era, ni como era ni donde era, sino que todo se mueve, se transforma, deviene y perece. Esta concepción del mundo, primaria e ingenua, pero correcta en cuanto a la cosa, es la de la antigua filosofía griega y ha sido claramente formulada por vez primera por Heráclito: todo es y no es, pues todo *fluye*, se encuentra en constante modificación, sumido en constante devenir y perecer".³⁷

Comparemos esto con la siguiente cita de Hoffman: "En el mundo del cuanto, las partículas están apareciendo y desapareciendo incesantemente. Lo que podríamos pensar que es un espacio vacío es una nada fluctuante, hormigueante, con fotones que aparecen de ninguna parte y se desvanecen casi al tiempo de nacer, con electrones provocando espuma brevemente en el monstruoso océano para crear pares electrón-protón evanescentes y varias partículas más añadiéndose a la confusión".³⁸

El surgimiento de la teoría del caos y la complejidad indica una reacción contra el reduccionismo osificado del pasado. Sin embargo se ha prestado bien poca atención al trabajo pionero de Hegel, Marx y Engels. Este hecho llamativo se explica en gran medida por los prejuicios ampliamente difundidos contra la dialéctica, en parte como reacción contra la forma mística en que la escuela idealista presentó la dialéctica después de la muerte de Hegel, pero principalmente debido a su conexión con el marxismo. Se ha descrito la dialéctica de Hegel como "el álgebra de la revolución". Si se acepta la validez de la ley de la transformación de la cantidad en calidad en física y química, el siguiente paso sería aplicarla a la sociedad existente, con los resultados más desastrosos para los defensores del statu quo.

Los escritos científicos de Marx y Engels no se pueden separar de su teoría revolucionaria de la historia en general (materialismo histórico), y sus análisis de las contradicciones del capitalismo. Estos obviamente no son muy populares entre los que actualmente poseen el monopolio del poder económico y político, y que controlan, no sólo los periódicos y cadenas de televisión, sino que también tienen en sus manos las cuerdas que determinan el destino de las universidades, los proyectos de investigación, y las carreras académicas. ¿Es sorprendente que el materialismo dialéctico sea un tema tabú, sobre el que se mantiene una conspiración de silencio, excepto para denunciarlo como acientífico, para gente que claramente nunca han leído una sola línea de Marx ni de Engels? Es cierto que un pequeño número de almas valientes han planteado el tema de la contribución del marxismo a la filosofía de la ciencia, pero incluso en este caso, estas menciones van frecuentemente de la mano de todo tipo de calificativos, intentando demostrar que la dialéctica puede ser válida para un campo determinado de la ciencia, pero que no se puede aceptar como proposición general.

Hoy en día, la idea del cambio, de la evolución, ha penetrado profundamente la conciencia popular. Pero generalmente se entiende la evolución como un proceso lento, gradual, ininterrumpido. Como Trotsky planteó, "la lógica de Hegel es la lógica de la evolución. Sólo que no debe olvidarse que el concepto mismo de 'evolución' ha sido completamente corrompido y castrado por los profesores universitarios y escritores liberales que con ello se refieren al 'progreso pacífico'".

En política este prejuicio común encuentra su expresión en la teoría del gradualismo reformista, en el que hoy es mejor que ayer y mañana será mejor que hoy. Desgraciadamente la historia humana en general, y la historia del siglo XX en particular, proporciona pocos ejemplos confortantes para los defensores de este punto de vista tan tranquilizador de los procesos sociales. La historia conoce largos períodos de cambio gradual pero este no es de ninguna manera un proceso continuo y uniforme. Se ve interrumpido por todo tipo de explosiones y catástrofes:

guerras, crisis económicas, revoluciones y contrarrevoluciones. Negarlo sería negar lo que es evidente para todo el mundo. Así pues, ¿cómo consideramos estos fenómenos? ¿Cómo ataques repentinos de locura colectiva? ¿Cómo "desviaciones" de la "norma" gradualista? O, por el contrario, ¿hay que verlos como parte integral del proceso de desarrollo social, no accidentes, sino el resultado necesario de las tensiones y presiones que se van acumulando gradualmente y de manera invisible en la sociedad, y que, más tarde o más temprano, encontrarán una manera de salir a la superficie, de la misma manera que las presiones que se acumulan en la línea de una falla de la corteza terrestre provocan un terremoto?

Cualquier intento de desterrar la contradicción de la naturaleza, de suavizar sus duras aristas, de sujetarla a las estrechas leyes de la lógica formal, al igual que los jardineros de Versalles sometieron la naturaleza salvaje a las leyes de la geometría, está destinado al fracaso. Intentos de este tipo pueden tener un efecto sedante de los nervios, pero serán totalmente inservibles a la hora de llegar a una comprensión del mundo real. Y lo que es cierto para la naturaleza animada e inanimada también es cierto para la historia de la propia humanidad, a pesar de los tozudos esfuerzos por demostrar lo contrario. La historia de la sociedad revela las mismas tendencias, las tendencias internas que impulsan el desarrollo; el auge y caída de los diferentes sistemas socioeconómicos; los largos períodos de cambio "evolutivo" gradual, interrumpidos por levantamientos repentinos, guerras y revoluciones, que se dan en cada encrucijada de todo desarrollo histórico importante. Estos fenómenos sorprendentes ¿son sólo accidentes, desviaciones temporales y desafortunadas de la supuesta "norma" evolutiva? ¿O son la prueba irrefutable de la estupidez o maldad inherente al género humano?

Si ese es el caso tenemos que abandonar cualquier intento de llegar a una comprensión racional del desarrollo humano. Nos veríamos obligados a hacernos eco de la opinión de Edward Gibbon, autor de *El declive y la caída del Imperio Romano* que describía la historia como "poco más que el registro de los crímenes, los desastres, y desgracias de la humanidad". Pero si, como creemos firmemente, la historia humana funciona según las mismas leyes dialécticas que podemos observar en la naturaleza (¿y por que debería reclamar la raza humana el dudoso "privilegio" de estar totalmente exenta de las leyes objetivas de desarrollo?), Entonces los modelos de la historia humana empiezan a tener sentido por primera vez. Se pueden explicar. Incluso dentro de ciertos límites se pueden prever; aunque las predicciones de fenómenos complejos no son tan sencillas como las que sólo implican procesos lineales simples. Esto se puede aplicar lo mismo a la predicción de un terremoto o del tiempo como a la anticipación del movimiento de la sociedad. Nadie puede decir con certeza cuando habrá un terremoto catastrófico en Los Ángeles, pero se puede predecir con absoluta seguridad que lo habrá.

A pesar de los extenuantes esfuerzos por negar la validez de la dialéctica, esta siempre se toma la venganza de sus más duros detractores. La conservadora comunidad geológica se ha visto obligada a aceptar la deriva continental, el nacimiento y la muerte de los continentes, de lo que una vez se rieron a carcajada limpia. Los biólogos se han visto obligados a aceptar que la vieja idea de la evolución como un proceso gradual e ininterrumpido de fuerzas de adaptación es unilateral y falsa; que la evolución se da a través de saltos cualitativos catastróficos, en los que la muerte (extinción) se convierte en la precondition para el nacimiento (nuevas especies).

A cada momento, la riqueza del mundo material proporcionada por las ciencias naturales empuja a los científicos a adoptar conclusiones dialécticas. Sin embargo enseguida se sienten incómodos porque se dan cuenta de las implicaciones potencialmente "subversivas" de este tipo de ideas. Es en este punto en que recurren a todo tipo de disculpas y subterfugios para cubrirse las espaldas. La escapatoria habitual es alegar ignorancia en todo lo que se refiera a la filosofía en general. Como el "amor que no se atreve a decir su nombre" de Oscar Wilde, estos autores, tan elocuentes sobre cualquier tema sobre la capa de la tierra, se ven incapaces de pronunciar las palabras *materialismo dialéctico*. Como máximo, insisten, el materialismo dialéctico es válido para su propia especialidad concreta pero no tiene ninguna aplicación en el campo más amplio de la ciencia en general o (Dios nos libre) en la sociedad en general.

Es sorprendente que incluso los que están planteando la teoría del caos que llegan bastante cerca a la posición dialéctica son completamente ignorantes acerca del marxismo. Así, Ian Stewart y Tim Poston podían escribir en *Analogue* (Noviembre 1981) las siguientes líneas:

"Las 'inexplorables leyes de la física sobre las que, por ejemplo, Marx intentó basar sus leyes de la historia nunca han existido en realidad. Si Newton no podía predecir el comportamiento de tres bolas, ¿podría predecir Marx el de tres personas? Cualquier regularidad en el comportamiento de gran cantidad de partículas o de gente tiene que ser *estadística*, y eso tiene un sabor filosófico bastante diferente".³⁹

Esto está completamente fuera de lugar. Marx no basó en absoluto su modelo de la historia en las leyes de la física. Las leyes del desarrollo social se tienen que derivar de un estudio laborioso de la propia sociedad. Marx y Engels dedicaron el grueso de sus vidas a ese estudio, basándose en una enorme cantidad de datos empíricos cuidadosamente recopilados, como el examen más superficial de los tres tomos de *El Capital* puede demostrar. Por cierto, tanto Marx como Engels eran enormemente críticos con el determinismo mecánico en general, y con Newton en particular. El intento de establecer algún tipo de paralelo entre el método de Marx y el de Newton y Laplace no tiene la más mínima base.

Cuanto más se acerca la teoría del caos y la complejidad a un análisis de la sociedad actual, mayor es el potencial de llegar a comprender las contradicciones del capitalismo:

"Pero en los Estados Unidos, el ideal es la máxima libertad individual, como (Viron) Arthur lo plantea, 'dejar que cada cual sea su propio John Wayne y vaya por ahí con sus pistolas. Aunque en la práctica este ideal se haya comprometido, sigue teniendo un poder mítico.

"Pero los beneficios crecientes cortan hasta la raíz este mito. Si pequeños acontecimientos casuales pueden encerrarte en cualquiera de los muchos resultados posibles, entonces el resultado que se selecciona realmente puede *no* ser el mejor. Y eso significa que la máxima libertad individual y el libre mercado puede *no* producir el mejor de los mundos posibles. Por lo tanto, defendiendo los beneficios crecientes, Arthur, inocentemente, estaba metiéndose en un terreno minado" (Brian Arthur es un economista y uno de los teóricos de la complejidad).40

Stephen J. Gould, que ha hecho importantes contribuciones a la actual teoría de la evolución, es uno de los pocos científicos occidentales que ha reconocido abiertamente los paralelismos entre su teoría del "equilibrio puntuado" y el materialismo dialéctico. En su libro *El pulgar del Panda* dice lo siguiente:

"Si el gradualismo es más un producto del pensamiento occidental que un hecho de la naturaleza, entonces deberíamos de tener en cuenta filosofías del cambio alternativas para aumentar el reino de nuestros prejuicios limitadores. En la Unión Soviética, por ejemplo, se educa a los científicos con una filosofía del cambio muy diferente las llamadas leyes dialécticas, reformuladas por Engels a partir de la filosofía de Hegel. Las leyes dialécticas son explícitamente puntuacionistas. Hablan, por ejemplo, de la 'transformación de la cantidad en calidad'. Esto puede sonar a fetiche, pero sugiere que el cambio se produce en grandes saltos que suceden a una pequeña acumulación de presiones que un sistema puede resistir hasta que llega a un punto de ruptura. Calienta el agua y llegar a un punto en que entrar en ebullición. Oprime más y más a los trabajadores y provocarás una revolución. Eldredge y yo estábamos fascinados al descubrir que los paleontólogos soviéticos apoyaban un modelo similar a nuestro equilibrio puntuado".

Después de todo, la paleontología y la antropología sólo están separadas por un muro muy fino de las otras ciencias históricas y sociales, que tienen implicaciones políticas potencialmente peligrosas para los defensores del statu quo. Como dijo Engels, cuanto más se acercan a las ciencias sociales, menos objetivos y más reaccionarios se vuelven. Por lo tanto es alentador que Stephen Gould haya llegado tan cerca de un punto de vista dialéctico, a pesar de su obvia precaución:

"Sin embargo, confesaré como creencia personal que una visión puntuacional puede coincidir con los tiempos de cambio biológico y geológico y más cuidadosamente y más frecuentemente que cualquiera de sus competidores aunque sólo fuera porque sistemas complejos en un estado estacionario son comunes y altamente resistentes al cambio".41

En el siglo pasado, Marx, irónicamente, planteó que la mayoría de los científicos naturales eran "materialistas avergonzados". En la última mitad del siglo XX, tenemos una paradoja mayor. Muchos científicos que nunca han leído a Marx o Hegel, han llegado independientemente a muchas de las ideas del materialismo dialéctico. Estamos firmemente convencidos de que el futuro desarrollo de la ciencia confirmará la importancia del método dialéctico, y los que fueron sus pioneros obtendrán finalmente el reconocimiento que se les ha negado.

Caricatura estalinista

Un obstáculo serio en el camino de muchos de los que se acercaron a las ideas del marxismo en el pasado era la caricatura representada por el estalinismo. Esto jugó un papel contradictorio. Por una parte, los enormes Éxitos de la economía planificada en la Unión Soviética atrajeron muchos obreros e intelectuales occidentales. Científicos importantes, como el profesor J. B. S. Haldane en Gran Bretaña fueron atraídos por el marxismo, y empezaron a aplicarlo a sus propios campos con resultados prometedores. Aparecieron toda una serie de libros intentando explicar los últimos descubrimientos de la ciencia en un lenguaje comprensivo. Los resultados fueron desiguales, pero esta literatura era infinitamente preferible al tipo de material mistificante producido para el consumo popular hoy en día.

Sin duda los avances sin precedentes de la cultura, la ciencia y la educación en la Unión Soviética sirvieron como punto de referencia, no sólo para el movimiento obrero internacional, sino para los mejores intelectuales y científicos en occidente. Estos logros, demostraron el potencial de la economía planificada y nacionalizada, a pesar de las monstruosas deformaciones burocráticas que en última instancia lo minaron. La situación hoy en día representa un enorme contraste. El colapso de la Unión Soviética, y el intento de restaurar la "economía de mercado" ha provocado un espantoso colapso de las fuerzas productivas y la cultura. Se ha lanzado una ofensiva a nivel mundial contra la idea de la economía planificada, el marxismo y el socialismo en general. Los enemigos del socialismo se han aprovechado de los crímenes del estalinismo para manchar el nombre del marxismo. Tratan de convencer a la gente de que la revolución no vale la pena, y que, por lo tanto, es mejor conformarse con el gobierno de los grandes bancos y los monopolios, aceptar el paro masivo y la caída de los niveles de vida, debido a que, supuestamente, no hay otra alternativa.

En realidad, lo que fracasó en Rusia no fue el socialismo, sino una caricatura burocrática del socialismo. Un sistema totalitario y burocrático es incompatible con un régimen de economía planificada y nacionalizada que, como Trotsky explicó en 1936, necesita democracia al igual que el cuerpo humano necesita oxígeno. Sin la participación activa y consciente de la población a todos los niveles, sin libertad total de crítica, discusión y debate, inevitablemente llevaría a una pesadilla de burocracia, corrupción, obstrucción y mala gestión, lo que inevitablemente al final mina las bases

de la economía planificada. Esto es precisamente lo que pasó en la antigua Unión Soviética, tal y como los marxistas predijimos hace décadas.

El régimen totalitario del estalinismo, con sus acompañantes inevitables, corrupción, conformismo y servilismo, tuvo efectos muy negativos en los campos de la ciencia y las artes. A pesar del enorme impulso que la Revolución de Octubre, y la economía planificada que de ella surgió, representaron para la educación y la cultura, el libre desarrollo de la ciencia se vio asfixiado por el régimen burocrático. más que ninguna otra sección de la sociedad, la ciencia y las artes necesitan desarrollarse en una atmósfera de libertad intelectual, libertad de pensamiento, de expresión, de explorar, de equivocarse. Ante la falta de estas condiciones el pensamiento creativo se marchita y muere. Así, la URSS, con más científicos que América y Japón juntos (y buenos científicos), fue incapaz de conseguir los mismos resultados que en occidente, y gradualmente empezó a ir por detrás en toda una serie de terrenos.

Una de las cosas que crearon todo tipo de concepciones incorrectas sobre el marxismo fue la manera en que lo presentaban los estalinistas. La élite dirigente no podía permitir la libertad de pensamiento y crítica en ningún terreno. En manos de la burocracia, la filosofía marxista ("diamat" como se le denominó) se convirtió en un dogma estéril, o una variedad de sofisma utilizado para justificar cada giro imprevisto de la dirección. Según Lefebvre, las cosas llegaron hasta tal punto que el alto mando del ejército soviético insistió en que se volviese a las lecciones de lógica formal en el curriculum de las academias militares, debido a la vergonzosa confusión que habían provocado los profesores del llamado "diamat". Por lo menos las lecciones de lógica enseñarían a los cadetes el ABC del razonamiento. Este pequeño incidente es suficiente para exponer la caricatura del "marxismo" de los estalinistas.

Bajo Stalin, los científicos se vieron obligados a aceptar sin preguntas esta caricatura rígida y sin vida, junto con toda una serie de teorías sin ninguna base científica simplemente porque a la burocracia le parecían bien, como la "teoría" de Lysenko sobre genética. Esto desacreditó la idea del materialismo dialéctico en la comunidad científica hasta cierto punto, e impidió una aplicación creativa y fructífera del método dialéctico a diferentes campos de la ciencia, que hubiese posibilitado serios avances tanto en la propia ciencia como en una mayor elaboración de las ideas filosóficas que Marx y Engels explicaron en líneas generales, pero dejaron a las futuras generaciones la tarea de desarrollarlas y rellenar los detalles.

Es una condena del régimen estalinista el que durante más de seis décadas, con todos los recursos de la Unión Soviética a su disposición, la burocracia fue incapaz de introducir una sola idea original en el arsenal teórico del marxismo. A pesar de las enormes ventajas de la economía planificada, que creó una industria y tecnología poderosa fueron incapaces de añadir nada nuevo a los descubrimientos de Carlos Marx, trabajando en solitario en la Biblioteca del Museo Británico.

A pesar de todo, los beneficios de la economía planificada posibilitaron un importante avance científico en muchos campos, que la actual avalancha de propaganda quisiera ocultar. Es más, en los campos en los que los científicos aplicaron el método del materialismo dialéctico se consiguieron resultados interesantes. Esto se demuestra en la teoría del caos, un área en la que los científicos soviéticos, influidos indudablemente por el materialismo dialéctico, iban al menos dos décadas por delante de occidente. No es generalmente conocido que las investigaciones originales sobre la teoría del caos se hicieron en la Unión Soviética, y esto dio un impulso a aquellos científicos occidentales que independientemente estaban llegando a las mismas conclusiones, y cuyas ideas a su vez impulsaron el desarrollo de la investigación soviética sobre el caos, como Gleick admite:

"El florecimiento del caos en los Estados Unidos y Europa ha inspirado una enorme cantidad de trabajo paralelo en la Unión Soviética; y asimismo ha provocado perplejidad y desorientación indescriptibles, porque un buen retazo de la nueva ciencia no era novedad en Moscú. Los matemáticos y físicos soviéticos disfrutaban de sólida tradición en la investigación del caos, desde la obra de A. N. Kolmogorov, en el decenio de 1950. Además, tienen el hábito de colaborar, con el cual se han salvado de la divergencia que separa a los de otras naciones".⁴²

19. Alienación y el futuro de la humanidad

El capitalismo en un callejón sin salida

En el período de 1948 a 1973-74, hemos sido testigos de un desarrollo industrial y tecnológico sin precedentes. Sin embargo ahora los propios Éxitos del capitalismo se están convirtiendo en su contrario. En el momento de escribir estas líneas hay 22 millones de parados oficialmente en los países capitalistas desarrollados de la OCDE, sin tener en cuenta los cientos de millones de parados y subempleados en África, Asia y América Latina. Además, este no es el paro cíclico temporal del pasado. Es una úlcera crónica que corroee las entrañas de la sociedad. Como una terrible epidemia, ataca a sectores de la sociedad que se creían a salvo en el pasado.

A pesar de los avances de la ciencia y la tecnología, la sociedad se encuentra a merced de fuerzas que no puede controlar. En la víspera del siglo XXI la gente mira al futuro con creciente ansiedad. En lugar de la vieja certidumbre lo que tenemos es incertidumbre. Este malestar afecta principalmente y en primer lugar a la clase dominante y sus estrategias, que cada vez se dan más cuenta de que su sistema está en serias dificultades. La crisis del sistema se refleja en una crisis ideológica, en los partidos políticos, las iglesias oficiales, la moralidad, la ciencia e incluso en lo que está sucediendo actualmente en filosofía.

La propiedad privada y el estado nacional son las dos camisas de fuerza que impiden el desarrollo de la sociedad. Desde un punto de vista objetivo, las condiciones para el socialismo mundial han existido durante décadas. Sin embargo, el factor decisivo que permitió al capitalismo superar parcialmente sus contradicciones fundamentales fue el desarrollo del comercio mundial. Después de 1945 la dominación del mundo por parte de los Estados Unidos, dictada por la necesidad de impedir la revolución en Europa y Japón y contener el bloque soviético, les dio la oportunidad, a través del tratado de Bretton Woods y el GATT, de obligar a las demás potencias imperialistas a disminuir las barreras arancelarias y quitar de en medio los obstáculos para el libre flujo del comercio.

Esto fue un contraste completo respecto al caos económico del período de entreguerras cuando la intensificación de las rivalidades nacionales se expresó a través de devaluaciones competitivas y guerras comerciales que llevaron al estrangulamiento de las fuerzas productivas dentro de los estrechos límites de la propiedad privada y el estado nacional. Como consecuencia, el período de entreguerras fue un período de crisis, revoluciones y contrarrevoluciones, culminando en la nueva carnicería imperialista de 1939-45.

En el período de posguerra, el capitalismo consiguió superar parcialmente la crisis fundamental del sistema a través de la integración del comercio mundial, creando un mercado mundial unificado en gran medida. Esta fue la precondition para el enorme desarrollo de la economía en el período de 1948-73, que a su vez llevó a un aumento de los niveles de vida, por lo menos para un sector significativo de la población en los países capitalistas avanzados. A veces, un hombre moribundo puede experimentar un acceso repentino de energía, que parece presagiar una recuperación completa, pero en realidad es sólo el preludio de una nueva y fatal recaída .

Períodos de este tipo no sólo son posibles, sino inevitables, incluso en un Época de declive capitalista, si no se derroca el orden social existente. Sin embargo, todos los fuegos de artificio del crecimiento económico, que suponen muchos billones de dólares en cuatro décadas, no han cambiado el carácter del capitalismo ni han aliviado sus contradicciones. El largo período de crecimiento de 1948-73 ya se ha terminado. El pleno empleo, el crecimiento de los niveles de vida y el estado del bienestar son cosa del pasado. A lo que nos enfrentamos ahora es al estancamiento económico, recesión y crisis de las fuerzas productivas.

Los dueños del capital ya no están interesados en invertir en la actividad productiva. El fallecido Akio Morita, que era el presidente de la Sony Corporation, advirtió repetidamente durante los años 80 del peligro mortal que representaba para el capitalismo la tendencia a pasar de la industria productiva al sector servicios. Desde los años 50, los Estados Unidos han perdido la mitad de sus puestos de trabajo industriales, mientras que tres cuartas partes de los puestos de trabajo están en el sector servicios. En Gran Bretaña, relegada ahora a potencia imperialista de tercera clase, existe una tendencia similar. En un artículo en el *Director* (febrero de 1988), Morita declaraba:

"Me gustaría sugerir que esta tendencia, lejos de ser la maduración progresiva de una economía madura y algo que haya que apoyar, es destructiva. Porque a largo plazo, una economía que pierda su base industrial, ha perdido su centro vital. Una economía basada en el sector servicios no tiene fuerza motriz. Así, la complacencia respecto a pasar de la industria al abrigo de los servicios de alta tecnología, en los que los obreros se sientan delante de un ordenador y intercambian información todo el día, está, totalmente fuera de lugar.

"Esto se debe a que es sólo la industria la que crea algo nuevo, que toma materias primas y las convierte en productos con más valor que el de las materias primas de las que están hechos. Tendría que ser obvio que los elementos de servicios en una economía son subsidiarios y dependientes de la industria".

En lugar de crear puestos de trabajo y aumentar la riqueza de la sociedad, los grandes monopolios están dedicando enormes recursos a la especulación en los mercados monetarios, organizando OPAs agresivas, y otro tipo de actividad parásita. Morita planteó que "Los hombres de negocios están fascinados con el juego de las bolsas extranjeras. Han descubierto que produce beneficios rápidos sin la necesidad de invertir en un negocio productivo. Incluso algunas empresas industriales se han pasado al imperio de la bolsa. La gente que se pasa la vida encorvada delante de un monitor en el que salen los datos de las últimas transacciones de bolsa viven en su propio mundo. No tienen lealtades. No producen ningún tipo de productos. No crean ninguna idea nueva. Mueven hasta \$200.000 millones cada día en Londres, Nueva York y Tokio. Esto es un montón de fichas de póquer, significativamente más que el valor real de los bienes que se compran y venden en un día. Esto representa un montón de agua chapoteando en la sala de máquinas"

Morita comparó esta situación del capitalismo mundial con jugar al póquer en un barco que se está hundiendo, y llegó a la conclusión:

"Es un juego impetuoso, muy excitante, pero las pérdidas y ganancias en la mesa de póquer no oscurecen el hecho realmente preocupante de que el barco se está hundiendo y nadie se da cuenta".

Desde que Morita escribió estas líneas, la situación ha empeorado. El enorme mercado mundial de "derivados" ha llegado a la sorprendente cifra de \$25 billones y está completamente fuera de control. Esto supone apostar a escala colosal. Hace que la burbuja del Mar del Norte se quede pequeña a su lado. Esto demuestra la falta de base sólida del capitalismo mundial, que podría acabar en un nuevo colapso financiero de las dimensiones del de 1929.

Siguen las contradicciones

En 1848, Marx y Engels predijeron que el capitalismo se desarrollaría como un sistema mundial. Esto ha sucedido, con una precisión de laboratorio durante el siglo XX. La aplastante dominación del mercado mundial es la característica más importante de la Época. Tenemos una economía mundial, una política mundial, una diplomacia

mundial, una cultura mundial, guerras mundiales... dos en los últimos cien años, una de las cuales casi extingue la llama de la civilización humana. Sin embargo, la globalización de la economía no significa una disminución de los problemas, sino, por el contrario, una enorme intensificación de las contradicciones.

En la última década del siglo XX, a pesar de todas las maravillas de la ciencia moderna, dos tercios de la humanidad viven al borde de la barbarie. Enfermedades comunes como la diarrea y el sarampión matan a siete millones de niños al año. Y esto se podría impedir con una simple vacuna. 500.000 mujeres mueren cada año por complicaciones del embarazo y el parto, y quizás otras 200.000 mueren de abortos. Los países ex-coloniales gastan el 4% de su PNB en sanidad... una media de \$41 per capita, comparado con los \$1900 en los países avanzados.

Según informes de las Naciones Unidas, más de seis mil millones de personas habitarán la tierra el año 2000. La mitad de ellas serán menores de veinte años. Sin embargo la mayoría sufre paro, falta de educación básica y servicios médicos elementales, superpoblación y malas condiciones de vida. Unos 100 millones de niños entre 6 y 11 años no están escolarizados, dos tercios de ellos niñas. Por cierto que incluso en los Estados Unidos, la UNICEF calcula que el 20% de los niños viven por debajo de la línea de la pobreza. La situación en el Tercer Mundo ha alcanzado niveles realmente horribles. 100 millones de niños viven en las calles. En Brasil este problema se está "resolviendo" con una campaña de exterminio de niños por parte de elementos de la policía y escuadrones de la muerte por el único crimen de ser pobres. Atrocidades similares se están cometiendo contra la gente sin vivienda en Colombia. No hace mucho se descubrió que una gran cantidad de hombres, mujeres y niños que vivían en las calles habían sido asesinados y sus cuerpos vendidos a la Universidad de Bogotá para ser diseccionados por los estudiantes de Medicina. Semejantes historias horrorizan a la gente civilizada. Pero sólo es la expresión más extrema de la amoralidad de una sociedad que trata a los seres humanos como meras mercancías.

Un millón de niños han sido asesinados, cuatro millones seriamente heridos, y cinco millones son refugiados o huérfanos como resultado de las guerras en la última década. En muchos países ex-coloniales tenemos el fenómeno del trabajo infantil, las más de las veces en condiciones de esclavitud. Las protestas hipócritas de los medios de comunicación occidentales no impiden que el producto de este trabajo llegue a los mercados occidentales y vaya a engrosar los bolsillos de "respetables" compañías occidentales. Un ejemplo típico que fue publicado recientemente, era el caso de una fábrica de cerillas en la que, mayoritariamente niñas, trabajaban 6 días a la semana un total de 60 horas, con productos tóxicos por tres dólares. En una carta al *The Economist* del 15 de septiembre de 1993 se planteaba que "Los padres se dan cuenta del valor de la educación para el futuro de sus hijos, pero a menudo su pobreza es tan desesperada que no pueden salir adelante sin los salarios de sus niños".

La principal razón de la creciente pobreza del tercer mundo es el saqueo a gran escala de sus recursos a través del intercambio comercial, y los tres billones de dólares de deuda del tercer mundo a los grandes bancos occidentales. Para poder pagar sólo los intereses de esta deuda, estos países tienen que exportar comida que su propia población necesita y sacrificar su educación y salud. Según la UNICEF, los pagos de la deuda han provocado que los ingresos del Tercer Mundo hayan caído una cuarta parte, el gasto sanitario el 50% y el gasto educativo un 25%. A pesar de las lamentaciones hipócritas por la destrucción de la selva Amazónica, economistas brasileños han demostrado que esta está provocada principalmente por la necesidad de conseguir dinero de exportaciones agrícolas y ganaderas, como ternera, que se consiguen en las tierras conquistadas a la selva. La financiación de estos proyectos de exportaciones proviene del Banco Mundial y otros organismos financieros internacionales.

En el sentido literal de la palabra, la humanidad está en una encrucijada. Por una parte existe el potencial para construir un paraíso en este mundo. Por otra, elementos de barbarie amenazan con inundar el planeta. Además de todo esto tenemos las amenazas al medio ambiente. En su loca búsqueda de beneficios, las grandes multinacionales están destruyendo el planeta. Cada año se destruyen 29.000 millas cuadradas de selva forestal, una zona tan grande como Escocia. Se puede especular qué es lo que causó la extinción de los dinosaurios. Pero no hay duda de las causas de la actual catástrofe... el ansia incontrolada de beneficios y la anarquía de la producción capitalista.

Incluso científicos que no tienen nada que ver con el socialismo se han visto obligados a sacar la conclusión (perfectamente lógica si nos paramos a pensarlo por un momento) que la única solución es algún tipo de economía planificada a nivel mundial. Sin embargo esto no es posible bajo el capitalismo. Formalmente cuarenta países han aceptado la "Estrategia de Conservación del Mundo". Pero sin una federación socialista mundial, esto es simplemente papel mojado. Los intereses de los grandes monopolios son los que deciden.

Pero todo esto no es inevitable en absoluto. Todas las terribles predicciones sobre la situación sin remedio del la humanidad, empezando por Malthus, han demostrado ser falsas. El potencial para el desarrollo humano no tiene límites. Existen las condiciones incluso ahora para eliminar el hambre de la faz de la tierra. En Europa Occidental y Estados Unidos, la productividad industrial ha llegado a tales límites que se paga a los granjeros para que dejen de producir. Se deja de cultivar tierra fértil. Se vierte el trigo al mar o se mezcla con tinte para que sea inservible. Hay montañas de carne, mantequilla, leche que no se puede consumir. En el Estado Español se arrancan deliberadamente los olivos. Y al mismo tiempo hay 450 millones de personas en el mundo que sufren malnutrición o que de hecho se mueren de hambre.

A principios del próximo siglo, los países de la cuenca del Pacífico probablemente representarán la mitad de la producción mundial. La economía mundial estará en sus manos. Durante siglos los europeos se han considerado el centro del mundo. Pero hablando objetivamente esta idea no tiene más base que la idea de Ptolomeo de que la tierra era el centro del universo. Ya en 1920 Trotsky predijo que el centro de gravedad de la historia mundial pasaría del

Atlántico al Pacífico. El siguiente paso de la historia humana ver¿ a los millones que viven en Asia realizando todo su potencial, como parte de la Federación Socialista Mundial.

El flagelo del desempleo

El trabajo es la principal actividad de nuestra vida. Desde pequeños nos preparamos para ello. Nuestra escolarización está¿ vinculada a ello. Pasamos toda nuestra vida activa implicados en Él. El trabajo es la base sobre la que reposa toda la sociedad. Sin Él no habría comida, ni ropas, ni un techo, ni escuelas, ni cultura, ni arte, ni ciencia. Realmente el trabajo es vida. Negar a alguien el derecho al trabajo no es sólo negarle el derecho a un mínimo nivel de vida. Es privarle de la dignidad humana, separarle de la sociedad civilizada, hacer su vida inútil y sin sentido. El desempleo es un crimen contra la humanidad. La creación de una especie de subclase en los barrios deprimidos de las ciudades de los Estados Unidos y otros países es una condena de la sociedad moderna. Las siguientes citas revelan el miedo de los estrategas más conscientes del capital respecto a las tendencias a la desintegración social en occidente.

"La concentración de poblaciones crecientes de gente empobrecida y descontenta en las ciudades dependiendo de infraestructuras vulnerables está¿ fraguada de peligros. Y no es el menor de ellos la fuerte posibilidad de que la solidaridad social que subyace en el estado del bienestar se rompa en los próximos años. Los costes cada vez mayores de apoyar a poblaciones dependientes pondrán a prueba la paciencia de los más exitosos en una recesión económica (E) Pero eso es un problema para el próximo siglo".

"El estado del bienestar ha entrado en quiebra en términos evolutivos. Las mujeres de la subclase dan luz a un 60% más de niños que las mujeres de clase media negras o blancas . Pero incluso esta estadística subestima el impacto sobre la población. Las mujeres de la subclase no sólo tienen más niños sino que también dan a luz a edades más jóvenes, llevando a un incremento geométrico de la población de la subclase a lo largo del tiempo".

Rees-Mogg que se consuela con la ilusión de que el "marxismo ha muerto", es la voz de los políticos abiertamente reaccionarios, recordando vívidamente a los maltusianos de la Época victoriana hace más de cien años:

"Están (los pobres) instigados al desperdicio de sus vidas por los incentivos perversos de los programas sociales que imponen tasas de impuestos reales del 100% o más sobre los que se salen del subsidio para empezar a trabajar. En muchos casos el valor total de los vales de comida, las ayudas a los alquileres, los subsidios, ayudas de ingresos, y asistencia sanitaria gratuita y otros servicios superan el ingreso después de impuestos que se puede conseguir en un puesto de trabajo no cualificado. Y se pueden conseguir ayudas, por definición, con poco o nada de esfuerzo diario. No te tienes que levantar por la mañana y correr entre una masa de gente que va al trabajo para asegurarte un medio de vida. La aplicación laxa de la ley también hace que el analfabetismo, la indolencia y la ilegitimidad sean más atractivas. Los niños que pueden conseguir cien dólares a la hora como ladrones o traficantes de drogas es menos probable que sean impresionados por los rigores de aprender a leer o mantener un trabajo de salario mínimo que les pueda resultar útil sólo en el futuro".⁴³

Al otro lado del Atlántico los mismo presagios se extienden entre los estrategas del capital. El conocido economista y autor americano, John Kenneth Galbraith, a diferencia de Rees-Mog, es un liberal políticamente, pero llega a conclusiones similares. En su último libro *The Culture of Contentment*, lanza una seria advertencia del conflicto social explosivo que está¿ surgiendo de las divisiones de la sociedad americana:

"Sin embargo la posibilidad de una revuelta de las clases inferiores, muy inquietante como para contentarse, existe y aumenta con fuerza. Ha habido estallidos en el pasado, especialmente los grandes disturbios en los barrios a finales de los 60, y existen numerosos factores que pueden llevar a una repetición.

"En especial, ha quedado claro, que la tranquilidad ha dependido de una comparación con la incomodidad anterior. Con el tiempo, esta comparación se desvanece, y también con el tiempo la promesa del pasado de escapar de una relativa privación en un movimiento hacia arriba disminuye. Esto sería especialmente la consecuencia de un ralentizamiento o disminución de la economía e incluso más en una recesión prolongada o depresión. Las oleadas sucesivas de trabajadores que han trabajado en las factorías de automóviles de Detroit y las plantas de carrocería los refugiados de las tierras ganaderas adyacentes de Michigan y Ontario y más tarde los blancos pobres de los Apalaches aumentaron su nivel. Muchos de los que vinieron del sur para sustituirles están ahora instalados en el paro endémico. Nadie debería sorprenderse si esto, algún día, alimentase una reacción violenta. Siempre ha sido uno las altas creencias del confort que los incomfortables aceptan pacíficamente, incluso gustosamente, su destino. Esta creencia hoy en día podría verse refutada súbita y sorprendentemente".

Alienación

"El mundo no es una colección de individuos aislados; todos están de alguna manera u otra conectados los unos con los otros". (Aristóteles.)

"Ningún hombre es una Isla, entero en sí mismo; todo hombre es un pedazo del Continente, una parte de la tierra; si el mar se lleva un trozo de tierra, Europa queda tan disminuida como si de un promontorio se tratara, o si desapareciese un Caserío de tus amigos o tuyo; la muerte de cualquier hombre me disminuye, porque yo estoy comprometido con la Humanidad; y por lo tanto, no preguntes nunca por quien doblan las campanas; doblan por ti". (John Donne, *Devociones sobre ocasiones emergentes*, nº XVII.)

Los seres humanos se convierten en humanos separándose de su naturaleza puramente animal, es decir inconsciente. Incluso los animales más complejos no pueden alcanzar los logros del género humano, que le permiten sobrevivir y prosperar en las condiciones y climas más variados, bajo el mar, en el cielo e incluso en el espacio. Los seres humanos se han elevado por encima de su estado "natural", zoológico, han conseguido dominar el entorno hasta un nivel sin precedentes. Sin embargo, paradójicamente, los humanos siguen controlados por fuerzas que escapan a su control. La llamada "economía de mercado" se basa en la premisa de que la gente no controla sus vidas y destinos, son marionetas en manos de fuerzas invisibles, que como los caprichosos e insaciables dioses del pasado, lo gobiernan todo sin orden ni concierto. Estos dioses tienen sus sumos sacerdotes, que dedican sus vidas a su servicio. Habitan en los bancos y las bolsas, con sus rituales elaborados, y sacan enormes beneficios. Pero cuando los dioses se enfadan, los sacerdotes entran en pánico, como una horda de bestias asustadas, e igualmente inconscientes.

Los antiguos romanos describían un esclavo como "un instrumento con voz" (*instrumentum vocale*). Hoy en día muchos obreros se podrían sentir identificados con esta descripción. Se supone que vivimos en un mundo post-moderno, post-industrial y post-fordista. Pero por lo que se refiere a las condiciones de la clase obrera, ¿qué ha cambiado?. En todas partes las conquistas del pasado están siendo atacadas. En occidente, los niveles de vida, para la mayoría de la gente, están siendo exprimidos. El estado del bienestar está siendo minado y el pleno empleo es una cosa del pasado.

En todos los países, la sociedad está impregnada de un profundo sentimiento de malestar. Este empieza por arriba y penetra todos los niveles de la sociedad. El sentimiento de inseguridad alimentado por el paro masivo, se ha extendido a sectores de la clase obrera que antes se consideraban inmunes profesores, doctores, enfermeras, funcionarios, encargados nadie estará a salvo. Los ahorros de las capas medias, el valor de sus casas, están igualmente amenazados por movimientos incontrolados de los mercados monetarios y bursátiles. Las vidas de miles de millones de seres humanos están a merced de las fuerzas ciegas que operan a su capricho, haciendo que los dioses de la antigüedad parezcan racionales en comparación.

Hace décadas, se predijo confiadamente que los adelantos de la ciencia y la tecnología resolverían los problemas de la humanidad. En el futuro, hombres y mujeres ya no tendrían que preocuparse de la lucha de clases, sino del problema de qué hacer con su tiempo de ocio. Estas predicciones no eran del todo descabelladas. Desde un punto de vista estrictamente científico, no existe ninguna razón por la que no deberíamos estar en posición de llevar a delante una reducción general de las horas de trabajo, incrementando a la vez los niveles de vida y la producción, sobre la base de la mejora de la productividad mediante la aplicación de la nueva tecnología. Pero la situación real es muy diferente.

Marx explicó hace tiempo que, bajo el capitalismo, la introducción de nueva maquinaria, lejos de reducir la jornada laboral, tiende a prolongarla. En los principales países capitalistas, podemos observar una presión sin piedad sobre los trabajadores para que trabajen más horas por menos dinero. En su número del 24 de octubre de 1994, *Time* informaba de un brusco aumento de la economía americana, con un incremento enorme de los beneficios: "pero los trabajadores se quejan de que para ellos sólo ha significado quedarse exhaustos. En toda la industria americana, las compañías están utilizando las horas extras para exprimir la mayor parte de la fuerza laboral de Estados Unidos: la semana laboral media industrial llega casi a una cifra récord de 42 horas, incluyendo 4,6 horas extras. 'Los americanos, observa Audrey Freedman, un economista laboral y miembro del consejo de redacción de *Time*, 'son los más trabajadores del mundo'. Los tres grandes de la industria del automóvil han llevado esta tendencia hasta sus límites. Sus trabajadores hacen una media de 10 horas extras a la semana y trabajan una media de seis sábados de ocho horas al año".

El mismo artículo cita numerosos ejemplos tanto de trabajadores de cuello blanco, como de cuello azul de muchas industrias diferentes, que se quejan de las horas extras crónicas:

"'Estoy haciendo el trabajo de tres personas', dice Joseph Kelterborn, de 44 años, que trabaja para la compañía de teléfonos Nynex en Nueva York. Su departamento, que instala y mantiene redes de fibra óptica, ha pasado de 27 a 20 trabajadores en los últimos años, en parte combinando lo que eran tres categorías separadas conector, potenciador y probador en su puesto de trabajo único de conector portador. Como resultado, dice Kelterborn, a menudo trabaja cuatro horas extra al día y un fin de semana de cada tres. 'Cuando llego a casa', se queja, 'no tengo tiempo más que para ducharme, cenar y dormir un poco; y en seguida a levantarse y vuelta a empezar'".

Como Marx planteó, el incremento de la utilización de maquinaria bajo el capitalismo significa más horas de fatiga para los que tienen un puesto de trabajo. Desde que empezó la recuperación económica respecto a la última recesión, en marzo de 1991, la economía de Estados Unidos ha creado casi seis millones de puestos de trabajo, pero de tal manera que se queda dos millones por detrás. Si las compañías hubiesen contratado al mismo nivel que en recuperaciones anteriores, el incremento de puestos de trabajo hubiese llegado a ocho millones o más.

El artículo del *Time* añade:

"De hecho, hay bastantes pruebas de que Estados Unidos se está desarrollando como una sociedad de dos sectores. Mientras que los beneficios de las empresas y los salarios de los ejecutivos están creciendo rápidamente, los salarios reales (es decir, descontando al inflación) no están creciendo en absoluto. De hecho, el gobierno ha informado que en el último año la media de ingresos familiares en los Estados Unidos cayó en \$312, mientras que un millón de personas más entró en las listas de pobres; el número de personas definidas oficialmente como pobres

representaban el 15,1% de la población de los Estados Unidos en comparación con el 14,8% de 1992. Estos son acontecimientos sorprendentes en el cuarto año de la recuperación de los negocios que está ganando terreno constantemente".

En el *Manifiesto Comunista*, Marx y Engels plantearon que "el creciente empleo de las maquinas y la división del trabajo quitan al trabajo del proletario todo carácter propio y le hacen perder con ello todo atractivo para el obrero. Este se convierte en un simple apéndice de la maquina, y solo se le exigen las operaciones más sencillas, más monótonas y de mas fácil aprendizaje. Por tanto, lo que cuesta hoy día el obrero se reduce poco mas o menos a los medios de subsistencia indispensable para vivir y para perpetuar su linaje. Pero el precio de todo trabajo, como el de toda mercancía, es igual a los gastos de producción. Por consiguiente, cuanto mas fastidioso resulta el trabajo, mas bajan los salarios. Mas aun, cuanto mas se desenvuelven la maquinaria y la división del trabajo, mas aumenta la cantidad de trabajo bien mediante la prolongación de la jornada, bien por el aumento del trabajo exigido en un tiempo dado, la aceleración del movimiento de las maquinas, etc." 45

En una de las películas más famosas de Charles Chaplin, *Tiempos Modernos*, tenemos una imagen gráfica de la vida en una línea de ensamblaje en una gran fábrica en la década de 1930. La esclavización de la repetición sin fin de las mismas tareas monótonas convierte al ser humano en un apéndice de la máquina, una "herramienta con voz". A pesar de todos los discursos sobre la "participación", las condiciones en las fábricas siguen siendo en gran medida las mismas. De hecho la presión sobre los trabajadores ha aumentado constantemente en los últimos años. Las pequeñas cosas que hacen la vida más agradable están siendo brutalmente suprimidas. En Gran Bretaña, donde la fuerza de los sindicatos consiguió importantes avances en el pasado, la hora de la comida ha pasado a la historia. El canciller Kohl informa a los trabajadores alemanes que van a tener que empezar a trabajar los fines de semana. Y tenemos la misma situación en todas partes.

La nueva tecnología, en lugar de mejorar las condiciones de los trabajadores industriales, ha sido utilizada para empeorar las condiciones de los trabajadores de cuello blanco. En muchos bancos, hospitales y grandes oficinas, la situación de los empleados es cada vez más parecida a la que existe en las grandes fábricas. La misma inseguridad, la misma presión implacable sobre el sistema nervioso, el mismo estrés, provocando problemas médicos, depresiones, ruptura de matrimonios, etc.

En los últimos años los científicos han vuelto a la idea del "hombre máquina", en relación al campo de la robótica y la cuestión de la inteligencia artificial. Incluso ha penetrado en la conciencia popular, como lo vimos en películas del tipo de *Terminator*, en las que los seres humanos se enfrentan a autómatas ingeniosamente contruidos. Este fenómeno nos dice bastante de la psicología del período actual, caracterizado por la deshumanización general de la sociedad, mezclado con la sensación de que los seres humanos no tienen un control sobre sus destinos, y el miedo a las fuerzas incontrolables que dominan las vidas de la gente. En contraste, el intento de crear inteligencia artificial representa un nuevo avance de la ciencia de la robótica, que, en una sociedad auténticamente racional, abre un enorme horizonte de avance humano.

La substitución del trabajo humano por maquinaria avanzada, es la clave de la mayor revolución cultural de la historia, sobre la base de la reducción generalizada de las horas de trabajo. Sin embargo no se puede plantear la cuestión de la réplica exacta de la inteligencia humana en una máquina, aunque algunas operaciones concretas las pueden realizar más eficazmente. Esto no es por razones místicas, o por la existencia de una supuesta "alma inmortal" que nos hace productos únicos de la Creación, sino por la propia naturaleza del pensamiento, que no se puede separar de otras actividades corporales de los seres humanos, empezando por el trabajo.

Marx y la alienación

Incluso los afortunados que tienen un puesto de trabajo, nueve de cada diez veces, es un trabajo penoso y sin sentido. Las horas de trabajo no se consideran como parte de la vida. No tienen nada que ver contigo como ser humano. El producto de tu trabajo pertenece a otra persona, para la cual no eres más que "un factor de la producción". La vida empieza en el momento en que pones el pie fuera del puesto de trabajo, y cesa en el momento en que vuelves a entrar. Este fenómeno fue explicado por Marx en sus *Manuscritos Filosóficos y Económicos de 1844*:

"Ahora bien, ¿en qué consiste la enajenación del trabajo?

"En primer lugar en que el trabajo es algo *externo* al obrero, es decir, algo que no forma parte de su esencia, en que, por tanto, el obrero no se afirma, sino que se niega en su trabajo, no se siente bien, sino a disgusto, no desarrolla sus libres energías físicas y espirituales, sino que mortifica su cuerpo y arruina su espíritu. Por tanto, el obrero solo se siente en sí fuera del trabajo, y en este se siente fuera de sí. Cuando trabaja no es el, y solo recobra su personalidad cuando deja de trabajar. No trabaja, por tanto, voluntariamente, sino a la fuerza, su trabajo es un *trabajo forzado*. No representa la satisfacción de una necesidad, sino que es simplemente, un *medio* para satisfacer necesidades extrañas a el. El carácter extraño del trabajo que realiza se manifiesta en toda su pureza en el hecho de que el trabajador huye de su trabajo como de la peste, en cuanto cesa la coacción física, o cualquier otra que le constriñe a realizarlo. El trabajo externo, el trabajo en el que hombre se enajena, es un trabajo de auto sacrificio, de mortificación. En definitiva, la exterioridad del trabajo para el obrero se revela en el hecho de que no es algo propio suyo, sino de otro, de que no le pertenece a el y de que Él mismo, en el trabajo, no se pertenece a sí mismo, sino que pertenece a otro. Lo mismo que en la religión la actividad humana propia de la fantasía humana, del cerebro y el corazón humanos, obra con independencia del individuo y sobre Él, es decir, como una actividad ajena, divina o

demoníaca, la actividad del obrero no es tampoco su propia actividad. Pertenece a otro y representa la pérdida de sí mismo".⁴⁶

Así, para la gran mayoría, la vida se consume en una actividad que tiene poco sentido para el individuo; en el mejor de los casos es tolerable; en el peor, un tormento viviente. Incluso los que eligen trabajar enseñando a niños o cuidando a enfermos, se encuentran con que la satisfacción que reciben por su trabajo, desaparece en la medida en que las leyes del mercado entran también en las escuelas y en los hospitales.

El sentimiento de que la sociedad ha llegado a un *impasse* no se limita a las "capas bajas". También la clase dominante se está sintiendo cada vez más pesimista respecto al futuro. Uno busca en vano las grandes ideas del pasado, esa confianza, ese optimismo. El constante jactarse de las supuestas maravillas de "la economía de libre mercado", suena cada vez más vacío, según la gente empieza a darse cuenta de la situación real, millones de parados, ataques a los niveles de vida, acumulación de enormes fortunas a través de la especulación, y la corrupción.

Es irónico que los defensores del orden existente acusen al marxismo de ser "materialista", cuando la burguesía practica el tipo más vulgar y bruto de materialismo, no en el sentido filosófico de la palabra sino en el del diccionario. La búsqueda de beneficios a toda costa, la elevación de la codicia a la categoría de principio absoluto, está en el centro de toda su cultura. Esta es su auténtica religión. En el pasado se cuidaban de ocultarlo de la vista pública tanto como podían, escondiéndose detrás de una pantalla de moralismos hipócritas sobre el deber, el patriotismo, el trabajo honesto y todo lo demás. Ahora lo plantean abiertamente. En todos los países podemos observar una epidemia sin precedentes de corrupción, mentiras, estafas, timos, no los pequeños robos de los delincuentes normales, sino el saqueo a gran escala, perpetrado por hombres de negocio, políticos, jefes de policía y jueces. ¿Y por qué no? ¿No es nuestro deber hacernos ricos?

El credo del monetarismo eleva el egoísmo y la codicia a principio. Coge tanto como puedas, como quiera que puedas y que cada uno se apañe se las arregle como pueda. Es la cultura del "pelotazo". Esta es la esencia destilada del capitalismo. La ley de la selva traducida al lenguaje del vudú económico. Por lo menos tiene el mérito de la simplicidad. Te dice clara y diáfananamente qué es el capitalismo.

Y sin embargo, ¿qué filosofía tan vacía! Aunque no lo saben, ellos mismos, los señores del planeta, no son más que meros esclavos, sirvientes ciegos de fuerzas que no controlan. Ellos no tienen el auténtico control del sistema, no más que las hormigas en un hormiguero. La cuestión es que están bastante satisfechos con este estado de cosas, que les da posición, poder y riqueza. Y resisten tenazmente todo intento de cambiar radicalmente la sociedad.

Si hay un hilo conductor a través de toda la historia humana es el de la lucha de hombres y mujeres para tomar control sobre sus vidas, para ser libres en el sentido real de la palabra. Todos los adelantos de la ciencia y la técnica, todo lo que los humanos han aprendido sobre la naturaleza y sobre ellos mismos, representa el potencial que existe actualmente para adueñarse de las condiciones en las que viven. Y sin embargo, en la última década del siglo XX, el mundo parece sujeto a una extraña locura. Los seres humanos se sienten incluso menos en control de sus destinos que antes. La economía, el medio ambiente, el aire que respiramos, el agua que bebemos, la comida que comemos: todo parece estar en un equilibrio precario al filo de la navaja. El viejo sentido de seguridad se ha desvanecido. Ha desaparecido la idea de que la historia representa una marcha ininterrumpida hacia algo mejor que el presente.

Bajo estas circunstancias, sectores de la sociedad buscan una salida en cosas como la droga y el alcohol. Cuando la sociedad pierde su racionalidad, los hombres y mujeres buscan amparo en lo irracional. La religión, como dijo Marx, es un opio, y sus efectos no son menos dañinos que los de otras drogas. Hemos visto como ideas místicas y religiosas han penetrado incluso el mundo de la ciencia. Es un reflejo del carácter del período por el que estamos pasando.

Moralidad

"Trata de fortalecer tus compromisos morales y tu fe religiosa. Relee los *Diez Mandamientos* y el *Libro del Eclesiastés*. Una Biblia no es un mal maestro de historia y una guía para sobrevivir en tiempos difíciles". (Rees-Mogg.)

"A quien no le importe volver a Moisés, Cristo o Mahoma. A quien no esté satisfecho con el *batiburrillo* ecléctico, tiene que reconocer que la moralidad es un producto del desarrollo social; que no hay en ella nada inmutable; que sirve a intereses sociales; que estos intereses son contradictorios; que la moralidad más que ninguna otra forma de ideología tiene un carácter de clase". (Trotsky.)

"¿El marxismo niega la moralidad!" A menudo oímos expresiones de este tipo, que simplemente revelan ignorancia sobre el ABC del marxismo. Es cierto que el marxismo niega la existencia de una moral suprahistórica. Pero no hace falta mucho esfuerzo para ver que los códigos morales que han regulado la conducta humana han cambiado substancialmente de un período histórico a otro. Hubo un tiempo en el que no se consideraba inmoral comerse a los prisioneros de guerra. más adelante, el canibalismo se consideró aborrecible, pero se podía convertir a los prisioneros de guerra en esclavos. Incluso el gran Aristóteles estaba dispuesto a justificar el esclavismo, sobre la base de que los esclavos no tenían alma, y por lo tanto no eran completamente humanos (el mismo argumento se utilizó en relación a la mujer). más tarde se consideró moralmente incorrecto que una persona poseyese a otra como una propiedad personal, pero era perfectamente aceptable que los señores feudales tuviesen siervos encadenados a

la tierra y totalmente sujetos a su amo, hasta el punto de tener que ceder a su novia al señor feudal en la noche de bodas.

Hoy en día se considera todas estas cosas bárbaras e inmorales, pero en cambio no se cuestiona la institución del *trabajo asalariado*, en el que un ser humano se vende a pedazos a un empresario, que utiliza su fuerza de trabajo como le place. Después de todo, esto es trabajo libre. A diferencia del siervo y el esclavo, el trabajador y el empresario llegan a un acuerdo por su libre voluntad. Nadie obliga al trabajador a trabajar para un empresario concreto. Si no le gusta puede dejarlo y buscar trabajo en otra parte. Es más, en una economía de libre mercado, la ley es la misma para todo el mundo. El escritor francés Anatole France escribió sobre "el majestuoso igualitarismo de la ley, que prohíbe a ricos y pobres por igual dormir debajo de un puente, mendigar por las calles, y robar pan".

En la sociedad moderna, en lugar de las viejas formas abiertas de explotación, tenemos explotación hipócritamente disfrazada, en la que la relación real entre hombres y mujeres se transforma en una relación entre cosas, pequeños trozos de papel que dan a los que los poseen el poder de la vida y la muerte; que pueden hacer que lo feo sea bonito; que lo que es débil sea fuerte; al estúpido inteligente; que el viejo sea joven.

Trotsky escribió que las relaciones monetarias se han enraizado tan profundamente en las mentes de la gente que nos referimos a un hombre que "vale" tantos millones de dólares. El hecho de que este tipo de expresiones se den por buenas es una medida del grado de alienación que existe en la sociedad actual. Nadie se sorprende cuando, durante una crisis monetaria, en el telediario se habla de una moneda como si fuera una persona recuperándose de una enfermedad ("la libra/dólar/peseta se ha recuperado significativamente esta mañana"). Se considera a los seres humanos como objetos, y a los objetos, especialmente el dinero, se les trata con un temor supersticioso, recordando las actitudes religiosas de los salvajes en relación a sus tótems y fetiches. La relación de este *fetichismo de las mercancías* fue explicado por Marx en el primer volumen de *El Capital*.

La búsqueda de una moralidad absoluta es totalmente inútil. Una vez más, las leyes inmutables de la lógica no nos pueden ayudar. La lógica formal se basa en una antítesis fija entre verdadero y falso. Una idea es correcta o incorrecta. Pero la verdad, como el poeta alemán Lessing señaló, no es como una moneda acuñada en la casa de la moneda y que se puede utilizar en todas las circunstancias. Lo que en un momento y en unas circunstancias determinadas es verdadero, en otro momento es falso. Lo mismo con los conceptos de "bueno" y "malo". Lo que en una sociedad es bueno, es aborrecible en otra. Es más, incluso en una sociedad concreta el concepto de bueno y malo cambia frecuentemente, según las circunstancias y los intereses de una clase determinada.

Si excluimos el incesto, que parece ser un tabú en prácticamente todas las sociedades, hay muy pocos mandamientos morales eternos y absolutos. "No robarás", no tiene mucho sentido en una sociedad que no se base en la propiedad privada. "No cometerás adulterio", solo tiene sentido en una sociedad patriarcal, en la que los hombres querían asegurarse de que su propiedad privada sería heredada por sus hijos. "No matarás" siempre ha estado rodeado de tantos calificativos que inmediatamente se transforma en otra cosa bastante diferente; por ejemplo, no matarás, excepto en defensa propia; o no matarás, excepto si es alguien de otra tribu/nación/ religión, etc.

En todas las guerras, los sacerdotes bendicen los ejércitos de la nación cuando salen a masacrar los ejércitos de otra nación. El mandato moral *absoluto* de no matar, se convierte de la noche a la mañana, en un mandato bastante relativo, en relación a otras consideraciones que, si las analizamos más de cerca, tienen que ver con los intereses estratégicos, políticos, económicos o territoriales de los estados implicados en la lucha. Toda esta hipocresía queda bastante bien reflejada en un pequeño verso del gran poeta escocés Robert Burns:

"¿Hipócritas! ¿Qué barbaridades son estas?
Asesináis a hombres y ¿dais gracias a Dios?
¿Parad sinvergüenzas! No sigáis más:
Dios no aceptará vuestras gracias por el asesinato".

La guerra es un hecho de la vida (y de la muerte). Ha habido muchas guerras en la historia de la humanidad. Puedes lamentarte por ello, pero no negarlo. Además, la mayoría de las discusiones importantes entre naciones se han resuelto en última instancia mediante la guerra. El pacifismo nunca ha sido una doctrina muy del agrado de los gobiernos, excepto como maniobra diplomática cuyo único objetivo es confundir a todo el mundo respecto de las intenciones reales de ese gobierno. La mentira es la moneda de cambio de los diplomáticos. Se les paga por eso. "No mentirás" simplemente no se aplica en este caso. Un general que no hiciese todo lo posible para engañar al enemigo respecto a sus auténticas intenciones sería considerado un loco o peor. Aquí vemos como la mentira se convierte en algo a alabar una *astucia militar*. Un general que dijese la verdad sobre sus planes al enemigo sería fusilado como traidor. Un obrero que revelase los detalles de una huelga al empresario sería considerado de la misma manera por sus compañeros y compañeras de trabajo.

De estos ejemplos podemos sacar la conclusión de que la moralidad no es una abstracción suprahistórica, sino algo que ha evolucionado históricamente, y ha sufrido bastantes cambios. En la Edad Media, la Iglesia Católica Romana condenaba la usura como un pecado mortal. Hoy en día el Vaticano tiene su propio banco, y gana grandes cantidades prestando dinero con interés. En otras palabras, la moralidad tiene una base de clase. Refleja los valores, intereses y puntos de vista de la clase dominante. Por supuesto que no puede conseguir mantener el grado necesario de cohesión social si no es aceptada por la gran mayoría de los ciudadanos. Por lo tanto tiene que parecer

compuesta de verdades absolutas e incuestionables, la violación de las cuales destruiría todo el edificio de la sociedad.

Hay pocas cosas más repulsivas que ver a damas y caballeros de bien dando lecciones a la gente sobre la necesidad de la moral, la religión, la familia y el ahorro. Los mismos individuos cuya codicia se manifiesta todos los días en los enormes aumentos salariales para los miembros de los consejos de dirección de las grandes empresas, dan lecciones a los trabajadores sobre la necesidad de sacrificarse. Los mismos especuladores que no vacilan a la hora de hundir la moneda de su propio país para aumentar sus ya bien nutridas cuentas bancarias, tratan de convencernos sobre la necesidad de defender los valores patrios. Los mismos bancos y multinacionales y gobiernos responsables de la explotación sin piedad de millones de personas en África, Asia y América Latina se llevan las manos a la cabeza horrorizados cuando los trabajadores y campesinos toman las armas para luchar por sus derechos. Dan lecciones al mundo sobre la necesidad de la paz. Pero los stocks de armamento letal sobre los que siguen aumentando sus fabulosas fortunas demuestran que su pacifismo es bastante relativo. La violencia es un crimen solamente cuando la utilizan los pobres y oprimidos. Toda la historia demuestra que la clase dominante siempre defenderá su poder y sus privilegios por los medios más brutales si es necesario.

Los defensores del statu quo siempre han inscrito en sus banderas las palabras sagradas: Familia, Orden, Propiedad Privada y Religión. Pero de estas instituciones supuestamente inviolables a la clase dominante sólo le interesa realmente una, la propiedad privada. La religión, como Rees-Mogg plantea francamente, es un instrumento necesario para mantener a los pobres bajo control. La mayor parte de los miembros de la clase dominante no se creen una sola palabra, y van a la Iglesia de la misma manera que van a la ópera, para lucir su último modelito. Su comprensión de la teología es tan escasa como su apreciación del *Anillo de los Nibelungos* de Wagner. En su vida privada la burguesía muestra poco respeto por las "leyes eternas de la moralidad". La epidemia de escándalos que ha sacudido la clase política en Italia, el Estado Español, Gran Bretaña, Bélgica, Japón y los Estados Unidos es sólo la punta del iceberg. Pero siguen con su cantinela sobre las "verdades morales eternas" y se sorprenden cuando se les responde con una carcajada de incredulidad.

¿Quiere esto decir que la moral no existe? ¿O que los marxistas son amoraless? Nada más lejos de la realidad. La moralidad existe, y juega un papel necesario en la sociedad. Toda sociedad tiene su código moral, que sirve como lazo poderoso, en la medida en que sea reconocido y respetado por la gran mayoría. En última instancia la moralidad existente, y las leyes que sirven para ponerla en práctica están respaldadas por toda la fuerza del estado, reflejando los intereses de la clase o casta dominante, aunque no siempre de una manera abierta. Mientras el orden socioeconómico hace avanzar la sociedad, los valores ideas y puntos de vista del estrato dominante son aceptados sin cuestión por parte de la inmensa mayoría de la gente. La base de clase de la moralidad fue explicada por Trotsky:

"La clase dominante fuerza sus fines sobre la sociedad y la habitúa a considerar todos aquellos medios que contradicen sus fines como inmorales. Esta es la principal función de la moralidad oficial. Persigue la idea de la 'mayor felicidad posible' no para la mayoría sino para una minoría cada vez más pequeña. Un régimen de este tipo no se podría haber sostenido ni siquiera durante una semana sólo por la fuerza. Necesita el cemento de la moralidad".⁴⁷

Los individuos aislados que osan cuestionarlos son considerados herejes y perseguidos. Son considerados "inmorales", no porque no tengan un punto de vista moral, sino porque no aceptan la moral existente. Se declaró a Sócrates una influencia dañina para la juventud ateniense y luego le obligaron a beberse una taza de cicuta. Los primeros cristianos fueron acusados de actos inmorales por parte del estado esclavista que les persiguió sin piedad antes de decidir que lo mejor sería reconocer la nueva fe, para corromper a los dirigentes de la Iglesia. Lutero fue denunciado cuando empezó a criticar la corrupción de la iglesia medieval.

El crimen del marxismo es explicar el hecho de que la sociedad capitalista ha entrado en conflicto con las necesidades del desarrollo social; que se ha convertido en un obstáculo intolerable para el progreso humano; que está completamente roído por contradicciones; que está sumido en una bancarrota política, económica, cultural y moral; y que la supervivencia de este sistema enfermo pone en peligro el futuro del planeta. Desde el punto de vista de los que poseen y controlan la riqueza de la sociedad, estas ideas son "malas". Desde el punto de vista de lo que se necesita para encontrar una salida de este callejón sin salida, son correctas, necesarias y buenas.

La crisis del capitalismo está teniendo los efectos más negativos en la moral y la cultura. Los síntomas de desintegración social son palpables en todas partes. La familia burguesa se está cayendo a pedazos, pero ante la ausencia de una alternativa, esto está llevando a una pesadilla de pobreza y degradación para millones de familias necesitadas. Los barrios deprimidos de Estados Unidos y Europa, con sus enormes bolsas de desempleo y pobreza, son un terreno abonado para la drogadicción, el crimen, y todo tipo de pesadillas.

En una sociedad capitalista, se considera a la gente como mercancías de las que se puede prescindir. Los mercancías que no pueden ser vendidas se les deja hasta que se pudren. ¿Por qué tendría que ser diferente con los seres humanos? Pero con la gente no es tan simple. No pueden dejar morir de hambre a gran número de gente por miedo a las contradicciones sociales. Por lo tanto en una última contradicción del capitalismo, la burguesía se ve obligada a alimentar a los parados en lugar de ser alimentada por ellos. Una situación realmente enfermiza en la que hombres y mujeres desean trabajar, aumentar la riqueza de la sociedad, y las "leyes del mercado" se lo impiden.

Esta es una sociedad inhumana en la que la gente está subordinada a las cosas. ¿Es de extrañar que alguna de esta gente se comporte de forma inhumana? Cada día la prensa sensacionalista está llena de historias de abusos

terribles contra los sectores más débiles e indefensos de la sociedad, mujeres, niños y ancianos. Esto es un barómetro fiable del estado moral de la sociedad. La ley en algunos casos castiga estos ataques, aunque en general se persigue mucho más los crímenes contra la propiedad (especialmente la gran propiedad) que los crímenes contra las personas. Pero en cualquier caso las raíces sociales profundas de los crímenes están fuera del alcance de los jueces y la policía. El desempleo alimenta todo tipo de crímenes. Pero hay otros factores, más sutiles.

La cultura del egoísmo, la codicia y la indiferencia hacia el sufrimiento de los demás que ha florecido, especialmente en las dos últimas décadas cuando Reagan y Thatcher le dieron su sello de aprobación, indudablemente ha jugado un papel aunque no es fácil de cuantificar. Esta es la auténtica cara del capitalismo, o más concretamente del capital monopolista y financiero, cruel, crudo, sin compasión. Este es el capitalismo en su período de decadencia senil, intentando recuperar el vigor de su juventud. Es un capitalismo parásito, con una clara preferencia por la especulación monetaria y financiera, en lugar de la producción de auténtica riqueza. Prefiere los "servicios" a la industria. Cierra fábricas como cajas de cerillas, destruyendo comunidades e industrias enteras, y recomienda a los mineros y trabajadores del metal que busquen trabajo en hamburgueserías.

Aparte de las monstruosas consecuencias sociales y económicas de esta doctrina, introduce un veneno moral mortal en el tejido de la sociedad. Gente que no tiene ninguna perspectiva de encontrar un puesto de trabajo se enfrenta al espectáculo de la "sociedad de consumo", en la que se presenta tener y gastar dinero como la única actividad que vale la pena en la vida. Los modelos de comportamiento en esta sociedad son los arribistas arrogantes, los trepas avariciosos, dispuestos a ir hasta donde haga falta con tal de subir. Esta es la auténtica cara de "la libre empresa", de la reacción monetarista, la cara de un aventurero sin principios, un ladrón y embustero, un ignorante superficial, un matón en un traje elegante, la personificación de la avaricia y el egoísmo. Esta es la gente que aplaude el cierre de escuelas y hospitales, el recorte de las pensiones y otros gastos que "no dan beneficios", al mismo tiempo que ellos acumulan fortunas sólo con unas llamadas de teléfono, sin producir nada en absoluto en beneficio de la sociedad.

Frecuentemente se asegura que la gente "naturalmente" actúa según sus propios intereses. Esto se interpreta de una forma estrecha, como egoísmo personal. Esta interpretación encaja con los defensores del sistema socioeconómico actual, en el que la codicia y la búsqueda del interés propio son considerados grandes principios morales, equivalentes al ejercicio de la "libertad individual". Si ese fuese el caso la sociedad humana nunca se habría desarrollado. La propia palabra "interés" viene del latín "inter-esse" que quiere decir "participar en". Toda la base de la evolución moral e intelectual del niño es el movimiento desde el "egoísmo" hacia un sentimiento más amplio de las necesidades y requerimientos de los demás. La sociedad humana se basa en la necesidad de la producción social, cooperación y comunicación.

Es el *impasse* del capitalismo lo que amenaza a hacer volver la cultura humana a un nivel infantil, en el peor sentido de la palabra el infantilismo de la decadencia senil. Una sociedad atomizada, centrada en sí misma, sin moralidad, sin una filosofía, sin alma, una sociedad "sin ojos, sin dientes, sin gusto, sin nada".

Posibilidades sin límite

Todo sistema social se imagina que es la última palabra en el desarrollo histórico. Se supone que toda la historia anterior era sólo una preparación para ese particular modo de producción, y todas las formas legales de propiedad, códigos morales, religión y filosofía que lo acompañan. Sin embargo todo sistema de sociedad sólo existe en la medida en que se demuestra que es capaz de satisfacer las necesidades de la población, y dar a la gente una esperanza de futuro. En el momento en que ya no es capaz de hacerlo entra en un proceso de declive irreversible, no sólo económicamente sino también moral, culturalmente y en todos los sentidos. Una sociedad de este tipo está muerta, aunque sus defensores nunca lo admitirán.

A medida que nos acercamos al fin del siglo XX, existe un sentimiento palpable y penetrante de cansancio y extenuación en la sociedad capitalista. Es como si todo el modo de vida se hubiese vuelto viejo y decrepito. Esto no es solamente lo que los escritores llaman *mal du siècle*. La gente se da cuenta vagamente de que la "economía de mercado" ha llegado a su límite. Sin embargo el hecho de que una forma de sociedad haya llegado a su fin no significa que el desarrollo de la humanidad también. La historia no sólo no se ha acabado sino que ni siquiera ha empezado. Si nos imaginamos la historia como un calendario en que el 1 de enero representa el origen de la tierra y el 31 de diciembre el día de hoy, tomando una cifra redondeada de 5.000 millones de años como edad de la tierra, cada segundo representaría unos 167 años, y cada minuto 10.000 años. El Cámbrico inferior empezaría el 18 de noviembre. El hombre aparecería a las doce menos diez de la noche del 31 de diciembre. Y toda la historia registrada de la humanidad estaría en los últimos 40 segundos antes de medianoche.

Ilya Prigogine ha resaltado que "la comprensión científica del mundo que nos rodea sólo está empezando". La civilización humana, que parece ser muy vieja, de hecho es muy joven. La auténtica civilización, en el sentido de una sociedad en la que los seres humanos controlen conscientemente sus vidas, y sean capaces de vivir una existencia verdaderamente humana, en oposición a lucha animal por la supervivencia, todavía no ha empezado. Lo que está claro es que una forma concreta de sociedad ha envejecido y llegado a su límite, pero se agarra a la vida, aunque ya no tiene nada que ofrecer. El pesimismo respecto al futuro, mezclado con la superstición y esperanzas infundadas de salvación, son totalmente característicos de un período de este tipo.

En 1972 el Club de Roma publicó un informe titulado *Los límites del crecimiento*, que predecía que el suministro de combustible fósil del mundo se agotaría en unas pocas décadas. Esto provocó pánico, el aumento de los precios del petróleo y una búsqueda frenética de fuentes de energía alternativas. Han pasado ya más de veinte años y no hay falta de petróleo ni de gas, y muy pocos se preocupan ahora en buscar alternativas. Esta miopía es característica del capitalismo, y está motivada por la búsqueda del máximo beneficio a corto plazo. Todo el mundo sabe que más tarde o más temprano el suministro mundial de combustible fósil se agotará. A largo plazo es absolutamente vital encontrar una alternativa barata y limpia.

La naturaleza nos proporciona un suministro prácticamente inacabable de energía potencial: el sol, el viento, el mar, y sobretodo, la propia materia, que contiene grandes cantidades de energía. La fusión nuclear, a diferencia de la fisión, nos da un potencial ilimitado de energía limpia y barata. Pero el desarrollo de combustibles alternativos va contra los intereses de los grandes monopolios del petróleo. Una vez más, la propiedad privada de los medios de producción actúa como una enorme barrera en el camino del desarrollo humano. El futuro del planeta queda relegado a un segundo plano respecto al enriquecimiento de unos pocos.

La solución a los problemas acuciantes del mundo sólo se puede encontrar en un sistema socioeconómico que esté bajo el control consciente de la gente. El problema no es que haya un límite inherente al desarrollo. El problema es un sistema de producción caduco y anárquico que despilfarra vidas y recursos, que destruye el medio ambiente, y que impide el pleno desarrollo del potencial que existe en la ciencia y la tecnología. "No existe necesariamente una conexión entre gran ciencia y grandes oportunidades empresariales", escribía recientemente un comentarista, "la teoría general de la relatividad todavía está por convertirse en una máquina de generar dinero". (*The Economist*, 25 de febrero de 1995.)

Sin embargo las posibilidades implícitas hoy en día en la tecnología quitan el aliento. Las innovaciones tecnológicas abren la puerta a una auténtica revolución cultural. La televisión interactiva ya es una propuesta factible. La posibilidad de participar en la elaboración de programas de televisión tiene un tremendo potencial, mucho más allá de decidir qué programas quieres ver. Abre la puerta a la participación democrática en el gobierno de la sociedad y la economía de una manera que no se podía ni soñar en el pasado.

El nacimiento del capitalismo se caracterizó por la destrucción de las viejas relaciones estrechas y el surgimiento de los estados nacionales. Ahora el crecimiento de las fuerzas productivas, la ciencia y la técnica han hecho que el propio estado nacional sea redundante. Tal y como predijo Marx, incluso el mayor estado nacional se ve obligado a participar en el mercado mundial. La vieja unilateralidad nacional ya no es posible.

¿Regreso al futuro?

Los hombres primitivos estaban estrechamente ligados a la naturaleza. Esta ligazón se fue rompiendo gradualmente con el desarrollo de la vida urbana, y la división entre el campo y la ciudad que ha alcanzado proporciones monstruosas bajo el capitalismo. La ruptura entre los seres humanos y la naturaleza ha creado un mundo antinatural de alienación. Otra expresión de esto es el divorcio completo entre trabajo manual e intelectual, ese apartheid social que separa la moderna casta sacerdotal del conocimiento respecto de los mortales vulgares. No es solamente la alienación respecto a la naturaleza. Es la alienación de la propia humanidad. Romper con la condición de dependencia total de la naturaleza, elevarse de la naturaleza meramente animal, adquirir conciencia: esto es lo que nos define como humanos. Pero también representa una pérdida que se nota más conforme pasa el tiempo. El proceso ha ido tan lejos que se ha convertido en su contrario. En la medida en que las ciudades se hacen más grandes, más congestionadas, más contaminadas, se va creando una pesadilla. En las próximas décadas, si continúan las tendencias actuales, Shangai tendrá más habitantes que toda Gran Bretaña. Millones de personas se enfrentan a la falta de vivienda, crimen, drogas, y un proceso general de deshumanización en la víspera del siglo XXI.

El carácter sofocante y unilateral de esta "civilización" es cada vez más opresivo, incluso para aquellos que no sufren las peores condiciones. La búsqueda de una forma de vida más simple en la que hombres y mujeres puedan vivir una vida más natural, libres de las presiones intolerables de la competitividad y el conflicto se expresa en una tendencia entre un sector de gente joven a "salirse" de la sociedad, en un intento de redescubrir el paraíso perdido. Aquí hay un malentendido. En primer lugar, la vida del hombre primitivo no era tan idílica como algunos se imaginan. El "buen salvaje" siempre fue un mito de los escritores románticos, con poco que ver con la realidad. Nuestros antecesores primitivos estaban más cerca de la naturaleza, solo porque eran sus esclavos.

Sin embargo todo esto tiene otra cara. Estos hombres "primitivos" vivían bastante felices sin alquileres, intereses ni beneficios. Las mujeres no eran tratadas como propiedad privada sino que ocupaban una posición muy respetada en la comunidad. No se conocía el dinero. Ni tampoco el estado, con su monstruosa burocracia, y sus cuerpos especiales de hombres armados, soldados, policías, funcionarios de prisiones y jueces. En el comunismo primitivo tribal, no existía el estado en el sentido de un aparato de coerción, sino que los ancianos tenían el respeto de todos y su palabra era ley. Más adelante el jefe de la tribu gobernaba a través del respeto voluntario de la comunidad. No era necesaria la coerción, porque todos compartían un interés común. Estas eran las bases de unos profundos lazos sociales de cooperación y unión. Ningún gobernante moderno llegaría a conocer el grado de respeto que tenían los jefes de la gens primitiva, un sentimiento de identidad y deberes mutuos, que estaba "codificado" en la tradición oral como sabiduría popular, conocida por todos y universalmente aceptada. Este respeto debió ser algo parecido a los sentimientos de los niños hacia sus padres.

En esta supuesta era de las luces, mucha gente, incluyendo aquellos que se creen educados, consideran impensable que los hombres y las mujeres se las hubiesen arreglado sin fenómenos tan necesarios como dinero, policía, prisiones, ejércitos, mercaderes, cobradores de impuestos, jueces y arzobispos. Y si conseguían arreglárselas sólo puede ser explicado por el hecho de que al ser "primitivos" todavía no se habían dado cuenta de las bendiciones que estas instituciones proporcionaron a la sociedad. Incluso algunos antropólogos que no tienen esta mentalidad no son inmunes a introducir en las primeras sociedades humanas conceptos totalmente extraños como la prostitución, derivados del mundo "civilizado" en el que todo está a la venta incluidas las personas.

Cualquiera que haya visto películas de la vida de tribus que todavía viven en la edad de piedra en la selva Amazónica, no puede dejar de impresionarse por su naturalidad y espontaneidad, parecida a la de los niños, antes de que sea aplastada por la locura de la vida bajo el capitalismo. En el Evangelio según San Mateo, Jesús dice: "Yo os aseguro: si no cambiáis y os hacéis como los niños, no entraréis en el reino de los Cielos". (18:3). En el proceso del crecimiento se pierde algo importante que nunca se recuperará. Es la pérdida de la inocencia, que en el libro del *Génesis* se identifica con el hecho de que hombres y mujeres adquieran conocimiento. La sociedad moderna no puede volver al comunismo primitivo de la misma manera que un hombre o una mujer mayores no pueden volver a su infancia.

Se considera antinatural e insano que un adulto desee volver a su infancia, La palabra "infantil" se utiliza como insulto, un sinónimo de ignorancia incongruente. En cualquier caso, es un deseo vano, porque es imposible. Pero junto a la ignorancia el niño muestra toda otra serie de cualidades una alegría y naturalidad espontánea, extraña a la mayoría de los adultos. Lo mismo es cierto para los pueblos "primitivos", antes de que el surgimiento de la sociedad de clases, y la división ridícula y unilateral del trabajo volvieran la naturaleza humana al revés. ¿Qué artista moderno sería capaz de producir pinturas de una inmediatez que corta la respiración y una belleza natural como la de las pinturas rupestres de las cuevas de Lascaux o Altamira?

No se trata de volver atrás sino de ir hacia adelante. No un retorno al comunismo primitivo tribal, sino adelante hacia un comunismo socialista mundial. La negación de la negación nos lleva de vuelta al punto de partida del desarrollo humano, pero solo en apariencia. El socialismo del futuro se basará en los maravillosos descubrimientos del pasado, y los pondrá al servicio de la humanidad. Utilizando el lenguaje de Hegel, es el caso de "lo universal, lleno de la riqueza de lo particular"

"Un hombre no puede volver a su infancia, o se hace infantil", escribe Marx. ¿Pero no encuentra gozo en la ingenuidad infantil, y no debe esforzarse Él mismo a reproducir su verdad a un estadio superior? ¿Acaso el carácter cierto de cada Época se hace vivo en la naturaleza de su niño? ¿Porqué no tendría la infancia histórica de la humanidad, en su más bello despliegue, como Época que nunca va a volver, que ejercer un encanto eterno? Hay niños revoltosos y niños precoces. Mucha gente mayor pertenece a esa categoría. Los griegos eran niños normales. El encanto de su arte para nosotros no está en contradicción con el estadio subdesarrollado de la sociedad en la que se desarrolló. Es su resultado, es más, está inextricablemente ligado con el hecho de que las condiciones sociales inmaduras en las que surgió, y en las que sólo pudo surgir, nunca pueden volver".48

Socialismo y estética

En la sociedad actual la arquitectura es el pariente pobre de las artes. La gente está acostumbrada a vivir en barrios feos, en pisos pequeños, en ciudades congestionadas, rodeados de ruido y contaminación. En los fines de semana, algunos de ellos van a galerías de arte donde por unas horas contemplan cuadros colgados de las paredes ó islas de belleza en un mar de fealdad monótona. Así, la belleza está al margen de la vida, en un sueño inalcanzable. Una ficción tan alejada de la realidad como la más alejada de las galaxias. El arte está tan alejado de la realidad que mucha gente lo considera como una cosa inútil e irrelevante. La hostilidad contra el arte, que es visto como un privilegio de las capas medias, es una consecuencia más de la extrema división entre trabajo manual e intelectual. Las condiciones bárbaras alimentan actitudes bárbaras.

Pero no siempre fue así. En las primeras sociedades humanas, la música, la poesía Épica y el hablar bien eran propiedad común de todos los hombres y mujeres. El monopolio de la cultura por parte de una pequeña minoría es un producto de la sociedad dividida en clases, que priva a la inmensa mayoría, no sólo de la propiedad, sino del derecho al libre desarrollo de sus mentes y personalidades. Sin embargo, si rascamos un poco por debajo de la superficie, encontramos un enorme deseo de aprender, de experimentar nuevas ideas, de buscar horizontes más amplios. La sed de cultura de las masas, profundamente reprimida en condiciones "normales", sale a la superficie en cada revolución.

La Revolución Rusa de 1917, un acto supuestamente de barbarie, fue de hecho el punto de partida de un enorme auge de la cultura, la poesía, el arte y la música. No se puede negar esto simplemente porque el brote fuese más tarde aplastado bajo la bota de la reacción estalinista. En la revolución española de 1931-37 hubo un renacimiento artístico similar la poesía de Lorca, Machado, Alberti y sobre todo Miguel Hernández, estaba inspirada en la lucha, lo que hizo que fuese escuchada con enorme atención por millones de personas que nunca habían tenido acceso al maravilloso mundo del arte y la cultura.

En una revolución, los hombres y mujeres corrientes empiezan verse a sí mismos como seres humanos, capaces de controlar sus propios destinos, no simples "instrumentos con voz". Con la auténtica humanidad surge la dignidad, un sentido de auto respeto y su compañero necesario, el respeto por los demás. Los camareros pusieron carteles en los

restaurantes de Barcelona en 1936 diciendo: "Sólo porque un hombre tenga que trabajar aquí, no quiere decir que le tengas que insultar dándole propina". Este es el nacimiento de la cultura, la auténtica cultura humana, que es parte de la vida misma. El mismo fenómeno, en forma embrionaria, lo podemos observar en cada huelga, cuando hombres y mujeres revelan cualidades que nunca habían soñado poseer. Por supuesto que si el movimiento no lleva a la completa transformación de la sociedad, el peso muerto del hábito y la rutina vuelve a predominar. Las condiciones materiales determinan la conciencia. Pero una sociedad socialista basada en un alto nivel de tecnología y cultura transformaría la manera de ver las cosas de la gente.

A menudo, matemáticos y lógicos plantean que el tipo de simetrías perfectas que ellos admiran poseen un valor estético intrínseco. Algunos van tan lejos como para afirmar que la cosa más importante en las ecuaciones no es si nos dicen algo sobre la realidad, sino si son estéticamente placenteras. Aunque no se puede negar que la simetría puede ser bella, hay simetrías y simetrías. Muchos consideran los edificios armoniosos de la Atenas clásica como uno de los puntos más elevados de la historia de la arquitectura. Es cierto que tienen una simetría de gran belleza, que recuerda las expresiones lineales de la geometría euclidiana. La importancia de la arquitectura en la Atenas de Pericles es una expresión gráfica del punto de vista de espíritu público de la democracia ateniense (basado, por supuesto, en el trabajo de los esclavos, totalmente excluidos de ella). Los grandes edificios de la Acrópolis y el ágora eran, sin excepción, *edificios públicos*, no residencias privadas. Hoy en día este tipo de esplendor es poco frecuente. No es por casualidad que se de poca prioridad a la arquitectura en relación a las demás artes.

En nombre de la "utilidad", que es un sinónimo educado de la tacañería, la gente se ve obligada a vivir en cajas de zapatos de gran altura, sin ningún valor artístico ni calidez humana. Estas monstruosidades son diseñadas por arquitectos, inspirados por principios estrictamente geométricos, que sin embargo prefieren vivir en casas de campo singulares del siglo XV lejos de las pesadillas urbanas que han ayudado a crear. Sin embargo a los seres humanos, en general no les gusta vivir en cajas. Y la naturaleza conoce simetrías bastante más allá, de las simples líneas rectas.

Es el otro lado de la moneda de la idiotez mecanizada de la línea de producción, donde los seres humanos, en palabras de Marx, son tratados como meros apéndices de las máquinas. Entonces, ¿por qué no vivir todos juntos apiñados en grandes bloques, contruidos sobre la base de principios "industriales" igualmente sólidos? El mismo reduccionismo árido, el mismo formalismo vacío, el mismo punto de vista lineal ha caracterizado la arquitectura durante la mayor parte de este siglo. Aquí la alienación de la sociedad capitalista se expresa en el tratamiento desalmado de la necesidad más básica de la gente, poder vivir en un entorno limpio y atractivo, auténticamente humano. Cuando la propia vida es despojada de toda humanidad, cuando se la desnaturaliza de miles de maneras, ¿cómo podemos sorprendernos si algunos de los productos de nuestra supuesta civilización se comportan de manera antinatural e inhumana?

También aquí somos testigos de una revuelta contra el conformismo desalmado y la rigidez. Los bloques de pisos y rascacielos están pasando de moda rápidamente. No es de extrañar. Son un monumento a la alienación masiva, un deslizamiento progresivo hacia condiciones de vida deshumanizadas, que alimentan todo tipo de monstruosidades.

"¿Por qué", preguntó el físico alemán Gert Eilenberger, "se declara bello un árbol deshojado y enarcado por la tempestad contra el cielo invernal, y no la silueta correspondiente de un edificio universitario polivalente, a pesar de los esfuerzos ímprobos del arquitecto? Creo que la respuesta, algo especulativa, es que depende de las recientes concepciones de los sistemas dinámicos. Nuestra percepción de la belleza se inspira en la armoniosa disposición del orden y del desorden, tal como aparece en los objetos naturales: nubes, árboles, serranías o cristales de nieve. Las formas de todos ellos son procesos dinámicos vaciados en figuras físicas. Las tipifican combinaciones especiales de orden y desorden".

Tal como Gleick observa correctamente, "Las formas simples son inhumanas. No sintonizan con el modo como se organiza la naturaleza o con la manera en que ve el mundo el ser humano".⁴⁹

Hace tiempo que Karl Marx planteó las consecuencias negativas de la extrema división entre el campo y la ciudad. No se trata de "volver a la naturaleza", en el sentido utópico planteado por algunos ecologistas, que sueñan con escaparse de la fealdad del presente retirándose a un paraíso natural inexistente en un pasado mítico. No hay vuelta atrás. No es una cuestión de negar la tecnología, sino de luchar contra los abusos de la tecnología en beneficio del lucro privado que destruye el medio ambiente, creando un infierno donde podría existir un paraíso terrenal. Esta es la tarea central a la que se enfrenta la humanidad en la última década del siglo XX.

"Pensadores" y "hacedores"

"Nec mansus, nisi intellectus, sibi permisus, multum valent". (Ni la mano ni el intelecto por sí solos valen mucho. Francis Bacon.)

El divorcio total entre teoría y práctica en la sociedad actual se ha convertido en una característica extremadamente dañina. El carácter cada vez más fantástico de muchas de las "teorías" puestas en circulación por ciertos astrónomos y físicos teóricos es indudablemente una consecuencia de ello. Liberados de las restricciones de tener que buscar pruebas concretas de sus teorías, y basándose cada vez más en ecuaciones complicadas e interpretaciones ocultistas de la teoría de la relatividad, los resultados de este pensamiento totalmente especulativo son cada vez más extravagantes.

Es el momento de reexaminar el sistema educativo en su conjunto, y el sistema clasista en el que se basa. Es el momento de reconsiderar la validez de dividir la humanidad entre "pensadores" y "hacedores", no desde el punto de vista de alguna justicia moral abstracta, sino simplemente porque se ha convertido en obstáculo para el desarrollo de la cultura y la sociedad. El desarrollo futuro de la humanidad no se puede basar en las viejas y rígidas divisiones. La nueva tecnología requiere una fuerza de trabajo educada capaz de tener una participación creativa en su trabajo. Esto no se podrá conseguir nunca en una sociedad escindida por la mitad por el apartheid clasista. En un pasaje bastante agudo, Margaret Donaldson plantea la situación insatisfactoria que existe en las universidades hoy en día:

"Consideremos los departamentos de ciencias de nuestras universidades. Enseñan matemáticas y física tal y como deberían hacerlo. Pero no enseñan a la gente a hacer cosas. Puedes salir como graduado en mecánica sin haber utilizado nunca un torno ni una fresadora. Estas cosas se consideran adecuadas sólo para técnicos. Y por otra parte para muchos de ellos, la física y las matemáticas más allá de un nivel elemental están simplemente fuera de su alcance".

El filósofo y pedagogo inglés Alfred North Whitehead estaba profundamente preocupado por esto, y, en su artículo *Technical Education and its relation to Science and Literature* (Educación técnica y su relación con la ciencia y la literatura) escribió que "a la hora de enseñar empiezas a fracasar cuando te olvidas que tus alumnos tienen cuerpos", y añadió: "Es un punto discutible si la mano humana creó el cerebro humano, o el cerebro creó la mano. Ciertamente la conexión es íntima y recíproca".

Donaldson plantea correctamente que, mientras que el pensamiento abstracto (ella lo denomina "pensamiento desencarnado") representa la capacidad de alejarse de la vida, consigue sus mejores resultados cuando se vincula a la actividad. Toda la historia del Renacimiento es una prueba de esta afirmación. Es cierto que el campo de la ciencia moderna es infinitamente más vasto y complicado que en aquellos tiempos, pero ¿quiere esto decir que es imposible que los científicos aprendan de diferentes disciplinas? ¿No será que el actual apartheid intelectual más que ser el resultado de la creciente complejidad del sujeto a estudiar, es el resultado de la manera en que está estructurada la actual sociedad, y las actitudes, prejuicios e intereses materiales que de ella se derivan, y que tratan de preservarla a toda costa?

Los reaccionarios intentan justificar la situación actual con las hoy en día obligadas referencias al determinismo genético: si algunos de "nosotros" somos listos, y tenemos buenos empleos y mejores salarios, es porque nacimos con buena estrella (léase "con buenos genes", que viene a ser lo mismo). El hecho de que el resto de la humanidad no haya tenido tanta suerte debe de ser porque hay algo incorrecto en sus genes. Respondiendo a esta basura, Donaldson escribe:

"¿Sólo algunos de nosotros somos capaces de aprender a movernos más allá de los límites del sentido humano y funcionar con Éxito allí? Lo dudo. Aunque puede tener cierto sentido plantear que cada uno de nosotros tenemos algún 'potencial intelectual genéticamente determinado, en ese caso los individuos seguramente serán diferentes en este aspecto al igual que en otros, no hay razón para suponer que la mayoría de nosotros o cualquiera de nosotros se las arregla para acercarse a lo que hacemos nosotros. Y no es ni siquiera seguro que tenga mucho sentido pensar en términos de ningún tipo de límites por arriba. Tal como Jerome Bruner lo plantea, hay herramientas de la mente y herramientas de la mano y en ambos casos el desarrollo de una nueva herramienta poderosa nos da la posibilidad de dejar las viejas limitaciones atrás. De manera similar, David Olson dice: 'La inteligencia no es algo que tenemos que es inmutable; es algo que cultivamos operando con una tecnología, o algo que creamos inventando nueva tecnología'".⁵⁰

El gran pedagogo soviético Vygotsky no creía que el profesor tuviese que tener un control rígido sobre la manera exacta en que el niño aprende. Como Piaget, Vygotsky consideraba la *actividad* por parte del niño como central de cara a la educación. En lugar de encadenar a los niños a los pupitres, donde pasan por el proceso de aprender cosas que no tienen ningún sentido para ellos, Vygotsky insistió en la necesidad de un auténtico desarrollo intelectual. Esto, sin embargo, no se puede considerar en el vacío social. En una sociedad auténticamente socialista la educación estaría vinculada a la actividad creativa desde el principio, rompiendo la ridícula división entre trabajo intelectual y manual. En muchos sentidos, Vygotsky estaba por delante de su tiempo. Sus métodos educativos demostraban gran imaginación, por ejemplo permitiendo a los niños enseñarse los unos a los otros:

"Vygotsky defendió la utilización de los niños más avanzados para ayudar a los menos avanzados. Durante mucho tiempo esto se utilizó como base de la educación marxista igualitaria en la Unión Soviética. La razón fundamental socialista era de todos los niños trabajando para el bien general más que la capitalista de cada niño intentando sacar el máximo de la escuela sin poner nada de su parte. El niño más inteligente está ayudando a la sociedad ayudando a los menos capaces, en la medida en que estos últimos (se espera) serán más ventajosos para la sociedad como adultos educados que como adultos ignorantes. Vygotsky argumentó que esto no era necesariamente un acto de auto sacrificio por parte del niño más avanzado. Explicando y ayudando a otros niños, bien puede ganar una mayor comprensión explícita de su propio conocimiento, en líneas metacognoscitivas. Y, enseñando una lección, consolida su propio aprendizaje".⁵¹

Una sociedad socialista democrática aboliría la diferencia entre trabajo manual e intelectual a través de un incremento general del nivel cultural de la sociedad. Esto está estrechamente vinculado a la reducción de la jornada laboral como consecuencia de una planificación racional de la producción. La educación se transformaría, combinando el aprendizaje con la actividad creativa y el juego. El desarrollo de todo tipo de nuevas técnicas será utilizado por completo. Los dispositivos de realidad virtual, que hoy en día son poco más que novedades, tienen un

enorme potencial, no sólo para la producción y el diseño sino también para la educación. Esta hará que las lecciones cobren vida, estimulando la imaginación y la creatividad de los niños, no sólo para experimentar la historia y la geografía, sino también para aprender ingeniería mecánica, o cómo pintar o tocar instrumentos musicales. La liberación de la humillante lucha por las necesidades de la vida, el acceso a la cultura y el tiempo para desarrollarse uno mismo como ser humano, esta son las bases sobre las que la sociedad humana puede realizar todo su potencial.

Humanidad y universo

"Y dijo, '¿Qué hora es?'. 'Deja la hora para los perros y monos, ¡El hombre tiene la Eternidad!'" (Robert Browning, *El funeral de un gramático*.)

Los logros de los programas espaciales soviético y americano nos dan solamente un indicio de lo que sería posible. Pero los programas espaciales de las grandes potencias fueron realmente un producto secundario de la carrera de armamentos durante la guerra fría. Desde el colapso de la Unión Soviética, la cuestión de los viajes espaciales ya no ocupa una posición central, aunque todavía existe la posibilidad de construir una estación espacial orbitando la tierra, haciendo los viajes a la luna mucho más sencillos. En la futura comunidad socialista mundial los viajes espaciales dejarán de ser materia de la ciencia ficción, y se convertirán en un hecho de la vida, tan común como hoy en día son los viajes aéreos. La exploración del sistema solar, y más adelante de otras galaxias, proporcionar a la humanidad el mismo tipo de desafío y estímulo que el que se produjo para Europa con el descubrimiento de América.

La posibilidad de viajes espaciales a larga distancia más allá de los límites de nuestro sistema solar no se quedará para siempre en el reino de la ciencia ficción. No deberíamos olvidar que hace sólo cien años, la idea de viajar más rápidamente que la velocidad del sonido parecía una cosa más allá de los límites de la credibilidad, para no hablar de ir a la luna. La historia de la raza humana en general, y la de los últimos 40 años en concreto, demuestra que no hay problema tan grande que los hombres y mujeres no puedan resolver, con un poco de tiempo.

Dentro de unos 4.000 millones de años nuestro sol empezará a aumentar de tamaño, en la medida en que el núcleo de helio se vaya contrayendo lentamente. Los planetas más cercanos al sol se verán sometidos a temperaturas inimaginables. La vida en la tierra se hará imposible, los océanos entrarán en ebullición, y se destruirá la atmósfera. Sin embargo el fin de la vida en una pequeña esquina del universo no es el fin de la historia. Aunque nuestra estrella muera, otras nacerán. Entre los miles de millones de galaxias en el universo visible, existe una gran cantidad de soles y planetas como el nuestro en los que se dan las condiciones para la vida. Sin duda muchos de ellos estarán habitados por formas de vida avanzadas, incluyendo seres pensantes como nosotros mismos. Muy pocos científicos lo ponen en duda hoy en día, y menos desde que se han encontrado las moléculas complejas necesarias para crear organismos vivos en el propio espacio.

Al final de la *Dialéctica de la naturaleza*, Engels expresa un vibrante optimismo sobre el futuro de la vida:

"Aquel en el cual se mueve la materia es un ciclo eterno, un ciclo que por cierto sólo completa su órbita en períodos de tiempo para los cuales nuestro año terrestre no es una medida adecuada; un ciclo en el cual el tiempo de máximo desarrollo, el de la vida orgánica y más aun el de los seres conscientes de la naturaleza y de sí mismos, es tan estrictamente limitado como el espacio en que llegan a realizarse la vida y la conciencia de sí; un ciclo en el cual todos los modos finitos de existencia de la materia, sea sol o vapor de nebulosa, animal aislado o género de animales, combinación o disociación químicas, son igualmente transitorios, y en que nada es eterno, salvo la materia en eterno movimiento, en eterno cambio, y las leyes según las cuales se mueve y cambia.

"Pero por frecuente e inexorable que sea la completación de este ciclo en el tiempo y el espacio; por muchos que sean los millones de soles y tierras que surgen y desaparecen; por mucho que pueda durar antes que en un sistema solar, y sólo en *un* planeta, se desarrollen las condiciones necesarias para la vida orgánica; por innumerables, además, que sean los seres orgánicos que deben surgir y desaparecer a su vez antes que se desarrollen en su seno animales con un cerebro capaz de pensar, y que por un breve lapso encuentren condiciones aptas para la vida, sólo para ser exterminados más tarde sin piedad, abrigamos la certidumbre de que la materia es eternamente la misma en todas sus transformaciones, que jamás puede perderse ninguno de sus atributos, y también, por lo tanto, que con la misma férrea necesidad con que exterminar en la tierra su más elevada creación, el cerebro pensante, volver a producirlo en alguna otra parte y momento".⁵²

Sin embargo, ahora podemos ir más allá. Los asombrosos adelantos de la ciencia en los cien años que han transcurrido desde la muerte de Engels significan que la muerte del sol no tiene porque implicar la muerte de la raza humana. El desarrollo de potentes naves espaciales que podrían viajar a velocidades que ahora nos parecen imposibles, podría preparar el terreno para la última aventura, la migración a otras partes del sistema solar, e incluso a otras galaxias. Incluso a un uno por ciento de la velocidad de la luz, un objetivo claramente conseguible, sería posible alcanzar planetas habitables en unos pocos cientos de años.

Si esto nos parece un período de tiempo muy largo, deberíamos recordar que a los seres humanos primitivos les llevó millones de años colonizar el mundo, partiendo desde África. Es más, posiblemente el viaje se podría hacer por etapas, estableciendo colonias a lo largo del camino, de la misma manera que los habitantes de la Polinesia colonizaron el Pacífico, isla a isla, a lo largo de cientos de años. Los problemas tecnológicos serán enormes, pero tendremos por lo menos 3.000 millones de años para resolverlos. Si tenemos en cuenta que el *Homo sapiens* sólo ha

existido los últimos 100.000 años, y la civilización sólo 5.000 años, y que el ritmo del avance tecnológico ha tendido a acelerarse cada vez más, no hay motivo alguno para sacar conclusiones pesimistas sobre el futuro de la humanidad con una sola condición: que la dominación de clase, esa reliquia atroz del barbarismo, sea reemplazada por un sistema de cooperación y planificación, que una todos los recursos del planeta para una causa común .

Engels describió el socialismo como el paso de la humanidad del reino de la necesidad al reino de la libertad. Por primera vez sería posible para la mayoría de la sociedad escapar de la lucha humillante por la supervivencia, y elevar sus miras a un nivel superior. La erradicación de las enfermedades, el analfabetismo y la falta de vivienda, por sí mismos objetivos importantes, sólo serían el punto de partida. Combinando todos los recursos del planeta que ahora se desperdician vergonzosamente, el genero humano podría alcanzar las estrellas, literalmente.

Y por último, pero no por ello menos importante, los humanos serán por fin dueños de sí mismos, sus vidas y sus destinos, incluyendo su composición genética. Las relaciones entre hombres y mujeres serán relaciones entre seres humanos libres, no entre esclavos. Aristóteles ya planteó que el hombre se pone a filosofar cuando tiene sus necesidades básicas cubiertas. Entendió que el desarrollo de la cultura está estrechamente ligado a las condiciones materiales de vida. En una cita realmente llamativa, demuestra que hombres y mujeres empiezan a filosofar, a dedicarse a la búsqueda del conocimiento porque sí, sólo cuando están liberados de la necesidad de luchar por las necesidades de la existencia:

"Esto se demuestra por el actual curso de los acontecimientos; ya que la filosofía sólo surge cuando las necesidades y el confort físico y mental de la vida están cubiertas. Claramente, por lo tanto, la Sabiduría no se desea porque tenga ninguna ventaja extrínseca por sí misma; por que podemos considerar libre al hombre que existe por sí mismo y no en el interés de otro, por eso la filosofía es la única de las ciencias que es libre por que es la única que se persigue por sí misma".53

Durante toda la historia de la civilización hasta el día de hoy, la cultura ha sido el monopolio de una pequeña minoría. En una sociedad auténticamente socialista democrática sería posible asegurar una reducción general de la jornada laboral, e incrementar los niveles de vida de todo el mundo sobre la base de un enorme auge de la producción. Liberados de las presiones de la necesidad, hombres y mujeres podrán dedicar sus vidas a un desarrollo completo e integral de su personalidad, intelecto y psique. El arte, la literatura, la música, la ciencia y la filosofía ocuparán una posición similar a la que ocupa hoy en día la política partidista.

Sobre la base de una economía planificada y gestionada democráticamente, se podría poner el enorme potencial de la ciencia y la tecnología a disposición de la humanidad. En los últimos cien años, una mejora de la dieta y de la atención sanitaria ha duplicado la esperanza de vida en la mayoría de los países industrializados. Mejoras en el estilo de vida podrían llevar a alargar todavía más la vida activa. Vivir cien años de vida plenamente activa sería una cosa habitual. El uso correcto de la ingeniería genética podría incluso permitir a los científicos contrarrestar el proceso de envejecimiento y prolongar la vida mucho más allá de lo que se consideraba como la extensión normal de la vida humana. Las posibilidades para el futuro del género humano son tan infinitas como el propio universo.

"Estas perspectivas están completamente de acuerdo con toda la evolución del hombre. Comenzó primero por expulsar los elementos oscuros de la producción y la ideología, acabando, por medio de la técnica, con la rutina bárbara de su trabajo, y por medio de la ciencia con la religión. Después expulsó de la política los inconscientes, al derribar la monarquía, a la que sucedieron las democracias y parlamentarismos racionalistas, y luego a la dictadura abierta de los soviets. Los elementos incontrolados tenían el máximo arraigo en las relaciones económicas, pero el hombre los está eliminando también aquí por medio de la organización socialista. Esto permite reconstruir sobre bases diferentes la vida familiar tradicional Finalmente, si la naturaleza misma del hombre se encuentra oculta en los rincones mas profundos y oscuros del subconsciente, ¿no es evidente que en este sentido han de dirigirse los más grandes esfuerzos de la investigación y la creación? El género humano, que ha dejado de arrastrarse ante Dios, el Zar y el Capital, no debe capitular ahora ante las leyes oscuras de la herencia y de la selección sexual. El hombre libre tratará de lograr el máximo equilibrio en el funcionamiento de sus órganos y el desarrollo más armónico de sus tejidos, a fin de reducir así el miedo a la muerte dentro de los límites de una reacción racional del organismo ante el peligro. No hay duda de que la falta de armonía anatómica y fisiológica del hombre, la gran desproporción en el desarrollo de sus órganos o la utilización de sus tejidos, dan a su instinto vital ese miedo mórbido, histérico, ante la muerte, temor que produce a su vez las humillantes y estúpidas fantasías sobre el más allá.

"El hombre tratará de ser dueño de sus propios sentimientos, de elevar sus instintos a la altura de lo consciente y hacerlos transparentes, de dominar con su voluntad las tinieblas de lo inconsciente; así se elevará a un nivel superior y creará un tipo biológico y social más perfecto, o si se quiere, un superhombre.

"Es tan difícil predecir cuales serán los límites del dominio de sí mismo que alcanzar el hombre futuro, como prever hasta donde se podrá desarrollar el dominio técnico sobre la naturaleza. La construcción social y la autoeducación psicofísica serán dos aspectos paralelos de un único proceso. Todas las artes la literatura, el teatro, la pintura, la escultura, la música y la arquitectura darán a este proceso una forma sublime. más exactamente, la forma que revestirá el proceso de edificación cultural y de autoeducación del hombre comunista desarrollará al máximo los elementos vitales del arte contemporáneo. El hombre se hará incomparablemente más fuerte, más sabio y más complejo. Su cuerpo será más armonioso, sus movimientos más rítmicos, su voz más melodiosa. Las formas de su existencia adquirirán una calidad dinámicamente dramática. El hombre normal se elevará a las alturas de un Aristóteles, un Goethe o un Marx. Y por encima de estas alturas se elevarán nuevas cúspides."54