

CIENCIA Y CULTURA elementos

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

No. 41 Vol. 8 marzo-mayo 2001 \$ 25.00





S U M A R I O

Acerca del llamado
principio antrópico 3

César **González Ochoa**

Del lado de los ángeles 13

James **Ryerson**

El conocimiento científico 21

Douglas J. **Futuyma**

Conceptos biogeográficos 33

Raúl **Contreras Medina**, Isolda **Luna Vega**, Juan J. **Morrone**

La plasticidad de las plantas 39

Jenaro M. **Reyes Matamoros**, David **Martínez Moreno**

El gabinete de Jan Hendrix 45

Antonio **Saborit**

Pavlov y los reflejos condicionados 51

J. Gerardo **Rojas Piloni**, José Ramón **Eguibar Cuenca**

Narración y tradición 57

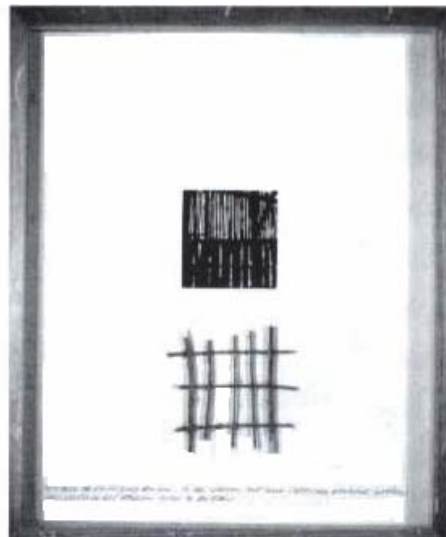
Silvia **Kiczkovsky**

Libros 62

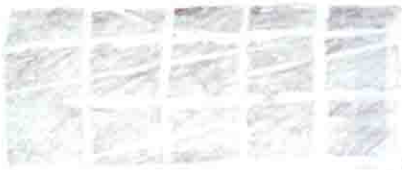
© Jan Hendrix, *Bitácora* (selección de China, Australia e Irlanda), 1996-1999.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rector, Enrique Doger Guerrero
secretario general, Guillermo Nares Rodríguez
vicerrector de Investigación y Estudios de
Posgrado, Pedro Hugo Hernández Tejeda

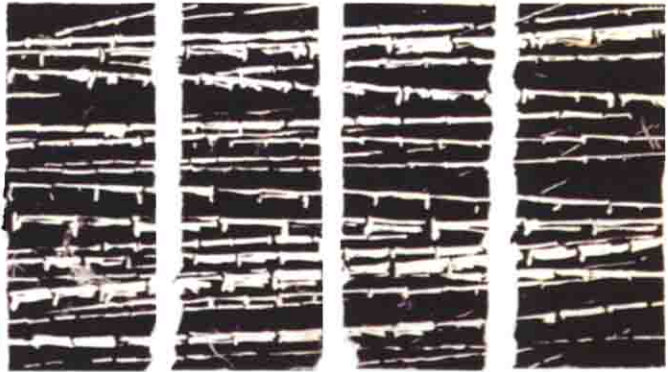
ELEMENTOS
<http://www.fisio.buap.mx/elemento.htm>
revista trimestral de ciencia y cultura
número 41, volumen 8, marzo-mayo 2001
director, Enrique Soto Eguibar
subdirector, Marcelo Gauchat
consejo editorial, Beatriz Eugenia Baca, María de la
Paz Elizalde, Enrique González Vergara, Francisco
Pellicer Graham, Leticia Quintero Cortés, José Emilio
Salceda, Raúl Serrano Lizaola, Cristóbal Tabares
Muñoz, Gerardo Torres del Castillo
edición, Marcelo Gauchat,
José Emilio Salceda
asistente, María del Refugio Álvarez Tlachi
diseño y edición gráfica, Jorge López Vela
ilustración de portada e interiores, Jan Hendrix
impresión, Lithoimpresora Portales S.A. de C.V.
redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria,
Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570
email: elemento@siu.buap.mx
Certificados de licitud de título y
contenido 8148 y 5770.



© Jan Hendrix, *Bitácora inconclusa* (a Fiona Alexander), polaroid y collage, 1979-1986.



Handwritten text, possibly a note or a list of items.



Acerca del llamado principio antrópico

César
González Ochoa

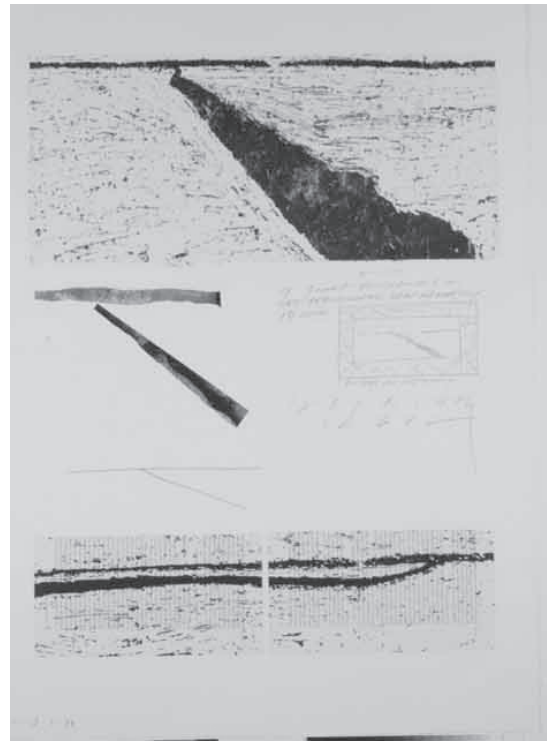
Tradicionalmente y desde diversos puntos de vista, siempre hemos considerado que el universo fue construido con un propósito, y hay varias evidencias acerca de ello: existen recursos para la vida, abundancia de aire y agua, la atmósfera detiene las radiaciones provenientes del espacio que pueden ser peligrosas para la vida, el Sol alumina y calienta durante el día y nos permite dormir durante la noche; en suma, todo está organizado para conveniencia de la vida humana. Este principio de que el universo tiende a lo humano, a hacer posible la vida y a mantenerla, se ha denominado principio antrópico y se basa en el hecho de que nuestra misma existencia determina, en una medida considerable, las propiedades del universo que contemplamos. El principio antrópico sostiene que los seres humanos, como observadores, son necesarios para la existencia misma del universo. Este principio, tal como fue enunciado por Brandon Carter, dice que el universo debe estar construido de tal manera que admita en su seno la creación de observadores en alguna de sus etapas, aunque la existencia de cualquier organismo que pueda calificarse como observador sólo será posible dentro de ciertas combinaciones restringidas de parámetros.

Según algunos autores, incluyendo divulgadores como Asimov, la pregunta de por qué un universo tan enorme es sólo para nosotros tiene una respuesta obvia: el universo es tan grande porque es muy viejo, y ello es para que nosotros tengamos tiempo de evolucionar. Esta respuesta parece simplista pero vale la pena analizarla. Si el universo está en expansión, y tiene una extensión finita, para saber sus dimensiones se requiere saber su edad, que se asume de unos quince mil millones de años; por tanto su dimensión debe ser la distancia recorrida en ese tiempo por las más lejanas galaxias que se desplazan a la velocidad de la luz; es decir, quince mil millones de años luz. Por otra parte, la vida, tal como la conocemos, depende de la presencia de

no sólo hidrógeno sino de otros elementos tales como el carbono, el nitrógeno y el fósforo, elementos que no pudieron producirse en el *big bang* originario, en el cual sólo se formó hidrógeno y helio. Los elementos más pesados tuvieron que esperar a la formación de galaxias y estrellas, en cuyo interior se pudiera realizar la nucleosíntesis por la fusión de aquellos dos elementos ligeros producidos en la explosión original. Era, por tanto, necesario el paso de varios miles de millones de años para generar elementos pesados y, a partir de ellos, otros tantos para que pudiera desarrollarse la vida. Hawking explica lo anterior de la siguiente manera:

Para llegar a donde estamos tuvo que formarse una generación previa de estrellas. Esas estrellas convirtieron una parte del hidrógeno y del helio originales en elementos como carbono y oxígeno, a partir de los cuales estamos hechos nosotros. Las estrellas explotaron luego como supernovas, y sus despojos formaron otras estrellas y planetas, entre ellos los de nuestro sistema solar, que tiene alrededor de cinco mil millones de años. Los primeros mil o dos mil millones de años de la existencia de la Tierra fueron demasiado calientes para el desarrollo de cualquier estructura complicada. Los aproximadamente tres mil millones restantes han estado dedicados al lento proceso de la evolución biológica, que ha conducido desde los organismos más simples hasta seres capaces de medir el tiempo transcurrido desde el *big bang*.

La pregunta mencionada antes es también planteada por el astrofísico Davies en dos partes; la primera es ¿por qué es tan grande el universo? Sabemos que no tiene un tamaño fijo pues está en continua expansión; ésta es necesaria para impedir que caiga dentro de sí mismo en una singularidad. Es muy grande también en lo que se refiere a la elevada cantidad de estrellas que lo pueblan. La segunda es ¿por qué es tan viejo? Para que se desarrollen seres inteligentes, un sistema biológico necesita de miles de millones de años. Por tanto, la vida basada en el carbono requiere que éste sea sintetizado en el núcleo de las estrellas, las cuales a su vez requieren también millones de años para formarse, para poder sintetizar elementos como el carbono y después estallar. Si el universo fuera más joven no podría-



mos estar aquí; así, la respuesta a las dos preguntas es una sola: el universo es muy grande porque es muy viejo y nuestra propia existencia implica que las estrellas están muy alejadas unas de otras. De allí la paradoja de que las mismas condiciones para la formación de la vida inteligente sean también las que impiden el contacto con otras formas de vida.

El nombre de principio antrópico fue propuesto por Brandon Carter en 1973 para afirmar simplemente que la existencia de la vida, es decir, de nosotros mismos, puede determinar algunas de las propiedades del universo que observamos. Esta tesis es continuación de los trabajos de Whitrow, quien, en 1955 sostuvo que el hecho de que vivamos en un espacio tridimensional se relaciona con nuestra propia naturaleza en nuestra calidad de observadores racionales y procesadores de información; más tarde estableció la relación entre un universo muy grande y las condiciones necesarias para la vida. El mayor difusor del principio antrópico es Wheeler, un importante físico teórico de la relatividad general, quien lo ha descrito como “el factor generador de la vida que está en el centro del mecanismo del mundo y de su diseño”.

No es casual la utilización del término “diseño” ya que éste está emparentado etimológicamente con “designio”. Desde el principio de la historia se ha reconocido un designio en el mundo; el designio divino es el contenido de los cientos de relatos de la creación que forman la base de las religiones. Tanto en la visión



griega del mundo como en la judeocristiana –para hablar sólo de las que están en la base de las culturas occidentales– está la idea de que el universo en su totalidad fue construido especialmente para la humanidad; como apoyo está lo que se denomina la teleología, es decir el estudio de la evidencia del diseño y de los propósitos de la naturaleza. Por tanto, quienes sostienen la idea de que la vida humana determina el universo, asumen que los valores de las constantes físicas de dicho universo apuntan al autor del diseño, a un diseñador que trasciende las dimensiones y límites del universo físico.

Uno de los primeros científicos en reconocer una relación entre la vida y las características básicas del universo fue el físico Robert Dicke, quien observó en 1961 que la vida en el universo es posible gracias a las especiales relaciones entre las constantes cosmológicas; treinta años antes Dirac había observado relaciones numéricas entre el número total de bariones (partículas no elementales tales como protones y neutrones, las cuales están formadas por las verdaderas partículas elementales: *quarks*) y la edad del universo (equivalencia entre el número de bariones y el cuadrado de la edad del universo) así como también con el valor de la constante gravitacional. Con esta base, Dicke pensó que un ligero cambio en esas relaciones podría no haber hecho posible la vida.

Se reconocen dos versiones del principio, la débil y la fuerte. La formulación débil establece que lo que debemos esperar de la observación debe estar restringido por las condiciones necesarias para nuestra presencia como observadores. Según Hawking, el principio débil dice:

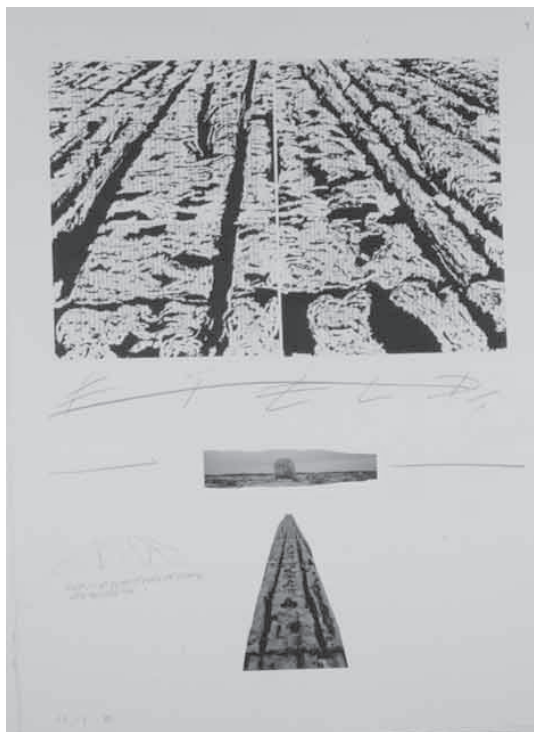
En un universo que es grande e infinito en el espacio y/o en el tiempo, las condiciones necesarias para el desarrollo de vida inteligente se darán solamente en ciertas regiones que están limitadas en el tiempo y en el espacio. Los seres inteligentes de estas regiones no deben, por tanto, sorprenderse si observan que su localización en el universo satisface las condiciones necesarias para su existencia.

Roger Penrose plantea algunas preguntas para definir la versión débil:

¿Qué importancia tiene la conciencia para el universo en su totalidad? ¿Podría existir un universo sin

habitantes conscientes? ¿Están las leyes de la física especialmente diseñadas para permitir la existencia de vida consciente? ¿Hay algo especial en nuestra localización particular en el universo, ya sea en el espacio o en el tiempo? Éste es el tipo de preguntas que pretende responder el principio antrópico, principio que tiene varias formas. La más aceptable se refiere a la localización espaciotemporal de la vida consciente (o “inteligente”) en el universo. Se trata de la versión débil de dicho principio. Puede utilizarse el argumento para explicar por qué se dan las condiciones justas para la existencia de la vida (inteligente) en la Tierra en la época presente: si no fueran las correctas entonces nosotros mismos no estaríamos aquí, sino en alguna otra parte, en alguna otra época apropiada.

Este principio se ha usado para resolver el problema de ciertas relaciones sorprendentes entre las constantes físicas tales como la constante gravitatoria, la masa del protón y la edad del universo, entre otras: parece que esas relaciones son válidas sólo en la época actual de la historia de la Tierra, de manera que parece que vivimos en un momento especial. Esto se explica porque esta época coincide con la vida media





de las estrellas como el Sol, y en otra cualquiera no habría vida inteligente para medir esas constantes físicas, de modo que la coincidencia tenía que darse simplemente por el hecho de que sólo existiría vida inteligente en el momento en que hubiera esta coincidencia.

Esa versión débil registra solamente el hecho de que para que nosotros, seres humanos dotados de inteligencia, estemos aquí preguntándonos acerca del origen del universo, ha sido necesaria una sucesión vertiginosa de casualidades favorables; esa versión débil ha dado paso rápidamente y, como dice Heidmann, a veces sin la debida cautela, a una versión fuerte que dice que nuestra existencia es la responsable de la estructura espacial del universo; es decir, que la aparición del hombre se convierte en la finalidad, el punto de llegada, el destino del universo. El principio antrópico fuerte sostiene que el universo debe ser como es para permitir la existencia de la vida. Según Hawking, la versión fuerte dice:

Hay muchos universos diferentes, o muchas regiones diferentes de un único universo, cada uno con



su propia configuración inicial y, tal vez, con su propio conjunto de leyes. En la mayoría de estos universos las condiciones no serían apropiadas para el desarrollo de organismos complicados; solamente en los pocos universos que son como el nuestro se desarrollarían seres inteligentes que harían la pregunta: ¿por qué es el universo como lo vemos? La respuesta, entonces, es simple: si hubiese sido diferente no estaríamos aquí.

Por su parte, Penrose también relaciona la versión fuerte con distintos universos: la versión fuerte se interesa no sólo en la localización espacial o temporal de este universo sino en una infinidad de universos posibles; desde allí, dice, se pueden sugerir respuestas a las preguntas de por qué las constantes de la física parecen estar diseñadas especialmente para que pueda existir vida inteligente: si tales constantes fueran distintas no estaríamos en este universo sino en otro. Pero, ¿para qué proponer varios universos?, se pregunta Hawking:

Si están separados, lo que ocurra en uno de ellos no tiene consecuencia en otro; se debe usar un principio de economía y eliminarlos de la teoría. Por otro lado, si hay varias regiones de un único universo, las leyes tendrían que ser las mismas en cada región. Esto reduce el principio antrópico fuerte al débil.

Pero no sólo se ve esta postura teleológica en lo relativo al origen del universo sino que también se pretende ir más allá: el principio antrópico, al menos como algunas personas lo ven, sostiene, basado en algunas conclusiones de la mecánica cuántica, que los seres humanos, como observadores, son necesarios para la existencia misma del universo. Según la teoría cuántica, las "cosas" tal como las entendemos cotidianamente han desaparecido; lo que encontramos son patrones de relaciones que se comportan de manera diversa: en un momento son partículas, en otro son ondas; en un momento son masa, en otro son energía. En el mundo cuántico las relaciones son lo que importa; es más, para algunos físicos éstas son la realidad. De allí que la predicción y la uniformidad absolutas sean imposibles, todo se convierte en algo fluido. Una fuente de esta condición de difuso viene del hecho de que la materia elemental tiene dos



caras, dos manifestaciones diferentes: la materia puede ser en la forma de partícula, en un punto localizado del espacio, o bajo la forma de onda, como energía dispersa en un volumen finito. La identidad de la materia, como paquete de ondas, incluye potencialidades de ambas formas, partículas y ondas, y estos dos aspectos no pueden estudiarse como un todo unificado, lo cual se enlaza aquí con otro principio fundamental de la física cuántica: el principio de incertidumbre de Heisenberg, que establece que podemos medir la posición de una partícula, o podemos estudiar su momento y observar la onda, pero no podemos medir simultáneamente sus dos aspectos pues siempre queda una incertidumbre.

El principio de dualidad onda/partícula junto con el principio de incertidumbre cambian nuestra relación con la observación y la medición pues si la materia desarrolla una relación con el observador y cambia al encontrarse con la expectativa de éste, ¿dónde queda la famosa objetividad científica? Si el científico estudia propiedades ondulatorias, la materia se comporta como onda; si estudia propiedades de partícula se comporta como partícula; o sea que el acto de observación hace que la potencialidad del paquete de ondas se colapse en un aspecto. Dicho en otras palabras, es imposible saber el estado de una partícula dada hasta que se observa; hasta ese momento esa partícula no es más que una onda de probabilidad. Con la observación se colapsa la función de onda y se actualiza una de las probabilidades. De allí que algunos científicos interpreten que el universo sólo existe si hay alguien que lo observe. Ya no es posible estudiar algo separado de nosotros mismos pues nuestro acto de observación del proceso hace aparecer lo que estamos observando. Las partículas permanecen en un estado difuso, como posibilidad, hasta que se observan; sólo entonces se convierten en una "cosa". De allí que J. Archibald Wheeler postule que el constituyente último de todo lo existente sea "el etéreo acto de observación"; el universo es un universo participativo. No es que el observador produzca la realidad pero sí es esencial en su aparición, evoca un potencial que está ya presente.

Wheeler ilustra lo anterior con un experimento mental referido a la doble naturaleza de la luz, corpuscular y ondulatoria; para ello asume la presencia de un instrumento para verificar la existencia de luz proveniente de una lejana estrella. Los fotones entran por la abertura en un extremo y chocan con una placa fotográfica situada en el otro extremo. Si

la placa es rígida y fija, el resultado de la observación es que el fotón es una partícula; pero si la placa es muy sensible y está en movimiento, entonces el resultado de la observación es que el fotón es una onda. Si el observador pudiera cambiar a voluntad de un tipo de placa al otro, entonces podría decir al apuntar hacia una estrella:

Esta estrella está a diez millones de años; esto significa que si el fotón que voy a observar y verificar su presencia dejó la estrella hace diez millones de años como partícula, ha sido partícula diez millones de años. Si la dejó como onda, ha sido onda todo ese tiempo. Yo, como físico, al cambiar de una placa a la otra puedo determinar la naturaleza del fenómeno: regreso diez millones de años y determino la naturaleza del fotón.

La postura de Wheeler proviene de una interpretación literal del principio de incertidumbre puesto que este principio hace participar de algún modo al observador en la creación de la realidad física; de alguna manera extraña —dice— el principio cuántico establece que estamos tratando con un nuevo universo participante. Según él, los seres humanos y los instru-



mentos con los cuales observamos el universo, son los responsables del mundo fenoménico. Con esta aseveración el hombre es desplazado otra vez hacia el centro, o al menos así lo parece en una primera aproximación. En realidad, lo que hace Wheeler es asumir de forma explícita que el objeto de la física es el mundo de los fenómenos, y éstos no son las cosas y acontecimientos en estado bruto sino su construcción, producto de la observación y de la verificación. Sólo después de que cosas y acontecimientos se entienden como fenómenos puede iniciarse la investigación científica. Sin embargo, cuando se trata de fenómenos no accesibles a ojo desnudo, por ejemplo cuando están muy distantes o son muy pequeños, la observación requiere de instrumentos y ello hace más crítica la situación puesto que los resultados del uso de instrumentos difieren de uno a otro. Esto va en contra del dictado del sentido común de que la naturaleza de la realidad no depende de los instrumentos con los cuales se observa.

La larga tarea iniciada por Copérnico, seguida por Galileo y Newton, y que concluye con Darwin y Freud tuvo como resultado sacar al hombre del centro, quitarle su etiqueta de rey de la creación, de ocupante por derecho propio del lugar privilegiado en el universo. El resultado de todo ese largo recorrido es que el hombre pasó a ser considerado como una especie más entre otros miles, resultado de una lenta evolución, que vive en un muy ordinario planeta que gira alrededor de una estrella también muy ordinaria en el extremo de una muy ordinaria galaxia.

En el último cuarto de siglo, sin embargo, cuando los parámetros básicos del universo y las constantes fundamentales de la física pueden ser calculados, incluso medidos directamente, muchos científicos –astrónomos y físicos principalmente– comienzan a reconocer ciertas conexiones entre estas constantes y la existencia de la vida en nuestro planeta; sobre todo comienzan a pensar que los valores de tales constantes y parámetros deben ser precisamente los que son ya que de otra manera la vida sería imposible. Es decir, ya no con argumentos místicos o religiosos sino con datos provenientes de la observación, del cálculo, de la experimentación, de la medición de los parámetros fundamentales del universo, las relaciones con la existencia de la vida son interpretadas como prueba que la vida misma del hombre de algún modo determina el diseño actual del universo. Aunque se sigue sintiendo en ellos un dejo de misticismo del cual no han podido escapar, los datos obtenidos en ese último cuarto de siglo no dejan de ser perturbadores.



Desde los años sesenta algunos astrónomos intentaron estimar el número de planetas en el universo con un ambiente favorable para la vida; reconocieron que sólo un cierto tipo de estrella con un planeta a una determinada distancia proporcionaría las condiciones necesarias para la vida. Sobre esta base hicieron algunos cálculos más bien optimistas sobre la probabilidad de encontrar vida en algún lugar del universo. Shklovsky y Sagan, por ejemplo, determinaron que sólo el 0.001% de todas las estrellas tendrían un planeta con posibilidad de tener vida; sin embargo, sobrestimaron el rango de estrellas y el de las distancias planetarias permisibles puesto que incluso ese bajo porcentaje daría un número posible de planetas habitados o susceptibles de serlo superior a 10^{16} . Algunas de las determinaciones que tendrían que tomarse en cuenta junto con las constantes físicas y los parámetros fundamentales para la aparición y mantenimiento de la vida tal como la conocemos se muestran a continuación. Enumeramos primero los relativos al sistema formado por el Sol, la Tierra y la Luna:

En primer lugar, la antigüedad del Sol: si fuera más joven de lo que es no habría alcanzado la fase estable de combustión; si fuera más antiguo, el sistema no contendría suficientes elementos pesados que son necesarios para nuestra propia constitución. Si el Sol fuera más joven, su luminosidad no se habría estabilizado, y si fuera más viejo ya no sería suficientemente estable. En segundo lugar, la masa del Sol: si fuera mayor de lo que es, las fuerzas de la marea en nuestro planeta afectarían su periodo de rotación; si la masa fuera menor, el rango de distancias apropiadas para la vida sería muy estrecho. En tercero está la localización en la galaxia: si el Sol estuviera más cercano al centro de la galaxia, la densidad y la radiación serían muy grandes; si la distancia al centro fuera mayor de la real no habría suficientes elementos pesados para construir planetas rocosos. En cuarto está el tipo de estrella: si el Sol fuera más rojo o más azul de lo que es, habría en la Tierra una insuficiente respuesta a la fotosíntesis.

Los siguientes puntos tienen que ver específicamente con el planeta, en este caso la Tierra: si estuviera más alejada del Sol, sería muy fría para el ciclo estable del agua y si estuviera más cerca sería demasiado caliente. Si tuviera más masa, la gravedad sería mayor y la atmósfera retendría fuertes cantidades de metano y amoníaco, letales para la vida; si la gravedad fuera menor la atmósfera perdería mu-



cha agua. Si la corteza fuera más gruesa captaría demasiado oxígeno de la atmósfera, y si fuera más delgada la actividad tectónica y volcánica sería muy intensa. Si su periodo de rotación fuera mayor, las diferencias de temperatura serían demasiado grandes; si fuera menor, sería muy fuerte la velocidad de los vientos atmosféricos. Si la interacción de la Tierra con la Luna fuera más intensa, los efectos de la marea en la atmósfera, los océanos y el periodo de rotación serían muy severos; si fuera más débil, la órbita sería más oblicua con grandes inestabilidades climáticas. Hay otras variables tales como el campo magnético o la inclinación del eje que no tomaremos en cuenta, pero desde ahora se puede ver que, según este criterio, la Tierra, el Sol y la Luna están articulados de la manera justa para que existan todas las condiciones para la vida. Lo que este argumento no toma en consideración es que la vida ha surgido y evolucionado en este planeta y por eso está adaptada a las condiciones prevalentes; en lugar de pensar que el mundo está hecho a nuestra medida tendríamos que convencernos de que somos nosotros los contruidos a su medida.

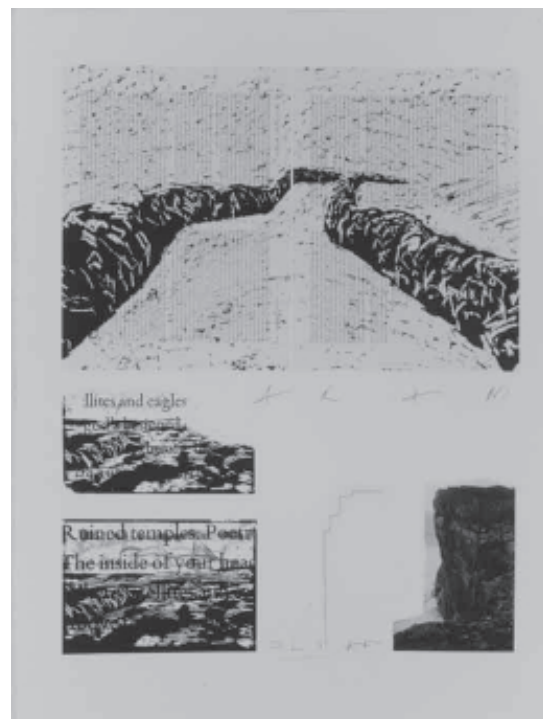
Con respecto a los parámetros del universo en general, damos a continuación algunos datos. Primero, que la edad del universo determina los tipos de estrellas que existen. Las primeras se formaron unos tres mil millones de años después del nacimiento del universo. Para que las supernovas comenzaran a distribuir elementos pesados que hicieron posible las estrellas como el Sol pasaron unos diez mil millones de años. Otros mil millones para que éstas se estabilizaran y pudieran soportar vida en sus planetas. Si el universo fuera unos dos mil millones de años más joven, no estaría en

condiciones de tener estrellas como el Sol en fase estable de combustión. Si fuera unos cinco mil millones más viejo, tales estrellas ya no estarían en esa fase.

En segundo lugar está la tasa de expansión del universo, que afecta a los tipos de estrellas que se forman. Si esa tasa de expansión fuera mayor, el universo total podría haberse colapsado antes que una estrella como el Sol llegara a su fase estable. Pero si se hubiera expandido más rápidamente no se condensarían las galaxias y no habría estrellas.

En tercero, la entropía del universo, que afecta la condensación de los sistemas masivos. El universo contiene 10^8 fotones por cada barión (partículas que participan de las fuerzas nucleares fuertes, el protón y el neutrón). Esto lo hace muy entrópico, es decir, muy eficiente como radiador pero muy pobre como máquina. Si la entropía fuera mayor, no se formarían los sistemas galácticos ni las estrellas; si fuera menor, tales sistemas atraparían la radiación y no permitirían la fragmentación de los sistemas en estrellas.

En cuarto lugar está la masa del universo (la masa más la energía), que determina cuánta combustión nuclear ocurre a medida que el universo se enfría. Si la masa fuera mayor se formaría demasiado deuterio durante el enfriamiento; el deuterio es un poderoso catalizador para la combustión nuclear en las estrellas, por lo que el exceso haría que las estrellas se quemaran más rápido, pero si no se hubiera generado una cantidad suficiente no se habría producido helio al enfriarse y sin helio las estrellas no habrían podido producir elementos más pesados. Por ello el universo es grande; si fuera más pequeño ni siquiera se habría formado un planeta como la Tierra.



En quinto lugar está la uniformidad del universo, lo cual determina sus componentes estelares. El carácter uniforme del universo surge del breve periodo de expansión inflacionaria muy cerca del inicio del universo. Si fuera menos uniforme habría muchos hoyos negros separados por espacio vacío, pero si fuera más terso no se habrían formado las galaxias.

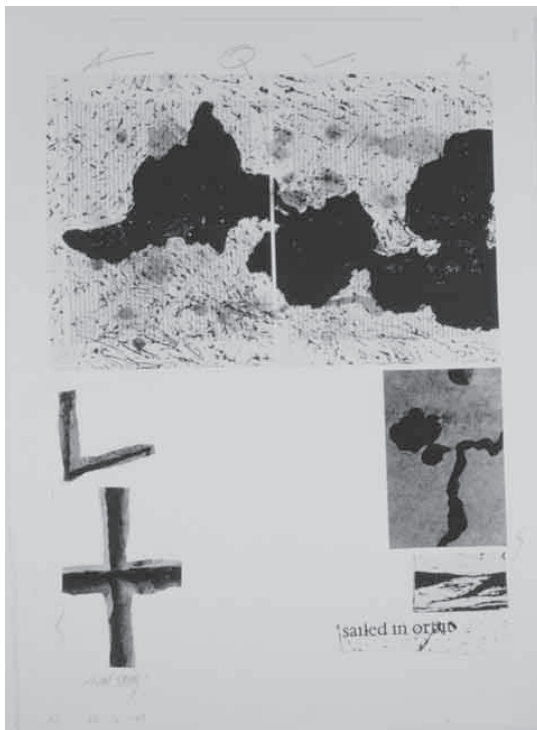
En sexto, la constante gravitatoria del universo, que determina qué clases de estrellas son posibles. Si la fuerza de gravedad fuera mayor, la formación de estrellas sería más eficiente y todas serían más masivas que el Sol al menos 1.4 veces. Las estrellas grandes son importantes porque fabrican los elementos pesados que se dispersan en el medio interestelar donde forman los planetas y las cosas vivientes en cualquier forma. Sin embargo, estas estrellas se queman muy rápido y no pueden mantener las condiciones de vida en los planetas que las rodean. Para ello se requieren estrellas del tamaño del Sol. Pero si la gravedad fuera ligeramente menor, todas las estrellas tendrían menos masa que el Sol, y aunque tardan mucho tiempo en quemarse y pueden mantener planetas con vida, no habría elementos pesados para construirlos.

En séptimo lugar aparece la distancia entre las estrellas, que afecta las órbitas e incluso la existencia de los planetas.



La distancia promedio entre estrellas en esta zona de la galaxia es de poco más de unos cinco años luz. Si esta distancia fuera menor, la interacción gravitacional entre ellas sería tan fuerte que desestabilizaría las órbitas planetarias, lo cual crearía variaciones de temperatura en el planeta. Si fuera mayor, los elementos pesados provenientes de las supernovas estarían tan finamente distribuidos que nunca se formarían planetas como la Tierra. La distancia promedio entre estrellas es la justa para hacer posible un sistema planetario como el nuestro.

También están los parámetros atómicos, entre los cuales está, en primer lugar, la fuerza nuclear fuerte que mantiene unidas las partículas en el núcleo del átomo. Si fuera ligeramente más fuerte, no sólo el hidrógeno sería raro sino que también la fuente de elementos esenciales más pesados que el hierro, resultante de la fisión de elementos muy pesados, sería insuficiente. En segundo, la fuerza nuclear débil, que afecta el comportamiento de los leptones (partículas elementales que no participan de las reacciones nucleares fuertes, como los neutrinos y los electrones). La disponibilidad de neutrones a medida que el universo se enfría y permite la fusión nuclear determina la cantidad de helio que se produjo durante los primeros segundos después del *big bang*. Si la fuerza nuclear débil fuera mayor, los neutrones habrían disminuido rápidamente y menos estarían disponibles; por tanto, muy poco helio, o nada, se habría producido. Sin helio no se habrían fabricado suficientes elementos pesados en los hornos internos de las estrellas. Si fuera más débil, el *big bang* habría transformado todo, o casi todo, el hidrógeno en helio, con una sobreabundancia de elementos pesados, lo cual haría imposible la vida. En tercer lugar, la constante electromagnética que liga los electrones con los protones. La característica de las órbitas de electrones determina a qué grado los átomos se unen para formar moléculas. Si tal constante fuera ligeramente menor, los electrones no se mantendrían en órbita alrededor del núcleo. Si fuera mayor, un átomo no podría compartir un electrón con otro átomo. En cualquier caso no podrían formarse moléculas. En cuarto, la relación de masas entre el electrón y el protón que determina las características de las órbitas de los electrones. Un protón es 1836 veces más masivo. Si fuera menor, las moléculas no se formarían. En quinto, la estabilidad del protón, que afecta la cantidad de materia en el universo y el nivel de radiación.





La vida del protón es muy larga pero no infinita (10^{32} años). Si fuera menor, las consecuencias para la vida serían inmensas porque su descomposición libera dosis letales de radiación. Pero si fuera aún más estable habría emergido menos materia durante los acontecimientos del primer segundo, no habría materia suficiente para sostener la vida. Finalmente, la velocidad de la luz, que afecta las fuerzas fundamentales de la física; el más ligero cambio hacia arriba o hacia abajo niega cualquier posibilidad de vida en el universo.

Estos tres grupos de coincidencias en los parámetros fundamentales del universo que los científicos han descubierto no dejan de ser inquietantes, a pesar de que no podemos dejar de pensar que estas ideas están fuertemente influenciadas por el misticismo propio del cambio de milenio. Una conclusión como la de Heidmann nos da una tranquilidad, aunque sea provisional pues nos permite diferir el momento de la opción por una de las dos posturas que están detrás de estos principios. Dice:

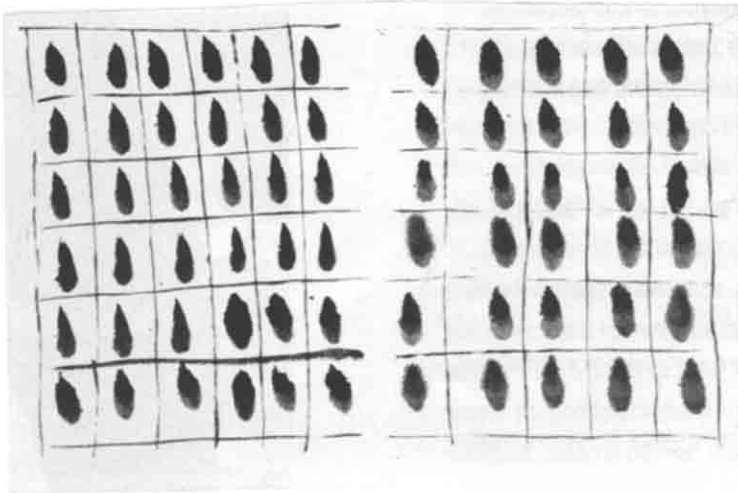
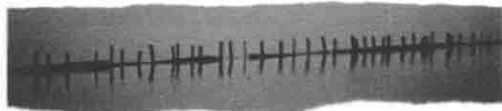
Para conocer el universo, para emocionarse con su grandeza y embargarse de su belleza, sería preciso arrojar por la borda los tabúes, el sentido común y los prejuicios. Visto así, el hombre no aparece ya como la cima de la odisea cósmica, el ser cuya existencia desvelaría el sentido, sino como el fruto infinitamente precario y frágil de una grandiosa aventura de destino fantástico, como un delgado arabesco trazado sobre un cristal cubierto de escarcha, un trazo débil a merced de fuerzas inmensas que le sobrepasan y que disponen de él, una leve espuma sobre aguas turbulentas.

R E F E R E N C I A S

- Davies, P. C. W., *El espacio y el tiempo en el universo contemporáneo*, FCE, México, 1982.
- Davies, P. C. W., *The mind of God. The scientific basis for a rational world*, Touchstone, Nueva York, 1992.
- Hawking, S. W., *Historia del tiempo. Del big bang a los agujeros negros*, Editorial Crítica, México, 1988.
- Heidmann, J., *La vida en el universo*, Alianza Editorial, Madrid, 1993.
- Penrose, R., *La mente nueva del emperador*, FCE, México, 1996.
- Reeves, H., *Últimas noticias del cosmos. Hacia el primer segundo*, Alianza Universidad, Madrid, 1996.

César González Ochoa es investigador del Instituto de Investigaciones Filológicas de la UNAM.





Handwritten signature or initials.

Del lado de los ángeles

James
Ryrson

*¿Es el hombre un mono o un ángel?
Yo, señores, estoy del lado de los ángeles.*
BENJAMIN DISRAELI

El creacionismo ha sido ennoblecido. Durante largo tiempo fue territorio de fundamentalistas bíblicos, geocentristas e historiadores de la escuela Tierra joven; el creacionismo ha cambiado sus overoles y abandonado sus biblias en favor de los doctorados, la genética de población y la bioquímica. Ya desaparecieron aquellos míticos y embarazosos cuentos sobre los seis días de la creación; han desaparecido los retorcidos argumentos geológicos acerca de un planeta que tiene seis mil años. Lo que perdura es la creencia de que el darwinismo no ha cumplido su promesa de dar cuenta de la vasta diversidad de las especies y de la extrema complejidad de los organismos y las funciones celulares. Para las mentes escépticas, los desvíos en los caminos de la ciencia nunca lucieron tan bien.

Por supuesto que en los círculos de legos ilustrados, aquellos que rehúsan identificarse con el darwinismo son todavía equivalentes a esas personas que dejarían sangrar a sus hijos con sanguijuelas, y lo que se llama “ciencia de la creación” es popularmente entendida sólo como un ardid que permite introducir los dogmas religiosos en las clases de biología. Sin embargo, los nuevos creacionistas –científicos antidarwinistas o “creacionistas del diseño inteligente”– son eruditos acreditados y especialistas mucho más familiarizados con las preguntas apremiantes de la teoría de la evolución que sus adversarios de formación media. “El creacionismo –en palabras del filósofo de la ciencia Robert Pennock– está evolucionando.”

Para las personas que, como uno, recibieron su educación científica bajo el supuesto de que el “antidarwinismo científico” es un contrasentido, no se hace aparente de inmediato por qué algunos prestigiosos abogados, distinguidos matemáticos, físicos entrenados en el Instituto Tecnológico de Massachusetts y profesores de genética y bioquímica en diversas universidades, estarían hoy gustosamen-



te dispuestos a ser etiquetados como antidarwinistas. Resulta aún más extraño comprobar que muchos de ellos sustentan puntos de vista que, en verdad, justifican esa clasificación. Actualmente varios científicos critican algunos aspectos de la versión moderna de la teoría de Darwin. Stephen Jay Gould, de Harvard, por ejemplo, ha atacado a varios de sus colegas al clasificarlos como “darwinianos fundamentalistas”, describiendo sus puntos de vista como “lógicamente fallidos” y “básicamente tontos”. Sin embargo, los antidarwinistas van mucho más lejos, argumentando que ninguna formulación del darwinismo puede describir un proceso completamente naturalista de la evolución sin recurrir a su propia retórica dogmática.

Obviamente, lo que está en juego aquí es la ciencia. Aunque a nadie, en verdad, hay que advertirle que existen más que asuntos científicos en esta apuesta, que hay mucho más en juego que simples enfrentamientos políticos que giran alrededor de las palabras que se exige retirar, modificar o incluir en los textos escolares. Tal como ha señalado el historiador Richard Hofstadter en su libro clásico, *Social darwinism in american thought (Darwinismo social en el pensamiento americano)*, el darwinismo es una de las pocas teorías científicas “cuyas consecuencias intelectuales han ido más allá del desarrollo interno de la ciencia como un sistema de conocimiento, para revolucionar las pautas fundamentales del pensamiento”. En efecto, aunque la religión y la ciencia son esferas de reflexión supuestamente separa-



das, el zoólogo Richard Dawkins ha llevado su investigación hacia una defensa del ateísmo, y la ciencia deísta de los antidarwinistas no puede ser acordonada con seguridad como “simple religión” sin privarla de su profundidad. En nuestros días, cuando el impulso de llevar al darwinismo más allá de sus cómodas fronteras ha sido reactivado en campos tales como la psicología evolucionista de Steven Pinker o la sociobiología de E.O. Wilson, valdría la pena escuchar de cerca los argumentos de los científicos antidarwinistas. No porque nos ofrezcan una verdad prometeica, ni porque la sociobiología se preste a la eugenesia, sino porque la línea dura nos fuerza, como siempre lo hace, a encarar nuestras debilidades, así como a apuntalar nuestra defensa. Bienvenidos nuevamente, entonces, a la guerra de los monos.

Hace más de un año, los televidentes de un programa de la PBS (*Public Broadcasting System*) llamado *Firing line* (En la línea de fuego) fueron testigos de una extraordinaria discusión entre el profesor de leyes de la Universidad de Berkeley, Phillip Johnson, y el biólogo estrella de la Universidad Brown, Kenneth Miller. Johnson y Miller estaban discutiendo en ese programa acerca de una laguna en el registro de fósiles, un problema de “eslabones perdidos” entre los mamíferos *Mesonychidae* –carnívoros terrestres que vivieron hace sesenta millones de años– y los *Archaeocetae*, una forma muy antigua de ballena considerada tradicionalmente como un ancestro cercano a los *Mesonychidae*. Johnson, un escéptico de la evolución, exigió evidencias de formas transicionales entre las dos especies, y Miller ofreció tres ejemplos conocidos de intermediarios fosilizados. “Ésa es la cuestión”, replicó Johnson:

El registro fósil es categóricamente no darwiniano justo donde es más completo: en los invertebrados marinos. Y por eso es chocante encontrar [los ejemplos de Miller] allí donde [el registro fósil] es más incompleto, allí donde la imaginación puede volar libremente.

En otras palabras: donde tenemos fósiles no vemos intermediarios, y donde pensamos que vemos intermediarios, difícilmente tenemos fósiles.

Como lo sabe cualquiera que haya intentado encubrir una falsedad, cuanto menos información se tenga para dar cuenta de algo, más fácil es acomodar el argumento propio para ajustarlo a los datos. No impresionado por los pobres ejem-



plos aportados por Miller sobre la evolución de los fósiles, Johnson citó un artículo publicado en *Science* argumentando que los fósiles en cuestión no podían, de manera confiable, ser colocados en una secuencia ancestro-descendiente. Seguramente los llamados “intermedios” eran formas modificadas de una ballena primitiva (Johnson no rebatió que ese cambio morfológico hubiese ocurrido dentro de ciertos límites), pero no existe evidencia fósil convincente que indique que las ballenas hayan evolucionado en mamíferos terrestres. Los televidentes de *Firing line* tienen que haberse preguntado por qué el profesor Miller no pudo aportar más que unos cuantos ejemplos tentativos de una transición evolutiva tan crucial. ¿Es esto una preocupación legítimamente científica acerca del darwinismo? ¿Existen otras?

Así lo piensan los antidarwinistas. De hecho, ellos creen que la ciencia no ha ofrecido ninguna razón como para creer que la evolución puede suceder enteramente por medio de procesos naturalistas, por eso ellos infieren la existencia de un diseñador –un Creador– que actúa a través de medios no naturalistas. Phillip Johnson, sin lugar a dudas el más empedernido exponente del creacionismo científico, junto con David Berlinski –matemático y autor del libro reciente *A Tour of the Calculus*– argumenta vehementemente que la propuesta de Darwin sobre “descendencia con modificación” no tiene ninguna base de confirmación empírica. Michael Behe, profesor de bioquímica de la Universidad de Lehigh, concede en su libro, *Darwin’s Black Box*, que el argumento a favor de una descendencia en común es en verdad “bastante convincente” y que la selección natural “podría explicar muchas cosas”, pero sostiene que no hay explicación naturalista alguna que pueda dar cuenta de la notable complejidad de la vida molecular. En 1998, el físico y teórico de la información, Lee Spetner, publicó el libro *Not by chance! Shattering the modern theory of evolution*, argumentando que el poder de la mutación genética aleatoria y de la selección natural para producir cambios evolutivos a gran escala no es ni remotamente plausible dado el alcance actual del conocimiento científico.

Existen otros investigadores que han expresado también reservas radicales acerca de los principios fundamentales del darwinismo –el genetista Michael Denton, el bioquímico James Shapiro, el biólogo evolucionista Jerry Coyne, los filósofos Peter van Inwagen y Alvin Plantinga, por sólo nombrar a algunos de ellos. Quizás las referidas controversias en torno a la teoría de la evolución –en las cuales Gould ha sido



tachado como un “hombre cuyas ideas son tan confusas que casi no vale la pena ocuparse de ellas”– hablan de los serios problemas internos que padece el darwinismo. O quizás no. Por lo menos deberíamos darnos cuenta de que Darwin, al igual que Freud y Marx, es un pensador cuya obra nos es tan familiar que cualquier reflexión verdadera acerca de ella debe comenzar con un ejercicio de deseducación.

Como lo reconocen sus más firmes seguidores, la obra maestra de Darwin, *El origen de las especies*, toca varios temas, pero no el del origen de las especies. Una de las grandes aportaciones de *El origen de las especies*, sin embargo, fue el replanteamiento de lo que son en realidad las especies. De acuerdo con Darwin, las especies no son agrupaciones claras determinadas por ciertas características en común. Más bien son el resultado de un proceso por medio del cual una forma gradualmente modificada de un organismo se convierte paulatinamente en algo menos parecido al organismo original, hasta que las diferencias son tan sustanciales que el apareamiento directo entre ambas se hace imposible. Cuando todos los intermediarios entre tales formas desaparecen, y con ello toda posibilidad de apareamiento, la información heredable de los dos tipos es permanentemente separada –un predicamento que optamos por llamar especiación. Este cambio conceptual tiene implicaciones filosóficas (y teológicas) enormes: las especies no surgen de creaciones únicas súbitas, sino a través de un proceso progresivo, y a menudo errático. Una especie no es

una esencia fija –la suposición de Aristóteles y del Génesis en adelante– sino una categoría borrosa sujeta de transformación.

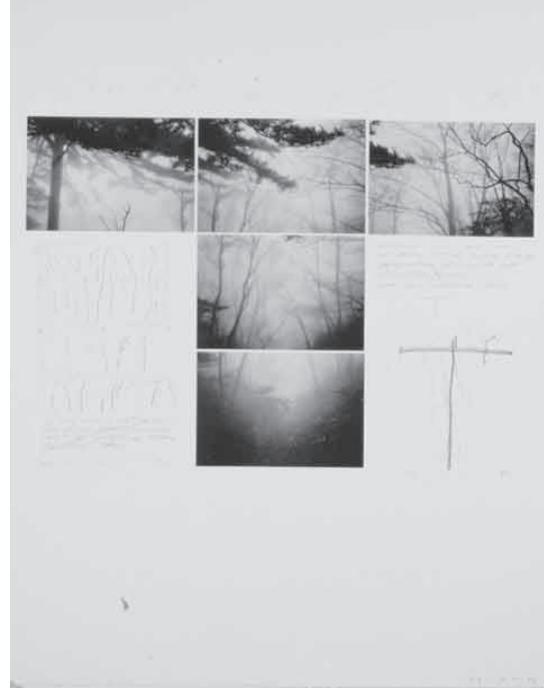
Desafortunadamente, aunque Darwin tuvo evidencias de las ligeras modificaciones morfológicas necesarias para tal proceso, no logró evidencias reales de algún ejemplo de especiación, por lo cual argumentó por extensión lógica: “Sólo tenemos que suponer que los pasos en el proceso de modificación serán más numerosos o mayores en cantidad hasta convertir estas... formas en especies bien definidas”. La suposición, sin embargo, no provee las bases científicas más firmes, y han existido desde entonces algunos problemas concernientes a esta cuestión, tanto fuera como dentro de la ciencia aceptada. El problema principal es que la idea de Darwin acerca de la evolución depende de la extensión de su otra gran innovación –los “pasos” graduales de la selección natural– hasta su conclusión extrema relativa a la especiación total.

La selección natural, el mecanismo del cambio evolutivo, tampoco fue totalmente resuelto por Darwin. Como científico (y darwinista) Douglas Futuyma señaló en su libro *Science on Trial. The case of evolution*:

Darwin... no pudo ofrecer ningún caso de selección natural debido a que nadie lo había buscado. En vez de ello, él trazó una analogía con la selección artificial que los criadores de animales y plantas utilizan para mejorar las variedades domesticadas de animales y plantas.

Pero los criadores humanos, a pesar de la ventaja de su inteligencia, nunca han tenido éxito en la producción de especies separadas, problema análogo a la limitación del registro fósil que Johnson señaló en el programa *Firing line*; es decir, sólo existe evidencia de variación dentro de tipos. Desde luego, el punto de vista de Darwin acerca de las especies sostiene que toda la idea de “tipo” es arbitraria y que si las especies pueden variar un poco, pudieran variar mucho si se les da suficiente tiempo. Sin embargo, los darwinistas tienen que conceder, y a menudo lo hacen, que no existe evidencia clara de pequeñas variaciones que produzcan grandes distinciones de clases, *phyla* y demás.

Darwin confiaba en que había formulado una teoría con poder explicativo notable –una teoría que podría dar cuenta del colosal rompecabezas del mundo natural en términos de piezas pequeñas susceptibles de ser comprendidas. Pero también sa-



bía que era necesaria una confirmación empírica. Como él mismo se quejó en *El origen de las especies*: “Casi puede decirse que la naturaleza se ha protegido contra los descubrimientos frecuentes de sus formas transicionales o en eslabón”. Él imaginó que una vez que los investigadores entendieran lo que deberían buscar, el peso de la evidencia confirmaría toda su teoría. Sin embargo, tal como los darwinistas Gould y Steven Stanley argumentan, esa evidencia nunca llegó.

Irónicamente, los científicos antidarwinistas siempre han sido seguidores de Stephen Jay Gould, uno de los más exitosos y comprometidos divulgadores del darwinismo en la postguerra. Gould, resueltamente un defensor de la evolución darwiniana en el sentido amplio, y su colega Niles Eldridge, publicaron en 1972 un artículo crítico titulado *Punctuated equilibria, an alternative to phyletic gradualism*, en el cual piden a los científicos confrontar el duro hecho de que la evidencia fósil coleccionada hasta ahora es casi la misma que ya existía en 1859, cuando se publicó *El origen de las especies*. Es decir, parece que la mayoría de las especies aparecieron en un momento geológico posterior a la extinción en masa (como por mandato divino, podrían decir los antidarwinistas); y que la tendencia dominante en el registro fósil, a partir de entonces, parece ser de estasis (la persistencia de criaturas que llevan la marca de la intención divina, en el lenguaje creacionista). Pero la carencia de intermediarios no es un problema, concluye Gould, sino una característica.

El modelo alternativo de evolución de Gould y Eldridge sugiere que la especiación ocurre súbitamente (digamos, en un rango de 100,000 años). Sin detenernos en las complejida-



des de la teoría del equilibrio puntuado, baste decir que según esta teoría el hecho de la evolución permanece intacto –descendencia con modificación–, pero la idea de que los cambios mayores en los organismos ocurren lenta y gradualmente, con avances mínimos en el diseño que proporcionan una ventaja adaptativa, ha sido privada de su fuerza anterior. (Aquellos que se mantienen en puntos de vista no gouldianos, como Richard Dawkins y John Maynard Smith, son considerados “ortodoxos” o “ultra darwinistas”, a pesar de que Darwin mismo pudiera estar ubicado actualmente en una posición intermedia). No es necesario decir que los antidarwinistas están menos interesados en las solución propuesta por Gould, que en la atención que éste atrajo hacia un problema persistente y a menudo no abordado en los salones escolares.

Existen tres acusaciones antidarwinistas derivadas de las propuestas de Gould, aunque no todos los antidarwinistas sostienen todas (y Gould no sostiene ninguna). La primera y más radical, se refiere al llamado “hecho” de que la evolución no ha sido probada. El ejemplo más famoso de selección natural –una cierta clase de polillas que cambió su color, en gran parte blanco, a un color predominantemente negro hollín, conforme las condiciones favorables para su camuflaje fueron alteradas durante la Revolución Industrial–, es un ejemplo de modificaciones menores dentro de un tipo existente, no un cambio mayor de una especie a otra. ¿Por qué, se preguntan los escépticos de la evolución, no tenemos ejemplos famosos de especiación? El simple hecho de que las bacterias desarrollen cepas resistentes, o que las polillas cambien de color, no significa que entendemos cómo los humanos y las pulgas tienen, literalmente, su ancestro común en algún organismo unicelular.

Algunos científicos han respondido que podemos inferir una descendencia común a partir de las increíbles semejanzas estructurales: ballenas, murciélagos y humanos usan la misma disposición de sus huesos para nadar, volar y escribir ensayos, respectivamente. La línea dura responde que éstas son las afinidades taxonómicas cuya explicación intentó aportar *El origen de las especies* y que no deberían servirnos también como pruebas. Esta objeción es un tanto mordaz, pero la mayoría de los escépticos, incluyendo a la mayoría de los científicos antidarwinistas, encuentra que las semejanzas estructurales y genéticas de ciertos organismos sugieren relaciones genealógicas comunes. Combinada con la notable irre-

gularidad de la fosilización, esta posición extrema pasa sin hacer mucho ruido.

Sin embargo, la pregunta que continúa impulsando a los antidarwinistas es: ¿cómo estos cambios extraordinarios ocurren de manera natural? La segunda acusación antidarwinista se refiere al poder aparentemente limitado de la selección natural (lo cual es también del más grande interés para Gould). ¿Puede una serie de cambios pequeños y graduales dar cuenta de las diferencias radicales entre dinosaurios, arañas y medusas de una manera que no sea sólo teórica? Sin duda, los humanos evolucionaron a partir de un ancestro común que comparten con los monos, pero el mecanismo responsable de tal evolución ¿fue naturalista e impulsado por mutaciones aleatorias y sin dirección en la información heredable? ¿Significa esto que los humanos evolucionaron también mediante un proceso similar a partir de un ancestro compartido con las medusas, o es que hubo una serie de creaciones separadas en cierto momento?

El antidarwinista y teórico de la información Lee Spetner, propuso la interesante argumentación de que, ciertamente, pequeñas mutaciones pueden otorgarle a un organismo algunas ventajas, pero como lo indica la investigación contemporánea, tales mutaciones ocurren sólo a expensas de un



decremento en la información contenida en el genoma. Sin un incremento en la información –y, por tanto, en la complejidad– no puede haber desarrollo, incluso en organismos simples, de las características necesarias para las formas complejas posteriores: centros nerviosos, esqueletos, sistemas circulatorios. Igualmente, si bien el bioquímico Michael Behe concede que la selección natural podría producir cambios estructurales mayores –dar piernas a las ballenas, alas a los reptiles, pulmones a los peces–, ha argumentado también que los organismos moleculares, con su funcionamiento increíblemente complicado, parecen ser “irreduciblemente complejos”: quíteseles cualesquiera de sus partes y el organismo entero fallará. ¿Cómo un proceso lento y progresivo puede dar cuenta del funcionamiento interno de la célula, intrincado e interdependiente, cuando todas las etapas intermedias aparecen como no funcionales, como no adaptativas?

Las acusaciones expuestas anteriormente exceden por mucho la posibilidad de una refutación rápida debido a varias razones, incluyendo su conspicua sobreposición con las áreas mayores de la investigación actual de los biólogos, bioquímicos y teóricos de la evolución. Por lo tanto, la pregunta que viene a la mente cuando se revisan los desconcertantes argumentos de los antidarwinistas es si ellos han producido un argumento insuperable en favor de la idea de un diseñador sobrenatural, o si, simplemente, han llamado la atención acerca de las preguntas más apremiantes de la investigación evolucionista, una rama distinguida de la ciencia que, sin embargo, se encuentra en sus inicios comparada con los conocimientos que ya tenemos en otras áreas. ¿Podrían los antidarwinistas estar recordándonos que nuestro conocimiento de cómo llegamos a ser lo que somos es inferior a nuestro conocimiento sobre lo que ya somos?

Por mucho, los antidarwinistas piensan que ellos están haciendo más que señalar cuestiones interesantes que deben ser investigadas; lo que nos lleva a la tercera y unificadora acusación antidarwinista: que la ciencia rehúsa aceptar el argumento en favor de un creador sólo porque la ciencia es tan dogmática e ideológica como la religión. En este sentido, Phillip Johnson dijo a un grupo de politólogos que él era un “postmodernista y un deconstructivista igual que ellos, aunque en una dirección ligeramente diferente”. La ciencia ha descartado la posibilidad de un creador porque no es científica y por eso los darwinistas no pueden considerar, *a priori*, el argumento antidarwinista. Algunos antidarwinistas argumentan incluso que la



famosa contraseña de la ciencia –el criterio de falsabilidad de Karl Popper– no se aplica a la teoría evolucionista debido a que cada ola de malas noticias, cada carencia de fósiles, o cada aparente improbabilidad, son siempre superables por la sencilla razón de que una conclusión en otro sentido es un anatema.

Ésta es la acusación más grave del antidarwinismo: que el darwinismo es una suerte de empirismo extrapolado, por medio de la filosofía naturalista, a un dogma imbatible. Y es en este punto que las ruedas del antidarwinismo comienzan a caer, permitiéndonos escrutar su chasis ya en tierra.

La concepción antidarwinista del creador es la de un “dios de los abismos”; lo cual significa que más que ofrecer argumentos positivos, comprobables, falsables en favor de la intervención no naturalista del creador en la evolución, los antidarwinistas juegan el juego de los escépticos y lo hacen de manera inteligente. La confianza en sus ataques al darwinismo se basa en una serie de golpes a sus fundamentos empíricos (algunos mejores que otros) y en la conclusión subsecuente de que un diseñador no naturalista prevalece como la única explicación posible de la armonía inescrutable del mundo natural. ¿Es que la ciencia –según la sospechosamente postmoderna frase de William F. Buckley– en verdad “domina toda la cuestión acerca de Dios”? El problema es que algunos científicos así lo piensan, y lo hacen orgullosamente, y por lo tanto, sin saberlo, se coluden con los antidarwinistas para establecer límites que no pueden imponer lógicamente.

Cierto es que la ciencia descansa en una filosofía naturalista; ninguna disciplina de investigación carece de un grupo de principios primarios. Pero la filosofía inherente a la ciencia no es aquella que soporta la pregunta última acerca de Dios. En el libro de Robert Pennock, *Tower of Babel: the evidence against the new creationism*, él explica elegantemente las diferencias entre dos conceptos cruciales que los antidarwinistas y los científicos descuidados confunden. Entre los filósofos estos conceptos se llaman “naturalismo ontológico” y “naturalismo metodológico”, pero la diferencia es más simple de lo que parece.

Uno puede desarrollar un compromiso filosófico acerca del tipo de cosas que pueden y de hecho existen, una suerte de especulación que puede usurpar a Dios excluyendo la existencia de lo sobrenatural. Por otro lado, uno puede hacer la suposición más débil de que “las entidades sobrenaturales no intervienen para negar las regularidades naturales legítimas”. Esto es lo que hace la ciencia. La suposición no es



intrínsecamente atea, para la ciencia no hay problema en incluir a un Dios naturalista, o a un Dios sobrenatural, que actúa a través de fuerzas naturales y comprensibles. Este “naturalismo metodológico” simplemente descarta la posibilidad de detectar o confirmar la obra de un creador que actúa a través de fuerzas sobrenaturales. Es una decisión que permite la práctica de la experimentación controlada y repetible –porque ¿cómo podríamos comprobar las leyes naturales si aceptamos que las cosas suceden ocasionalmente sin causa natural? Es imposible conducir la práctica fundamental de la ciencia sin asumir esto, y los antidarwinistas necesitarán defenderlo también si quieren continuar citando datos experimentales en aras de sus propios objetivos.

Esta distinción es lo suficientemente sutil como para que los darwinistas y los antidarwinistas no la entiendan, ya que su idea clave es contraintuitiva: es el antidarwinismo, no la ciencia, el que define y constriñe los métodos de Dios y de la naturaleza. Pero no necesitamos aceptar una elección tan radical: la ciencia “ideológica” o Dios. Sólo necesitamos darnos cuenta de que la ciencia opina sobre la intervención sobrenatural únicamente cuando renuncia a sus exigencias de ciencia. Cuando uno sospecha que la ciencia está conspirando contra la fe, tal distinción suena como si la ciencia rehusara aceptar la existencia de Dios. Pero si uno se da cuenta de que las respuestas científicas son útiles precisamente debido a sus límites, entonces se hará evidente que la ciencia simplemente no puede opinar sobre asuntos sobrenaturales –sea para negarlos o para confirmarlos– porque carece de un método para hacerlo. Para bien o para mal, la ciencia se ocupa de leyes regulares, no del desorden irregular, quizás divino.

Las lecciones que podríamos obtener del antidarwinismo científico son tantas y tan diversas como sus exponentes, pero existen dos principales: una es estratégica, la otra empírica. El meollo del ataque antidarwinista –acusar a la ciencia de ideológica– es una artimaña, como podrán atestiguar los editores de *Social Text*, debido al engaño que Sokal les infligió hace unos años. La acusación sobre el discurso hegemónico se vuelve ahora contra la ciencia desde otros frentes culturales, y hasta que la crítica social de la ciencia llegue a ser más consistentemente sofisticada, grupos como el de los antidarwinistas científicos continuarán progresando con imitaciones de un importante pero complicado argumento. Por supuesto que la ciencia es practicada por humanos condicionados cul-

tural y socialmente; y, desde luego, esto significa que científicos con paradigmas sociales y culturales específicos se inclinarán hacia ciertas metáforas, defectos e intuiciones que implican ciertas conclusiones. Como el padre de los paradigmas, Thomas Khun, argumentó: la ciencia siempre sobrepasa los límites de sus reglas y de su lógica, pero eso no significa que sus conclusiones aceptadas sean arbitrarias. Todos los juicios científicos pueden, en cierto sentido, ser juicios subjetivos, pero algunos son todavía mejores que otros.

En el tema de la ideología, la teoría de la evolución sale ganando ante los antidarwinistas, pero su victoria empírica es menos segura. El meollo del antidarwinismo radica en su atención casi obsesiva a las preguntas apremiantes y a las dudas de la teoría de la evolución. Y aunque los antidarwinistas a menudo desvirtúan estos asuntos en provecho propio –lo cual, para ser justos, no es muy distinto de las inclinaciones partisanas de los ultradarwinistas y de los gouldianos–, por el simple hecho de destacar esta cuestión, nos recuerdan que la evolución, como una ciencia histórica, está lejos aún de su conclusión.

Al leer sus obras, ciertamente, uno se vuelve sensible a los vigorosos reclamos de los psicólogos evolucionistas y de los sociobiólogos que buscan las claves de la conducta humana en el origen adaptativo del cerebro.

El cerebro evolucionó –este hecho no debería ser negado–, pero si no tenemos confianza en el registro fósil como para explicar de manera precisa cómo es que las aves evolucionaron a partir de los dinosaurios, deberíamos preguntarnos qué tan preparados estamos como para suponer la evolución de la conducta humana a partir de necesidades y deseos prehistóricos que nunca hemos observado. Benjamin Disraeli pudo haber sabido que estaba hecho de materia celestial, pero para aquellos de nosotros, de mentes menores y de materia simia, la humildad es todavía necesaria.

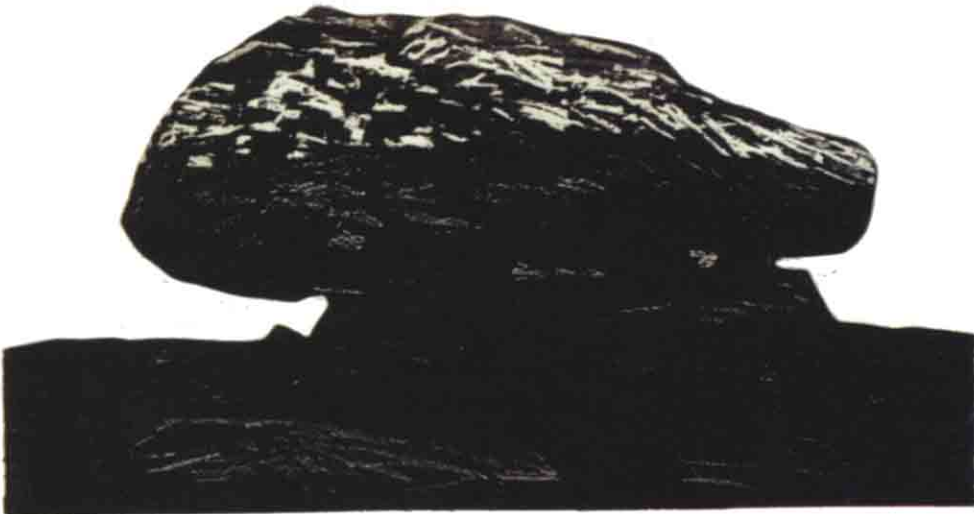
N O T A

¹ El autor se refiere a la edición de la revista *Time* (8 de marzo de 1999), Vol. 153; núm. 9. El número está dedicado a “Science and Society” y la referencia es al artículo titulado: “What girls are made of. Are men really bred for promiscuity while women seek a stable provider?...new evolutionary research...”

Texto tomado de la revista electrónica *Feedmag* (www.feedmag.com). Traducción de Anamaria Ashwell.



S U N W S E



A R A N

E conocimiento científico

Douglas J.
Futtuyma

Es hora de que los que estudian el proceso evolucionario, aquellos a quienes los creacionistas han usado y han citado de través, digan claramente que la evolución es un hecho, no un teoría... Los pájaros vienen de seres que no eran pájaros, y los humanos de seres no humanos. Nadie que pretenda tener el más mínimo conocimiento del mundo natural puede negar estos hechos, del mismo modo que no se puede negar que la Tierra es redonda, que da vueltas sobre su eje y que gira alrededor del Sol.

RICHARD C. LEWONTIN

Antes de mediados de los años 1930, la ciencia en Rusia se defendía con orgullo. Tan sólo en genética y evolución, los nombres de Vavilov, Dubinin, Timofeef-Ressovsky, Severtzov, Schmalhausen, y muchos otros se equiparaban a los mejores investigadores de Inglaterra, Alemania o los Estados Unidos. Entonces vino Trofim D. Lysenko, un hombre poco entendido en ciencias pero con un buen sentido de la orientación política. Sin ofrecer pruebas científicas sino a base de retórica marxista obtuvo apoyo de Stalin para sus teorías genéticas. Al cabo de una década, los mejores científicos de la Unión Soviética habían sido encarcelados, ejecutados o silenciados.¹ ¿Por qué?

Según Lysenko, el mendelismo era "la herramienta de la sociedad burguesa", especialmente porque sostenía que el gen no podía ser alterado sino por mutación, y que la dirección de la mutación era aleatoria, lo que significaba que el cambio mutacional no podía ser determinado por el hombre ni por el entorno. Para Lysenko eso debía ser erróneo porque la naturaleza, tal como lo explicaba la doctrina marxista, tenía que ser indemostrable y perfectible. Adoptando una especie de lamarckismo, Lysenko se propuso no sólo destruir a sus rivales mendelianos sino transformar la agricultura soviética. Se pueden crear variedades mejoradas de granos, decía, permitiendo que el entorno altere sus propiedades hereditarias. En una sola generación podía transformar trigo de invierno en trigo de primavera cambiando simplemente la temperatura en la que crecía. Llegó aún más lejos, diciendo que las especies podían ser transformadas en otras especies a voluntad: el trigo en centeno, por ejemplo, si se las plantaba en el medio ambiente adecuado. La idea darwiniana de que los miem-

bros de una especie compiten por las necesidades de la vida era una invención de la ciencia burguesa que se usaba para justificar la lucha de clases en una sociedad capitalista. No podía haber competición inherente en la naturaleza, sólo altruismo. Las semillas debían ser plantadas por grupos para que todas menos una “se sacrificaran por el bien de la especie”.

Logrando rápidamente el mando de la biología y la agricultura soviéticas, Lysenko lo destruyó todo. A partir de los años 1930, la investigación biológica en la Unión Soviética se pervirtió para satisfacer las metas de Lysenko, y la producción agrícola, de quebranto en quebranto, terminó en desastre. Lysenko no había presentado nunca prueba alguna de sus afirmaciones, pero su poder político lo hacía inatacable. No fue depuesto sino hasta 1965 y, desde entonces, la biología soviética ha estado luchando para alcanzar a Occidente.

Siniestra historia, cierto, pero ¿qué se aprende de ella? Que la realidad se niega obstinadamente a ceder a nuestros deseos o ideologías. Los genes no pueden ser alterados para ajustarse a nuestros fines, por mucho que queramos. La verdad no puede ser establecida por el Partido Comunista, ni por el voto de una sociedad democrática ni por una junta de rectores. La realidad no cede ante objetivos ilusorios. Hay sin duda mucha gente que cree en los unicornios o



en las predicciones de la astrología o en la trasmigración de las almas, porque estas creencias satisfacen sus necesidades emocionales. Estas necesidades, por muy poderosas que sean, no harán que los unicornios o las influencias astro-lógicas o la metempsicosis sean realidad. Tampoco nuestros deseos logran que las realidades desagradables se desvanezcan; la muerte y la enfermedad son tristes realidades.

En vista de ello, ¿cómo deberíamos interpretar objeciones creacionistas a la enseñanza de la evolución como la de que es perjudicial para el niño porque “contradice su conciencia innata de realidad y por ende tiende a crearle conflictos morales y emocionales”, “tiende a eliminar toda restricción moral y ética”, “puede tender a privar a la vida de sentido y finalidad”, “lleva a la convicción de que el poder es lo que cuenta”?³ En otras palabras, no hablen a la gente de evolución porque es desagradable, como la muerte. Nieguen la realidad de la evolución y el niño quedará a salvo de conflictos emocionales y de inmoralidades.

Aunque estas acusaciones fuesen ciertas, no tendrían pertinencia alguna para la cuestión de si la evolución es o no un hecho. La ciencia es la ciencia sólo si se limita a determinar la naturaleza de la realidad. El sello distintivo de la ciencia no es la pregunta “¿deseo creer tal cosa?”, sino la pregunta “¿qué evidencia hay?” Es esta exigencia de pruebas, este hábito de escepticismo cultivado, lo más característico de la forma científica de pensar. No es exclusiva de la ciencia pero tampoco es universal. Mucha gente se sigue aferrando a creencias tradicionales aun a la vista de pruebas que las desmienten, por ganas de hacerse ilusiones, por el deseo de seguridad y simplicidad. Pero el racionalismo, como ha dicho el filósofo de la ciencia Karl Popper, “siempre ha reivindicado el derecho de la razón y de la ciencia empírica para criticar y rechazar cualquier tradición, cualquier autoridad que se base en la mera sinrazón, el prejuicio o el azar”.³

En su mejor momento, la ciencia pone en tela de juicio no sólo las opiniones no científicas sino también las opiniones científicas establecidas. En ello está, de hecho, la fuente de todo progreso en la ciencia. Nuestro conocimiento puede progresar sólo si podemos encontrar errores y aprender de ellos. Gran parte de la historia de la ciencia consiste pues en rechazar o modificar opiniones que en algún momento fueron de convicción general. Los geólogos creían antes que los continentes estaban fijos, pero ahora creen en la deriva





continental. La teoría newtoniana de la física se considera ahora como un caso especial de una teoría más amplia, de la que la relatividad es parte. Los científicos se dan cuenta, si es que tienen un ápice de sensatez, que todas sus creencias actualmente aceptadas son provisionales. En ese momento son las mejores explicaciones existentes, pero las investigaciones futuras pueden demostrar que son falsas o incompletas.⁴ Nunca está de más hacer hincapié en ello. A diferencia de los fundamentalistas que no consideran la posibilidad de estar equivocados, los buenos científicos nunca dicen que han encontrado la "verdad" absoluta. Lean cualquier artículo científico y encontrarán las conclusiones arropadas con términos como "aparentemente", "según parece".

Los científicos aceptan la incertidumbre como una realidad de la vida. Hay quienes no se sienten cómodos si no tienen respuestas definitivas y eternas; los científicos se avienen a la incertidumbre y la mutabilidad como rasgos fundamentales del conocimiento humano. La ciencia no es la adquisición de la verdad; es la búsqueda de la verdad.⁵

El panorama que acabo de pintar es, desde luego, un poco idealista. De hecho los científicos son tan humanos como la demás gente. Creen que lo más probable es que una u otra hipótesis sea cierta, y se enzarzan a veces en auténticas batallas para defender sus ideas. Las creencias de los científicos están también moldeadas por su entorno político, social y religioso. No cabe duda alguna de que Darwin y Wallace fueron llevados a la idea de la selección natural porque el sistema económico inglés de su tiempo daba importancia a la competencia, la libre empresa y el

progreso económico. La historia de las pruebas de coeficiente intelectual muestra que los científicos pueden verse a menudo llevados a conclusiones erróneas por sus creencias sociales. Los psicólogos de principios de este siglo "sabían" que había diferencias hereditarias fijas en la inteligencia de una raza a otra, e interpretaban todos los datos que encontraban a la luz de esta idea.⁶ Uno de los pioneros de las pruebas de CI, H.H. Goddard, "descubrió", al aplicar la prueba a inmigrantes, que 79% de los italianos, 83% de los judíos y 87% de los rusos examinados eran "débiles mentales". Claro está que la prueba de CI estaba en inglés.

Así es que el retrato común del científico como poseedor de un intelecto abstracto, imparcial, desapegado, no tiene fundamento alguno en la realidad. A menudo los científicos son muy tercos, aun a la vista de evidencia refutatoria; y también a menudo no son particularmente inteligentes. La gama de científicos, como la de cualquier grupo de gente, va de los brillantes a los medianamente estúpidos. Casi todos los científicos han dicho alguna vez en su vida una burrada, y los hay que las dicen habitualmente.

Si los científicos pueden ser tan parciales, subjetivos y tontos como cualquiera, ¿por qué deberíamos dar algún crédito a lo que dicen sobre física, evolución, o las causas del cáncer? Porque a los científicos les motiva no sólo una búsqueda del conocimiento sino una búsqueda de la fama. Y no hay mejor forma de lograr fama para un científico que demoler las ideas existentes encontrando evidencias refutatorias, o proponer una teoría que explique mejor la evidencia. Esto significa que aunque los científicos, individualmente, cometen a menudo errores, el conjunto de científicos en un área termina por descubrir esos errores y trata de corregirlos. La investigación de todo científico depende de la investigación que han hecho otros en el área; así es que por puro interés propio todo científico escudriña el trabajo de otros minuciosamente, para asegurarse de que sea fiable. La ciencia es un proceso de autocorrección.

¿Cómo se encuentran los errores? En primer lugar, la mayor parte de revistas científicas manda los artículos a revisión antes de aceptarlos para su publicación. Se espera de un artículo que presente no sólo datos experimentales sino una descripción detallada de los métodos por los que se obtuvieron esos datos para que otros puedan repetir el experimento. Los revisores analizan estos artículos y a menudo los rechazan por cualquiera de estas razones: datos insufi-



cientes, métodos erróneos, mal uso de las estadísticas, deducciones injustificadas. Cerca de la mitad de los artículos sometidos a *Evolution*, la revista que yo dirijo, son rechazados por este tipo de deficiencias.

Desde luego que no todos los errores se detectan en esta etapa. Pero muchos de los que pasan desapercibidos aquí los señalan otros investigadores en artículos que publican después. Cualquier supuesto hecho o teoría que tenga la más mínima importancia se pone a prueba rápidamente para ver si se pueden confirmar los resultados. Hace poco, por ejemplo, algunos investigadores afirmaron que la resistencia inmune adquirida durante la vida de un individuo podía transmitirse genéticamente. Esta pretensión de resabios larmarckianos es contraria a la genética y a la teoría evolucionista; de ser cierta sería importantísima. Pero otros inmunólogos trataron inmediatamente de repetir las observaciones y no lograron corroborarlas.⁷ Una afirmación así se mantendrá en suspenso o será rechazada rotundamente por la comunidad científica.

Existen incluso casos de fraude. Un caso publicado recientemente es el del ya fallecido Cyril Burt, cuyos datos sobre el CI de gemelos separados proporcionaron la principal evidencia de un fundamento genético de la variación en CI. Los críticos de Burt han encontrado ahora discrepancias en



sus datos, e incluso sus defensores han terminado por admitir que puede que haya inventado información,⁸ pero estos casos son rarísimos, porque cualquier científico que se precie sabe que sus datos deben resistir el escrutinio.

El resultado de este proceso de exploración y corrección es que en cualquier momento los científicos tienen un corpus de saber y entendimiento que es fiable dentro de los límites de lo que se puede saber en ese momento. Por eso yo, como biólogo, puedo tener confianza, digamos, en la datación radiométrica o en la teoría atómica de las reacciones químicas aun sin tener un conocimiento personal de estos campos. La datación radiométrica es tan crucial para la física y la geología que no se usaría tanto si su validez no se hubiera corroborado repetidamente. Un científico, por lo tanto, no apela a la autoridad de ningún otro científico para justificar sus creencias, sino a todo el conjunto de la práctica científica. Hasta ahora he estado hablando de ciencia sin definirla. Mucha gente supone que la ciencia es la recolección y catalogación de hechos, pero es mucho más que esto. Darwin lo vio con claridad:

Hace unos treinta años se hablaba mucho de que los geólogos sólo debían observar, y no teorizar; y





yo me acuerdo bien de alguien que dijo que siendo así daba igual que uno se fuera a una cantera de grava, contara cada guijarro y describiera sus colores. ¡Qué raro es que no se den cuenta de que toda observación, para que sirva de algo, debe hacerse para confirmar o rechazar alguna opinión!

Eso quiere decir que la ciencia consiste en una búsqueda de explicaciones. El *Oxford English Dictionary* define la ciencia como:

Una rama de estudios que trata de un conjunto de verdades demostradas o hechos observados, clasificados sistemáticamente y más o menos correlacionados porque están supeditados a leyes generales, y que abarca métodos fidedignos para el descubrimiento de nuevas verdades dentro de su ámbito.

Ya he descrito algunos de estos “métodos fidedignos”. Lo que los hace fidedignos es su repetibilidad. Una observación se acepta como “hecho” científico sólo si puede ser repetida por otros individuos que sigan los mismos métodos. Así, pues, la percepción extrasensorial no es considerada como un hecho por la mayoría de los científicos, porque hasta ahora los observadores escépticos no han podido verificar las afirmaciones de quienes dicen que poseen este tipo de percepción.

Pero, ¿cuáles son las “verdades” que se supone debe descubrir la ciencia? La “verdad”, según el mismo diccionario, es “conformidad con el hecho, correspondencia con la realidad”. El “hecho”, a su vez, es “suceso, algo que ha ocurrido realmente; cosa que tiene existencia efectiva, una verdad conocida por observación efectiva o testimonio auténtico”. Pero ¿qué conocimiento u observación sirven para establecer algo como un hecho? Desde luego que no el del vulgo. Es muy posible que la mayoría de la gente en el mundo no sepa el hecho de que la Tierra gira alrededor del Sol. Entonces, ¿qué tipo de observación establece un hecho? No necesariamente la observación directa. Vemos el Sol cruzar el firmamento, pero no el hecho de la rotación de la Tierra. Aceptamos el hecho de que la materia está hecha de átomos, pero no tenemos experiencia personal de ellos. En el sentido científico, entonces, los “hechos” deben ser proposiciones convenidas por individuos que han aplicado repetidamente métodos

rigurosos, controlados, de observación directa o indirecta. Todos los hechos, excepto los más triviales (“hay una silla azul en mi oficina”), empiezan su vida como hipótesis, y llegan a la “adulterez factual” cuando unos cuantos entendidos se ponen de acuerdo sobre ellos. La rotación de la Tierra fue alguna vez una hipótesis; ahora es un hecho. Los hechos son meras hipótesis que están bien respaldadas por la evidencia existente.

La palabra “hipótesis” significa para mucha gente una especulación no fundamentada. Pero en la ciencia no es así. Como explica Peter Medawar:

La mayor parte de las palabras de vocabulario del filósofo, entre ellas la propia palabra “filósofo”, ha cambiado de uso en los últimos siglos. La palabra “hipótesis” no es una excepción. En un vocabulario profesional moderno una hipótesis es una concepción imaginativa de lo *que puede ser verdad* en forma de una declaración con consecuencias deductivas verificables. Ya no arrastra las connotaciones de “gratuita”, “mera”, o “descabellada”, y su uso peyorativo (“la evolución es una mera hipótesis”, “decir que fumar causa cáncer no es sino una hipótesis”) es uno de los rasgos visibles del escaso estudio.⁹

La diferencia entre un hecho y una hipótesis, entonces, estriba en una cuestión de grado, de cuánta evidencia existe. Aun así hay gente que tiene intereses creados en conclusiones científicas opuestas que dice a menudo que el objeto de su oposición es sólo una hipótesis o una teoría, y no un conjunto de hechos. Durante varios decenios hemos tenido pruebas sobradas de que fumar causa cáncer de pulmón, pero la industria tabacalera dice que no se ha “demostrado”, que esta correlación es una “hipótesis” y no un “hecho”. De la misma forma, los creacionistas dicen que la evolución es una teoría, no un hecho, y, por ende, algo no demostrado. Sin embargo, nada en la ciencia se demuestra jamás en este sentido. No hay hechos inmutables, cada afirmación científica es una hipótesis, por bien respaldada que esté. Nunca ha sido probado que la hemoglobina lleva oxígeno; existe tanta evidencia para esta afirmación que cuesta imaginar que pueda ser falsa. Sin embargo, todavía es concebible que alguna revolución en química pudiera cambiar por completo la teoría de los enlaces químicos y que tengamos que revisar nuestra noción de lo que hace la hemoglobina.



Es importante reconocer que no todos los “hechos” son susceptibles de investigación científica, simplemente porque algunas observaciones y experiencias son totalmente personales. No puedo probar que alguien quiera a su hijo o hija. Las emociones que cualquier individuo dice tener no son susceptibles de documentación científica, porque no pueden ser verificadas independientemente por distintos investigadores siguiendo una ruta prescrita de observación o experimento. Muchas experiencias y preocupaciones humanas no son objetivas, y por lo tanto no entran en el ámbito de la ciencia. Como resultado, la ciencia no tiene nada que decir de la estética o de la moral. No puede proporcionar una base objetiva sobre la cual juzgar si Beethoven escribió o no grandes obras musicales, o si una acción es ética o no. El funcionamiento de la sociedad humana, entonces, precisa sin duda principios que provienen de alguna fuente que no es la ciencia. Si bien la consecuencia puede aportar conocimiento objetivo, debemos buscar en otra parte la orientación sobre cómo usar ese conocimiento.

Los hechos científicos, como sugirió Darwin, no son por lo general muy interesantes a menos que tengan incidencia



en teorías que los expliquen. La “teoría” en la ciencia tiene un sentido muy especial. No significa mera especulación o conjetura. Tal como lo explica el *Oxford English Dictionary*, la teoría es más bien

un esquema o sistema de ideas y afirmaciones que se presenta como una explicación o relato de un grupo de hechos o de fenómenos; una hipótesis que ha sido confirmada o establecida por observación o experimento, y que se propone o se acepta como explicación de hechos conocidos; una declaración de lo que se sabe son las leyes generales, principios o causas de algo conocido u observado.

Así, pues, las teorías de la relatividad de la teoría newtoniana son conjuntos de declaraciones interrelacionadas que, combinadas, explican sucesos físicos. La teoría atómica es un conjunto de declaraciones sobre la estructura de los átomos que explica las reacciones químicas. La teoría de la tectónica de placas es un conjunto de declaraciones sobre las fuerzas que operan dentro de la tierra y que, entre otras cosas, son las causantes del movimiento de los continentes. Cada una de estas teorías está relacionada con un enorme número de fenómenos antes inconexos. La teoría de la tectónica de placas, por ejemplo, conjuga observaciones de sismología, geomagnetismo, geoquímica, y varias ramas de la geología terrestre y marina. De esta forma, cuando una teoría desentraña fenómenos hasta entonces misteriosos es probable que sea aceptada antes incluso de que haya suficiente evidencia. Sin embargo, cualquier teoría así formula predicciones, que después ponen a prueba la validez de la teoría. La teoría copernicana del sistema solar, aunque muy aceptada en el siglo XVII, no se puso a prueba definitivamente sino hasta los años 1830, cuando se verificaron las predicciones que hacía sobre el paralaje estelar (la dirección de una estrella desde distintos puntos en la órbita de la Tierra).

Un criterio para saber si una teoría científica es buena es que haga predicciones que, si se confirman posteriormente, sirvan para respaldar esa teoría. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que aunque la respalden, no demuestran que sea cierta. Siempre es posible que otra teoría, todavía por concebir, haga las mismas predicciones. Por lo tanto hay otro criterio importante para una buena teoría científica que acepta la



mayoría de los científicos. Se trata de la afirmación de Karl Popper de que una teoría, en principio, debe ser “falsable”.¹⁰ Es decir, una buena teoría no se limita a explicarlo todo; predice concretamente que ciertas observaciones, si se llevan a cabo, podrían demostrar que la teoría es errónea. Si alguien propone que las enfermedades son causadas por los malos espíritus, no hay forma en que yo pueda probar lo erróneo de esa teoría. Estos “espíritus” no serían detectables; y si actúan a capricho, no puedo formular predicciones sobre quién se enfermará y quién no. La teoría de los gérmenes, por otra parte, formula predicciones específicas sobre infectividad, condiciones físicas que favorecen la adquisición de la enfermedad, etcétera. Predice que una enfermedad no es causada por gérmenes si hay personas que la sufren que no han estado nunca en contacto con material infectado.

La forma más poderosa de ciencia, pues, consiste en formular hipótesis, a veces por observación y a veces por intuición, analogía u otras fuentes de percepción que no entendemos del todo; y deducir conclusiones de estas hipótesis que puedan someterse a prueba directa o indirectamente por observación o experimento. La puesta a prueba de hipótesis es el “conjunto de métodos fidedignos” a que se refiere el *Oxford English Dictionary*.

Si una teoría científica es la que puede ser corroborada por observaciones que concuerdan con sus predicciones, que puede ser falsada por observaciones o experimentos que son incompatibles con la teoría, y que se basa en observaciones objetivas que pueden ser repetidas por observadores capacitados, no parciales, una teoría no científica debe ser lo opuesto.

El teórico no científico vive dentro de una fortaleza inexpugnable, a salvo de la crítica porque el rasgo distintivo de las teorías no científicas es que no pueden ser falsadas. Están formuladas vagamente, o invocan agentes cuyas acciones no se pueden predecir, de modo que “explican” cualquier resultado posible de una situación. Sea cual fuere la personalidad que usted tenga, o sus antecedentes, un astrólogo encontrará alguna conjunción de los planetas que explique por qué es usted así, aunque como Sagitario “debería” ser lo opuesto.

De manera análoga, cualquier “teoría” que explique los fenómenos por recurso a las acciones de un ser supremo omnipotente y omnisciente, o cualquier otra entidad sobrenatural, es una teoría no científica. Yo podría postular que todas las acciones humanas son respuestas serviles a las sugerencias

de ángeles custodios e íncubos diabólicos, y nadie podría demostrar que estoy en error, pues tanto si las acciones de una persona parecen racionales como irracionales, buenas o malas, puedo traer a colación el poder de la sugestión sobrenatural. Yo podría también postular que Dios ha regido personalmente el desarrollo y la vida de cada criatura que en el mundo ha nacido, y si ustedes protestan diciendo que las leyes de la física, la química y la biología explican los fenómenos biológicos, yo podría contestar que a Dios en su sabiduría se le antoja actuar de una forma ordenada que toma la apariencia de leyes materiales de causalidad.

Como una teoría así no puede ser impugnada por observación alguna, no es científica. No es necesariamente errónea sino que no se presta a investigación científica. La ciencia no puede negar la existencia de seres sobrenaturales. La ciencia no puede probar que Dios no creó el universo. No puede probar que Dios no está manipulando electrones en las moléculas citocromas de nuestras mitocondrias. La ciencia no puede afirmar ni negar poderes sobrenaturales. La ciencia es el ejercicio de la razón, y como tal se limita a las cuestiones a las que nos podemos acercar por medio de la razón, cuestiones que pueden ser contestadas por el descubrimiento del conocimiento objetivo y la dilucidación de leyes naturales de la causalidad. Al abordar cuestiones sobre el mundo natural, los científicos deben actuar como si se pudieran contestar sin recurrir a poderes sobrenaturales. No puede haber estudio científico de Dios.

¿Cómo se aplican estas generalizaciones sobre la ciencia al problema de la evolución? Estamos frente a dos preguntas distintas. La primera es la pregunta histórica de si la evolución existe o no: ¿tienen las formas vivientes antecedentes comunes en formas anteriores de las que proceden? La segunda pregunta es: si la evolución ha ocurrido en realidad, ¿qué mecanismos han sido responsables de ella?

Las dos preguntas se han visto tradicionalmente englobadas en la expresión “la teoría de la evolución”. Pero quiero distinguir las con mucho cuidado pues considero que la primera pregunta se ha disuelto en hecho, y que la segunda pregunta entra en la categoría de lo teórico.¹¹ El conjunto de declaraciones sobre mutación, selección natural, deriva genética, etcétera, es la teoría de la evolución: es decir, la explicación del hecho histórico de que la evolución ha sucedido en realidad. La masa de evidencia de los registros geológicos, la embriología, morfología comparativa, bioquí-

mica y el resto de la biología demuestran indirectamente los antecedentes comunes de los organismos vivos en general a satisfacción de los biólogos. Puede parecer una base elitista para juzgar que una proposición es factual, pero no lo es más que el elitismo que aceptamos en los astrónomos o, para el caso, en los médicos que atribuyen las enfermedades a los gérmenes y no a los espíritus.

¿Por qué consideran los biólogos que la evolución es un hecho? En parte porque la hipótesis de la evolución está corroborada por una enorme masa de evidencia sólida, del mismo modo que incontables observaciones astronómicas corroboran la visión copernicana del sistema solar en lugar de la ptolomeica. Toda semejanza anatómica o bioquímica entre especies, toda estructura vestigial, todo patrón de distribución geográfica, todo fósil es coherente con la idea de evolución. Una y otra vez, nuevos descubrimientos, como el gran parecido del ADN humano con el de los simios, coincide con la idea de un antepasado común. Pero una buena hipótesis científica es más que corroboración; debe ser falsable. Y la hipótesis de que la evolución ha ocurrido podría efectivamente ser falsada. Un único fósil no discutido de una planta en floración o de un humano u otro mamífero en las



rocas del precámbrico podrían hacerlo. Millones de descubrimientos paleontológicos concebibles podrían refutar la evolución, pero nunca se ha presentado ninguno.

A diferencia del hecho histórico de la evolución, que está universalmente aceptada por biólogos calificados, la teoría evolucionaria, es decir, la teoría de la mutación, recombinación, selección natural, deriva genética y aislamiento, está sujeta a discusión, al igual que hay discusión acerca de cómo se regulan los genes durante el desarrollo, o de cómo se hacen los terremotos. Hay dos tipos principales de discusión que se dan en los círculos científicos. Se trata de discusiones filosóficas acerca de la si la teoría evolucionaria puede considerarse teoría científica, y de discusiones sustantivas sobre los detalles de la teoría y su suficiencia para explicar fenómenos observados.

Cabe preguntar si una teoría basada en eventos históricos puede someterse a prueba, pues estos eventos no son susceptibles de manipulación experimental u observación directa. Sin embargo, si no podemos aceptar la idea de que las teorías de la historia no se pueden someter a prueba, la mayor parte de los problemas estudiados por científicos dejan inmediatamente de prestarse a investigación científica; porque si exceptuamos algunos principios de la física y la química, la mayor parte de los fenómenos se debe explicar en parte recurriendo a la historia. Buena parte de la geología y la astronomía, por ejemplo, tratan de los fenómenos históricos. Prácticamente toda la biología es histórica. Si preguntamos por qué los bosques de Long Island están dominados por el pino en lugar del arce, la respuesta inmediata es que los suelos secos y arenosos de Long Island son más favorables a los pinos que a los arces; pero para quedar plenamente satisfechos debemos preguntar por qué Long Island tiene suelos arenosos. La respuesta es, desde luego, histórica: Long Island es un montón de grava suelta depositada por el glaciar más reciente y no tiene un suelo mineral formado a partir de un lecho de roca subyacente.

De hecho, los fenómenos históricos se pueden analizar científicamente porque constituyen patrones que muestran que la repetición de sucesos históricos está relacionada con determinada condición o condiciones que implican causalidad. Es difícil, y a veces imposible, poner a prueba rigurosamente una hipótesis acerca de cualquier evento histórico por sí solo como, por ejemplo, por qué la especie humana es el único "mono desnudo", y la mayor parte de las especulaciones sobre estos sucesos históricos unitarios deben quedar





como especulaciones más que como afirmaciones científicas rigurosas. Pero cuando se repite un determinado tipo de suceso histórico vemos si por lo general está relacionado con condiciones concretas que podríamos calificar de causas.¹² Por ejemplo, partiendo de material fósil y de la anatomía comparativa, se puede poner a prueba la hipótesis de que los nuevos rasgos de los organismos aparecen generalmente por modificación de rasgos preexistentes.

Luego se plantea una pregunta secundaria: ¿es falsable la hipótesis de la selección natural, o es una tautología? Si la teoría de la evolución se limitara a afirmar que "la selección natural es la supervivencia del más apto", y luego definimos el más apto como que es más capaz de sobrevivir, la selección natural sería efectivamente un concepto vacío no susceptible de ser sometido a prueba. La afirmación de que la selección natural es una tautología aparece periódicamente en la propia literatura científica, y de hecho la había planteado Karl Popper, el principal abogado de la verificabilidad en teoría científica. Sin embargo, Popper ha dicho recientemente que ahora cree que la selección natural puede ponerse a prueba: "la teoría de la selección natural no sólo se puede poner a prueba sino que resulta que, en rigor, no es universalmente cierta".¹³ De hecho, la noción de selección natural ha sido puesta a prueba muchas veces. Así, sabiendo que las aves generalizan los patrones de colores de un insecto a otro, se puede predecir y luego demostrar experimentalmente que si un insecto comestible se parece a una especie no comestible gozará de cierta protección ante la depredación, y que el grado de protección se incrementa con el grado de similitud respecto de la especie de gusto desabrido.¹⁴

La teoría neodarwiniana de la evolución también es claramente falsable porque podemos postular teorías alternativas que, de resultar ciertas, la harían superflua. La más obvia teoría alternativa es la lamarckiana. Si fuera cierto que las modificaciones adquiridas durante la vida de un organismo se pudieran volver hereditarias, muchas características de los organismos evolucionarían por influencia directa del entorno, y la selección natural no desempeñaría ningún papel importante en la dirección de la adaptación.

Éstas son preguntas filosóficas más amplias que se pueden plantear sobre la validez de la teoría evolucionaria, y la mayor parte de los biólogos queda satisfecho con las respuestas. Los biólogos no concuerdan universalmente, sin

embargo, en que la teoría neodarwiniana sea suficiente para explicar todos los cambios evolucionarios, y hay mucho debate sobre qué mecanismos de la evolución son los más importantes. Por ejemplo, algunos de los evolucionistas más eminentes sostienen que no toda evolución puede ser atribuida a la selección natural. Gran parte de la evolución puede proceder por deriva genética, de modo que no todas las diferencias entre especies son necesariamente soluciones adaptativas únicas para problemas de adaptación únicos. Además, según sostienen, las mutaciones no son aleatorias, en la medida en que ciertos tipos de mutaciones son más probables que otros. Sin embargo, casi todo el mundo concuerda en que la posibilidad de que ocurra una mutación no está influenciada por si el entorno la favorecería o no.

Otra área importante de debate es si las mutaciones de pequeño efecto son la única materia prima de la evolución. Aunque gran parte de la evolución ha procedido por cambios graduales, es posible imaginar mutaciones benéficas que podrían producir grandes cambios. Así, algunos morfólogos y paleontólogos sienten que algunos cambios importantes en la evolución pueden haber traído consigo "macromutaciones" con efectos grandes. Pero la teoría neodarwiniana no invoca ninguna ley natural que diga que las mutaciones deben tener efectos



pequeños. La razón para suponer que la mayor parte del cambio evolucionario ha sido gradual no es teórica sino empírica –por observación de que la mayor parte de las variaciones dentro de poblaciones estrechamente relacionadas y entre unas y otras se debe a muchos genes, cada uno con un pequeño efecto.

Finalmente, paleontólogos como Stephen Jay Gould han escrito que la teoría neodarwiniana es insuficiente para explicar el panorama más amplio de la evolución histórica.¹⁵ Al decir “teoría neodarwiniana” se refiere a la teoría genética “de núcleo duro” a la que muchos evolucionistas se afiliaron tras la “síntesis moderna” de los años 1940 y 1950: la creencia de que toda la evolución consistía en la acción de la selección natural sobre ligeras variaciones genéticas. Si ésta es la definición de la teoría neodarwiniana, entonces, como dice Gould, “la síntesis moderna es incompleta, no incorrecta”, pues una teoría así no explicaría las características no adaptativas ni, en sí, explicaría por qué han ocurrido ciertas series de eventos evolucionarios de larga duración. En particular, Gould y ciertos otros paleontólogos han postulado que las tendencias evolucionarias de largo plazo puede ser causadas no sólo por un cambio lento y constante en una dirección dentro de determinada especie, sino por un proceso a un nivel más alto al que los neodarwinistas no dieron importancia en la síntesis moderna: los coeficientes de extinción y de especiación.

Por ejemplo, si el linaje del *eohippus* al caballo moderno creció de tamaño a lo largo de 60 millones de años, cabe imaginar que esto fue resultado del cambio constante y penosamente lento de una sola especie. Pero la evolución de los caballos implicó mucha especiación: las especies proliferaron sin cesar en otras especies, unas más grandes y otras más pequeñas. Los paleontólogos como Niles Eldredge, Stephen Jay Gould y Steven Stanley favorecen esta interpretación: las nuevas especies, de distinto tamaño corporal, surgen con bastante rapidez. Los cambios de tamaño corporal se dan por el proceso de variación genética y selección natural, pero las especies más grandes tienden a sobrevivir más tiempo que las pequeñas especies antes de extinguirse. Como resultado, tienen más posibilidad de dar lugar a especies más grandes que la que tienen las especies pequeñas de dar lugar a especies pequeñas. Por lo tanto, en cualquier momento varias especies pueden estar evolucionando en ambas direcciones, pero se vislumbra una tendencia general hacia tamaños más grandes, precisamente por las diferencias en coeficientes de extinción. Estos coeficientes no se suelen tomar en cuenta en



la teoría neodarwiniana de la selección natural dentro de las especies. Si el punto de vista de Eldredge-Gould-Stanley es correcto, necesitamos una teoría de por qué algunas especies son más proclives a la extinción que otras, para complementar la teoría genética de la selección natural.

La razón por la que me entretengo en este tema es que los creacionistas se han abalanzado encantados sobre los escritos de estos paleontólogos, pues dicen que se está dando al traste con toda la estructura de la teoría evolucionaria. Según Gish, “los evolucionistas están diciendo... que la selección natural no ha aportado ninguna contribución a la trayectoria general de la evolución”.¹⁶ Pero eso no es en absoluto lo que dicen los paleontólogos. Éstos sólo afirman que la “macroevolución”, la historia de la vida, incluye sucesos importantes, como la extinción, que no se pueden estudiar en el contexto de la “microevolución”, es decir, de los cambios genéticos de una determinada especie. Así, pues, Gould sostiene que “la macroevolución puede pretender una cierta independencia teórica”: que para comprender la historia de la vida hace falta más información de la que pueden dar los estudios genéticos, falta todo un nivel de teoría que incorpore la teoría genética y se sume a ella.

Los debates y controversias de este tipo se plantean constantemente en la ciencia evolucionaria y en cada disciplina científica. No indican que el campo se encuentre vacilante, al filo del caos y la desesperación sino que la investigación científica está floreciente: que la gente ha encontrado preguntas no exploradas que contestar y nuevas y mejores teorías con las que ampliar el alcance del entendimiento humano. Nuevas ideas surgen constantemente y, o



bien pasan por el reto de la prueba científica, o terminan en el olvido. ¡Qué distinta es la ciencia del creacionismo! Los creacionistas, como ellos mismos lo admiten, no pueden poner a prueba su teoría. Según Gish, los animales y las plantas "llegaron a la existencia por actos de un Creador sobrenatural, mediante procesos que ahora no son operativos".¹⁷ ¿Cómo, entonces, podrían ser examinados por los métodos de la ciencia? Gish dice luego:

No sabemos cómo el Creador creó, qué procesos usó, *porque usó procesos que ahora no operan en ningún lugar del universo natural...* no podemos descubrir por investigaciones científicas nada acerca de los procesos creativos usados por el Creador" (subrayado en el original).¹⁸

Justamente porque es científicamente imposible investigar procesos sobrenaturales, hoy los creacionistas no pueden ofrecer pruebas de la creación como tampoco las pudieron ofrecer en 1859. Se limitan a repetir los mismos argumentos que han usado durante siglos —ninguna idea nueva, ninguna información nueva. Ahí donde la ciencia libera y ejercita el intelecto humano, el creacionismo sostiene que el intelecto es impotente. Donde la ciencia ofrece el optimismo que viene del entender, el creacionismo lo niega. Donde la ciencia crece, el creacionismo se estanca. Donde la ciencia ofrece el método de puesta a prueba de hipótesis para justificar sus afirmaciones, el creacionismo ofrece la fe ciega en la autoridad de un solo libro y de sus más rígidos intérpretes.

N O T A S

¹ Medvedev, Z.A., *The rise and fall of T.D. Lysenko*, Columbia University Press, Nueva York, 1969.

² *Scientific creationism*, p. 15. Las citas son parte de una lista de objeciones a la enseñanza exclusiva de la evolución, que empieza como se cita en la nota 38 del cap. 1, y sigue, "5. Los creacionistas creen que es perjudicial para el niño o joven porque contradice su conciencia de realidad innata y, por ende, tiende a crearle conflictos mentales y emocionales. 6. Tiende a eliminar toda restricción moral y ética en el estudiante y le lleva a una amoralidad animalésca en la práctica. 7. Puede tender a privar a la vida de sentido y finalidad en vista del concepto implantado de que el estudiante no es sino un producto azaroso de un proceso aleatorio y sin sentido. 8. La filosofía evolucionaria lleva a menudo a una convicción de que el poder es lo que cuenta, lo que conduce sea al anarquismo (evolución incontrolada) sea al colectivismo (evolución controlada)".

³ Popper, K.R., *Conjectures and refutations*, Harper & Row, Nueva York, 1963, p. 6.

⁴ *Ibid.* Véase también K. R. Popper, *The logic of scientific discovery* (Harper & Row, Nueva York, 1968). Sir Karl Popper goza de gran consideración como uno de los filósofos de la ciencia más sobresalientes e influyentes, y a él se debe primordialmente la articulación de la noción de que la ciencia progresa sobre todo planteando hipótesis de las que puede demostrarse que son erróneas si efectivamente son falsas.

⁵ Gould, S.J., *The mismeasure of man*, Norton, Nueva York, 1981.

⁶ Lewin, R., *Science* 213:316 (1981).

⁷ Dorfman, D. D., *Science* 201:1177, (1978).

⁸ En D. L. Hull, *op. cit.*, p. 9.

⁹ Medawar, P.B., *The art of the soluble*, Methuen, Londres, 1967.

¹⁰ Véase nota 4.

¹¹ No se trata de una afirmación puramente personal; véase, por ejemplo, R. C. Lewontin, *BioScience* 31:559 (1981) para una declaración similar, de un eminente especialista en genética.

¹² Lewontin, R.C., *Nature* 236:181 (1972).

¹³ Popper, K.R., *Dialéctica* 32:339 (1978). Véase también K. R. Popper, *New Scientist* 87:611 (1980).

¹⁴ Benson, W.W., *Science* 176:936 (1972).

¹⁵ Gould, S.J., *Science* 216:380 (1982); tb. *Paleobiology* 6:96 (1980).

¹⁶ Gish, D.T., *Impact*, núm. 43 (San Diego: Institute for Creation Research, 1977).

¹⁷ *Evolution: The fossils say no!* p. 11. "El modelo de la creación, por otra parte, postula que todos los tipos básicos de plantas y animales (las clases creadas) existen por actos de un Creador sobrenatural que empleó procesos especiales que hoy no son operativos".

¹⁸ *Ibid.*, p. 40. El fragmento omitido dice: "por eso nos referimos a la creación como a una creación especial". Sin embargo, en el uso más general, una "creación especial" significa creación separada de cada especie, no el sentido que Gish atribuye a la expresión.

Douglas J. Futuyma es profesor del Departamento de Ecología y Evolución de la Universidad Estatal de Nueva York. Este texto fue tomado de su libro *Science on Trial. The case for evolution*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts, 1995. Traducción de Gertrudis Payás.



L # # # # # #



#



3



0



2



6



F



6



#



1



1



X



L



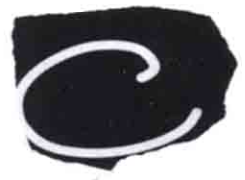
H



N



0



T



P



V



K



1



T



V



V



W



X



Y

Z

L

K

#

Conceptos biogeográficos

Raúl
Contreras Medina
Isolda
Luna Vega
Juan J.
Morrone

Los cambios en métodos son las armas más poderosas del progreso. Encontrar un hecho nuevo puede ser muy importante para la ciencia, pero desarrollar un nuevo método para interpretar globalmente hechos del pasado, presente y en parte, al menos, del futuro, es aún más importante. Las ventajas de un método nuevo son aseveradas razonablemente sobre la base de su eficiencia. Nunca ha habido un caso en toda la historia de la ciencia en que un método más eficiente haya sido descartado por uno menos eficiente.

LEÓN CROIZAT, 1964: VII

La biogeografía es la disciplina que estudia la distribución de los seres vivos, tanto en el tiempo como en el espacio, considerando también los procesos que dieron lugar a dicha distribución. Básicamente esta disciplina presenta dos vertientes: la biogeografía histórica y la biogeografía ecológica (Morrone y cols., 1996).

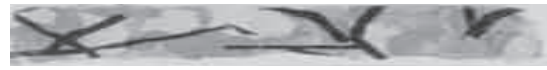
Dentro de la biogeografía histórica contemporánea existen tres enfoques para explicar la distribución de los seres vivos, a saber: el dispersalismo, la panbiogeografía y la biogeografía cladística. De ellos, el más antiguo es la biogeografía dispersalista, la cual se considera que se originó a partir de las ideas de Darwin y Wallace a mediados del siglo XIX (Crisci y Morrone, 1992). Este enfoque trabaja con taxones individuales, en el sentido de que son los organismos los que se dispersan sobre una geografía estable. Como reacción a la biogeografía dispersalista, a mediados del siglo XX surge la panbiogeografía, la cual fue propuesta originalmente por León Croizat (1958). Este autor hizo énfasis en el análisis conjunto de diferentes taxones para buscar patrones comunes de distribución, evitando analizar un solo taxón como se hacía tradicionalmente. Esto se debe a que organismos con

distintas capacidades de dispersión pueden compartir similitudes en sus distribuciones, ya que cualquier distribución en plantas de alguna u otra forma tiene su contraparte en los animales (Craw y cols., 1999). A partir de la combinación de la panbiogeografía con la sistemática filogenética de Willi Hennig, surge la biogeografía cladística en la década de los setenta (Espinosa y Llorente, 1993; Morrone y cols., 1996).

A pesar de las diferencias conceptuales y metodológicas entre los enfoques de la biogeografía dispersalista y de la panbiogeografía, en ocasiones se confunden algunos de sus términos. Nuestro objetivo es comentar y diferenciar algunos conceptos de ambas escuelas a partir de nuestras experiencias docentes con los estudiantes de los cursos de biogeografía.

DISPERSIÓN VERSUS MOVILIDAD

En un sentido amplio, el término dispersión implica el proceso mediante el cual un organismo es capaz de propagarse desde su lugar de origen hacia otro sitio (Udvardy, 1969). En el idioma inglés existen dos términos diferentes que a veces se confunden, pero que implican conceptos completamente distintos: *dispersal* y *dispersion*; ambas palabras hacen referencia a la dispersión en español. La primera se refiere al movimiento azaroso a grandes



distancias y atravesando barreras, que lleva a que la especie se establezca en nuevos sitios que antes no habitaba; por esta razón varios autores que escriben en español prefieren utilizar el nombre de biogeografía dispersalista en lugar de biogeografía dispersionista (e.g. Crisci y Morrone, 1992; Morrone y cols., 1996; Morrone, 2000), debido a que el primero se ajusta mejor al proceso más importante en esta escuela biogeográfica. *Dispersion* implica la expansión gradual del área de distribución bajo condiciones favorables del medio, lo que permite la ampliación del área de distribución original de una especie sin atravesar barreras. Sin embargo, en nuestro idioma un solo término (dispersión) alude a ambos conceptos y no existe diferencia entre ellos, por lo que no es raro que exista confusión.

Desde el punto de vista de Croizat, los organismos de una especie presentan una etapa de movilidad que consiste precisamente en la expansión del área de distribución original a todas las áreas con condiciones favorables posibles sin que intervengan barreras, generación tras generación (Figura 1A), lo que se podría definir como difusión a zonas adyacentes al sitio original de distribución de una especie (Espinosa y Llorente, 1993; Craw y cols., 1999). Como puede observarse, la movilidad no se relaciona con la dispersión de la escuela dispersalista, proceso que involucra el traslado a través de barreras (Figura 1B).

Si comparamos los dos términos del inglés con los enfoques biogeográficos, *dispersion* equivaldría a la etapa de movilidad en ausencia de barreras propuesta en la panbiogeografía, mientras que *dispersal* implicaría el proceso de cruzar barreras de la biogeografía dispersalista.

CENTRO DE ORIGEN VERSUS CENTRO DE MASA

Uno de los conceptos fundamentales de la biogeografía dispersalista se refiere al sitio particular del planeta donde se originó un determinado taxón –denominado centro de origen– a partir del cual se dispersó y adquirió su distribución actual (Croizat y cols., 1974). Aunque el significado de este concepto no representaría problema alguno, los criterios que se han utilizado para establecerlo son muy variables. Cain (1944) discutió trece criterios diferentes para reconocer centros de origen, los que en ocasiones pueden ser contradictorios entre sí al analizar el sitio probable de origen de un taxón. Ya en 1909, Adams (en Cain, 1944) reconoció que un criterio puede tener gran peso en algunos casos, mientras

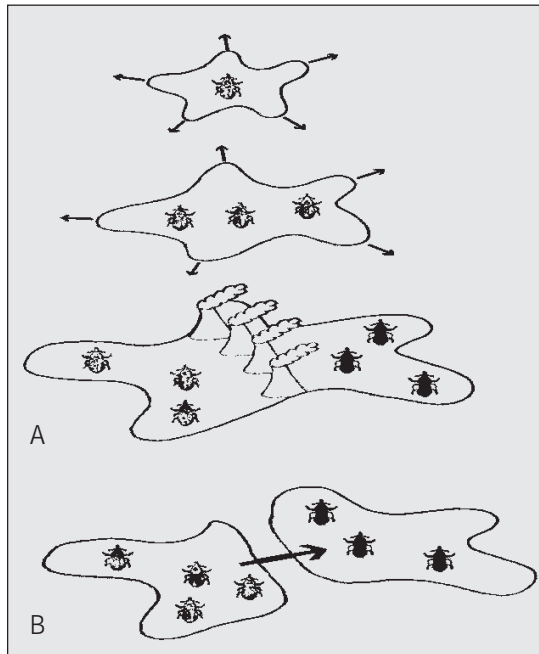


FIGURA 1. Comparación entre: A, periodo de movilidad de la panbiogeografía (dispersión) y posterior surgimiento de barreras; B, dispersión (*dispersal*).



que para otros grupos no tiene valor. Para mencionar algunos ejemplos, tomemos el género *Pinus*, la familia de las cactáceas, los marsupiales y el género *Pseudotsuga*. Los pinos están ampliamente distribuidos en el hemisferio norte. Según el criterio de ubicar el centro de origen de un taxón en el sitio con su mayor diversidad, este centro debería localizarse en México, debido a que es en nuestro país donde habita el mayor número de especies de pinos. Sin embargo, actualmente se considera que México es un centro de diversificación secundario. Para las cactáceas sucede algo similar, ya que México representa el país con mayor diversidad, pero se ha considerado que la parte norte de América del Sur es el centro de origen de la familia, según el criterio de localización de las formas más primitivas del grupo. En el caso de los marsupiales, Australia es el país con su mayor diversidad y por ello podría considerarse como su centro de origen, sin embargo, algunos autores sostienen que el estado norteamericano de Utah es el centro de origen del grupo, debido a que de ese lugar proviene el fósil de marsupial más antiguo conocido. El género *Pseudotsuga* presenta una distribución disyunta entre el norte de América y el este de Asia, considerándose al estado mexicano de Coahuila como el centro de origen (Figura 2A), basándose en el registro fósil más antiguo que se conoce (Domínguez, 1994).

Aunque existen otros problemas asociados con el concepto de centro de origen, como las ideas de dominancia, razas favorecidas y de dispersión a través de barreras, la falta de un solo criterio para reconocer tales centros es el mayor problema de la biogeografía dispersalista, sobre todo si se considera que en este enfoque una de las tareas fundamentales es precisamente determinar el centro de origen de los taxones estudiados (Croizat y cols., 1974).

En relación con los centros de origen, cabría hacer una aclaración. Suele pensarse que los biólogos que no siguen los principios de la escuela dispersalista, como aquellos que aplican los métodos de la biogeografía cladística y la panbiogeografía, niegan rotundamente que las especies se hayan originado en un área determinada. Ésta es una idea errónea, porque dichos biólogos no niegan la existencia de áreas donde se originaron las especies, pero determinar su ubicación no constituye un tema central de sus investigaciones, enfocadas más bien a la búsqueda de patrones comunes y no de historias biogeográficas individuales. Para ilustrar lo anterior, consideremos el caso de ciertos taxones que habitaron una parte de la Gondwana, específicamente África y América del Sur. Cuando estos continentes derivaron, separaron algunas poblaciones originalmente continuas de ciertos taxones. ¿Cuál sería su centro de origen? Actualmente no existe como tal el área original de distribución de dichos taxones, sin embargo existió y no carecería de interés encontrarlo, el problema sería ¿cómo?

El centro de masa es un concepto panbiogeográfico que se refiere al sitio donde se encuentra la máxima concentración de diversidad de un taxón dentro de su área de distribución

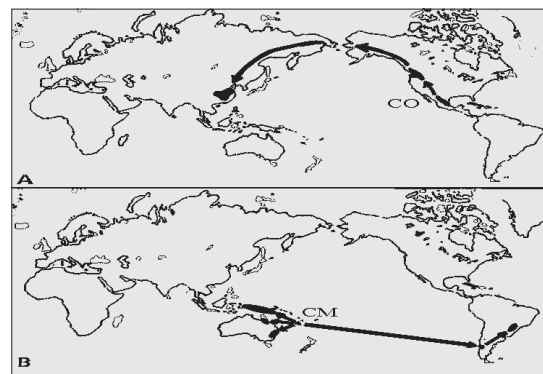


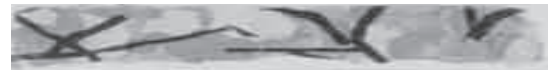
Figura 2. Comparación entre: A, centro de origen (CO) y rutas de dispersión de la escuela dispersalista, tomando como ejemplo al género *Pseudotsuga*; y B, centro de masa (CM) y orientación del trazo de la escuela panbiogeográfica, aplicado a la distribución del género *Araucaria*.



(Craw y cols., 1999). Junto con la línea de base y el análisis filogenético, constituyen los criterios para orientar o dar dirección al trazo individual de un taxón (Espinosa y Llorente, 1993). El centro de masa presenta el inconveniente de tener cierta similitud con el criterio de mayor diversidad para ubicar los centros de origen, por lo que frecuentemente se los confunde. Sin embargo, en el método panbiogeográfico, el centro de masa es el sitio a partir del cual se orienta el trazo, mas no el lugar en el que se originó el taxón y desde donde se dispersaron posteriormente los individuos pertenecientes al mismo. En la Figura 2B se muestra el trazo individual del género *Araucaria*, el cual fue orientado tomando en cuenta el criterio de centro de masa, ubicado en Nueva Caledonia, debido a que en esta isla habitan trece de las diecinueve especies conocidas (Setoguchi y cols., 1998); las líneas indican relación entre áreas y no la dirección de la dispersión.

RUTAS DE DISPERSIÓN VERSUS DIRECCIÓN DE LOS TRAZOS

En la biogeografía dispersalista, las rutas de dispersión representan un concepto que se refiere a los caminos que recorrie-



ron y atravesaron los individuos de cierto taxón para alcanzar su distribución actual, a partir de su centro de origen. En la literatura dispersalista dichas rutas generalmente se representan en una figura donde aparecen las áreas de distribución y una serie de flechas que indican la dirección de las rutas recorridas (Figura 2A). Por otro lado, cuando se dibuja un trazo individual en un mapa, su dirección u orientación se representa mediante una serie de flechas que conectan las localidades o las áreas de distribución del taxón (Figura 2B). Conceptualmente, el trazo individual representa el lugar en el espacio donde ocurre la evolución de un taxón (Morrone y cols., 1996).

Si se comparan ambas figuras, es notoria cierta similitud gráfica entre ellas; sin embargo, conceptualmente son completamente diferentes. En el primer caso, la ruta de dispersión indica la secuencia e historia de la dispersión, mientras que en el segundo, el trazo indica la relación de localidades o áreas como se comentó anteriormente, y no se analiza aisladamente, sino que se compara con los trazos de otros organismos pertenecientes a taxones diferentes. Pese a que la diferencia entre estos conceptos es importante, algunos autores como Savage (1982) han considerado a los trazos como rutas de dispersión.

Con respecto a las rutas de dispersión, los peces de agua dulce representaron un serio problema para los biogeógrafos de la primera mitad del siglo xx, ya que era difícil de imaginar el movimiento de algunos peces a través de tierras y mares para alcanzar su distribución actual, particularmente en el caso de ciertos grupos de peces que actualmente están separados por una gran masa de agua salada y cuyas relaciones indican que están emparentados. En este sentido, los métodos de la panbiogeografía representan una ventaja, al plantear que los continentes se mueven y llevan consigo a los seres vivos, permitiendo además considerar la existencia de biotas ancestrales.

A M A N E R A D E C O N C L U S I Ó N

A pesar de que ciertos términos y conceptos aparentan ser lo mismo o estar relacionados, como sucede con los comentados anteriormente, ellos implican principios y métodos diferentes aplicados en distintas escuelas biogeográficas. En parte esto se debe, tal vez, a que las representaciones gráficas son similares, por lo que los conceptos pueden confundirse, pero sus implicaciones biogeográficas son totalmente distintas. Si, por ejemplo, observamos de manera aislada el trazo individual de un taxón



particular, se puede interpretar erróneamente como la señalización de sus rutas de dispersión y centro de origen, mientras que en la panbiogeografía el análisis se realiza con varios taxones en forma conjunta, tratando de develar la existencia de biotas ancestrales y no de estudiar historias biogeográficas individuales, como sucede en la escuela dispersalista.

La panbiogeografía de Croizat vino a revolucionar la biogeografía, al reconocer las insuficiencias de los métodos dispersalistas y sugerir un método significativamente más apropiado (Morrone, 2000). Éste permite analizar áreas de distribución conjuntas de diversos organismos, buscar relaciones espaciales entre las mismas y reconocer los nodos, los cuales son áreas que representan fragmentos bióticos y geológicos ancestrales distintos, que se relacionan en espacio y tiempo como respuesta a algún cambio tectónico (Crisci y Morrone, 1992). En este contexto, la vicarianza representa el proceso causal primario en la biogeografía histórica, mientras que la dispersión es un fenómeno secundario (Croizat y cols., 1974).

Los patrones de distribución biótica que actualmente observamos son el resultado de una compleja interacción entre la evolución de la Tierra y la evolución de los seres vivos. La aplicación de métodos modernos en la biogeografía histórica, como los de la panbiogeografía, nos ayudan a develar parte de esta compleja historia.

A G R A D E C I M I E N T O S

Los autores desean expresar su agradecimiento a Adrián Nieto y a Othón Alcántara por sus valiosas sugerencias al manuscrito. El presente trabajo fue apoyado parcialmente por los proyectos PAPIIT IN205799 de DGAPA-UNAM, y 31879-N de CONACYT.

G L O S A R I O

Biota: conjunto de seres vivos (plantas, animales, hongos, algas y microorganismos) que habitan una determinada área geográfica.

Gondwana: antiguo continente del periodo Jurásico (aproximadamente hace 136 millones de años) que se originó por el rompimiento del supercontinente Pangea y que agrupaba a América del Sur, África, Australia, Nueva Zelanda, India y la Antártida.

Taxones: grupo de seres vivos de cualquier nivel en la jerarquía lineana (por ejemplo: *Homo sapiens*, mamíferos, angiospermas, etcétera).

Vicarianza: fenómeno por el cual el surgimiento de una barrera divide a una población o una biota en dos o más fragmentos, permitiendo que con el paso del tiempo cada uno evolucione aisladamente.

R E F E R E N C I A S

Cain, S. A., *Foundations of plant geography*, Hafner Press, Nueva York, 1944.
Craw, R. C., Grehan, J. R. y Heads, M. J., *Panbiogeography: Tracking the*



history of life, Oxford University Press, Nueva York, 1999.

Crisci J. V. y Morrone, J. J., "Panbiogeografía y biogeografía cladística: Paradigmas actuales de la biogeografía histórica", *Ciencias*, núm. especial 6, 1992, pp. 87-97.

Croizat, L., *Panbiogeography*, publicado por el autor, Caracas, 1958.

Croizat, L., Nelson, G. y Rosen, D.E., "Centers of origin and related concepts", *Systematic Zoology*, Vol. 23, Núm. 2, 1974, pp. 265-287.

Dominguez, F.A., *Análisis histórico-ecológico de los bosques de Pseudotsuga en México*, SARH, México, folleto técnico núm. 23. 1994.

Espinosa, D. y Llorente, J., *Fundamentos de biogeografías filogenéticas*, UNAM-CONABIO, México, 1993.

Morrone, J.J., "Entre el escarnio y el encomio: León Croizat y la panbiogeografía", *Interciencia*, Vol. 25, núm. 1, 2000, pp. 41-47.

Morrone, J.J., Espinosa, D. y Llorente, J., *Manual de biogeografía histórica*, UNAM, México, 1996.

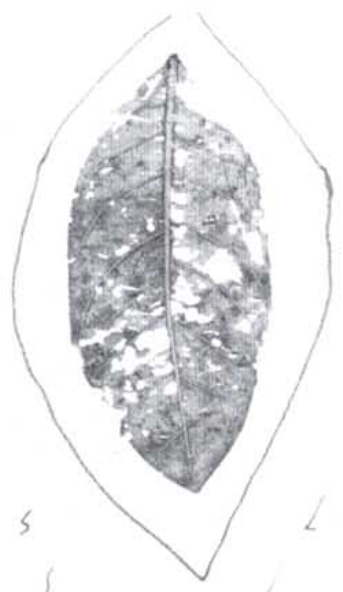
Savage, J., "The enigma of the Central American herpetofauna: Dispersal or vicariance?", *Annals of the Missouri Botanical Garden*, Vol. 69, núm. 3, 1982, pp. 464-547.

Setoguchi, H., Asakawa, T., Pintaud, J.-C., Jaffré, T. y Veillon, J.-M., "Phylogenetic relationships within Araucariaceae based on rbcL gene sequences", *American Journal of Botany*, Vol. 85, núm. 11, 1998, pp. 1507-1516.

Udvardy, M.D.F., *Dynamic zoogeography*, Van Nostrand Reinhold Company, Nueva York, 1969.

Raúl Contreras Medina, Isolda Luna Vega y Juan J. Morrone son profesores del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Handwritten symbols or characters at the top of the page, possibly representing a classification or identification code.



Handwritten labels and symbols below the drawing, including letters like 'S', 'L', 'A', 'N', 'D' and some symbols resembling 'E' and 'Z'.

La plasticidad

en las plantas

Jenaro M.
Reyes Matamoros
David
Martínez Moreno

Las plantas como organismos inmóviles no pueden eludir las condiciones ambientales desfavorables, lo cual ha originado que, a lo largo de su evolución, hayan desarrollado mecanismos que les permitan tolerar y superar las condiciones ambientales adversas (falta de agua, altas y bajas temperaturas, escasez de nutrimentos, depredación, etcétera). Entre los mecanismos adquiridos se encuentra la plasticidad. Debido a que la plasticidad es una medida de la cantidad o proporción en que las expresiones de las características manifiestas cambian a simple vista por los organismos debido al efecto de la variación ambiental, la plasticidad ha sido confundida con flexibilidad, estabilidad y regulación interna, llegando a la conclusión de que sólo se trata de homologías. Es conocido que la flexibilidad es la característica por la cual un organismo puede crecer y reproducirse en cualquier ambiente por variación de su forma o manteniendo una forma constante; estabilidad indica una condición en la cual no ocurren muchos cambios; y regulación interna es la tendencia de un sistema a mantener sus características morfológicas y fisiológicas constantes.

La plasticidad es un mecanismo que favorece a las especies ante condiciones heterogéneas, lo que hace que éstas respondan positivamente a la selección natural, definida como la preservación de las variaciones útiles y la eliminación de las nocivas; en términos generales es la descendencia con modificación.

Uno de los primeros en mencionar el término plasticidad fue Darwin (1859) en su libro *El origen de las especies*. Señala que en variedades y subvariedades de papa y dalia se presentan diferencias mínimas en estructura y desarrollo, lo cual hace que toda su organización presente cambios en su forma. Woltereck, en 1909, intuyó el término, mencionando que la plasticidad es una porción de los genes en organismos similares que responden cambiando en la forma debido a la heterogeneidad ambiental. No fue sino hasta 1965 cuando Bradshaw definió formalmente la plasticidad como una medida de la cantidad o proporción en que la expresión de las características de la forma cambian por efecto de la variación ambiental. Esta definición excluye la variación ocasionada por factores internos que influyen en el desarrollo del individuo, como su estado de desarrollo interno, el desarrollo de los órganos y la relación entre dos o más variables. Se debe aclarar que las variables ambientales pueden estar representadas por factores bióticos (enfermedades, depredación, etcétera) y abióticos (agua, luz, temperatura, humedad, sustrato, etcétera), que influyen en mayor o menor grado en el patrón de desarrollo, forma o funcionamiento de los organismos.

Las definiciones propuestas contemplan caracteres morfológicos, fisiológicos y ecológicos como respuesta a la heterogeneidad ambiental. Un ejemplo que involucra los tres caracteres es el mencionado por Schmid (1992), quien afirma que las plantas de las zonas áridas y semiáridas pueden cambiar su ruta metabólica de los ácidos tricarbóxicos (plantas MAC, las que dominan bajo condiciones de estrés hídrico) a la ruta metabólica C_3 , cuando las condiciones ambientales se tornan lo suficientemente húmedas, lo cual demuestra que estas plantas pueden, en determinado momento, invadir nuevos hábitats, dándoles ventajas ecológicas, creando con ello la posibilidad de que algunos individuos evolucionen con caracteres diferentes a los de los padres.

Otras hipótesis sobre la plasticidad incluyen a la heterocigota propuesta por Marshall y Jain (1968), quienes dicen que la plasticidad fenotípica y la variación genotípica representan medios alternativos de adaptación en las plantas ante variables ambientales, y que las especies con una mínima variabilidad pueden exhibir la mayor plasticidad y viceversa. La hipótesis ecológica de Schlichting y Levin (1984) sugiere que las especies con diferente ecología podrían tener dife-



rentes cantidades y patrones de plasticidad; estos mismos autores proponen la hipótesis de los parientes lejanos, planteando que el distanciamiento de las especies relacionadas podría tener diferentes cantidades y patrones de plasticidad. Por último, Lortie y Aarssen (1996) plantean la hipótesis de la especialización, la cual sustenta que la plasticidad de muchos caracteres no es producto de la selección, sino más bien producto de la adaptación especializada a condiciones ambientales particulares.

Lo anterior nos demuestra que la plasticidad juega un papel importante en el comportamiento de las plantas ante condiciones favorables o adversas, lo cual repercute en el éxito o la extinción de las especies.

ASPECTOS GENÉTICOS DE LA PLASTICIDAD

Las plantas poseen la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, ajustando su morfología y fisiología a través de la variación genética y la plasticidad en su forma. Schmid (1992) menciona que la variación de forma en las plantas puede estar o no relacionada con la variación genotípica y podría afectar caracteres ecológicos, morfológicos, fisiológicos, anatómicos, cariológicos y bioquímicos. Los cambios en caracteres morfológicos, fisiológicos y reproductivos han sido reportados para muchas especies de plantas.

La plasticidad de la forma constituye una parte importante de la habilidad de las plantas para sobrevivir en condiciones ambientales heterogéneas. Algunos estudios han comparado la plasticidad de la forma entre poblaciones silvestres de una sola especie, llegando a la conclusión de que la respuesta plástica en las especies es debida al efecto que el ambiente causa en los organismos.¹

Puesto que la plasticidad de la forma se refiere al hecho de que el mismo genotipo puede producir diferentes formas en ambientes heterogéneos, ésta juega un papel importante en la adaptación de las plantas a su ambiente natural representando una oportunidad para que las especies se distribuyan. Esto lo confirma Falconer (1986) diciendo que una baja correlación entre caracteres en dos ambientes refleja una alta plasticidad, teniendo como consecuencia que existan muchos cambios plásticos en la asignación que se consideran adaptativos. La asignación se restringe debido a que la correlación de caracteres medidos en distintos ambientes refle-

ce en un 34-53%. Además cuando la defoliación se lleva a cabo durante los estadios R4 y R5 se observa una fuerte disminución en la producción de semilla, contrastando con la falta de un efecto negativo de este carácter cuando las plantas son defoliadas al inicio del estadio reproductivo.³

En cacahuate (*Arachis hypogaea* L.), un 75% de defoliación aplicada a las once y quince semanas después de la siembra disminuye la producción de vainas, pero se observa una respuesta compensatoria en crecimiento e índice de área foliar cuando la defoliación ocurre en estadio vegetativo.⁴

Algunas respuestas compensatorias fueron documentadas en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), la densidad por m² redujo significativamente el número de ramas, número de nudos, área foliar y producción de semilla, aumentando el número de ramas de segunda categoría.⁵

Con respecto a la segunda pregunta, tomando en cuenta que la plasticidad en la forma por sí misma está dentro del control genético y sujeta a la presión selectiva, la plasticidad tiene como fin incrementar la probabilidad de persistencia de una población (o varias) a través del tiempo, permitiendo así su distribución geográfica e incrementando la tolerancia a diferentes hábitats.

En los agrosistemas, donde las condiciones ambientales son modificadas drásticamente por la aplicación de las escardas (remoción de especies ajenas al cultivo) y por el manejo que se hace de las plantas con la finalidad de incrementar la producción del órgano con interés antropocéntrico, las plantas presentan diferentes normas de reacción, y si no presentan variación genética, su conocimiento nos brinda la oportunidad de estudiar cómo ocurre su evolución por medio de la selección. Además, la plasticidad puede ser adaptativa, ya que si los organismos presentan un amortiguamiento a las condiciones ambientales adversas y favorables por medio de caracteres morfológicos y fisiológicos, la plasticidad adaptativa contribuye al mantenimiento de la adecuación relativa a ambientes heterogéneos.

En algunos estudios en plantas cultivadas bajo condiciones de invernadero, se han cuantificado las respuestas por efecto de la defoliación simulando el daño que podrían causar los insectos por herbivoría. En maíz (*Zea mays* L.), al remover dos o tres hojas a las dos semanas después de la siembra se afecta la producción de raíz y vástago, la duración del periodo de floración y el peso total de la planta. Mientras que al inducir una infección con larvas de *Diatraea grandiaurella* en dos cultivares de maíz, se redujo su crecimiento y se afectó la cantidad de polen y el área foliar total, sin producir hijuelos.⁶



En plantas de soya (*Glicine max* L.), una defoliación del 70% disminuye la asignación a raíz, tallo y hojas debido en parte a una baja fijación de nitrógeno, afectando la tasa fotosintética. Pero la remoción de un 30-40% en estadio vegetativo e inicio de la floración y un 10% en estadio reproductivo, incrementa el número de ramas y la longitud de vainas, presentándose de esta manera un efecto compensatorio.⁷

En tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), hasta un 30% de remoción de hojas no presentaron efectos significativos en la producción de frutos, pero con un valor superior a 30% de defoliación, la reducción de biomasa en frutos fue mayor en las plantas cultivadas y la tolerancia que se presentó se debe al almacenamiento en raíz y tallo.⁸

En gramíneas, Wallace y cols. (1984), al aplicar tres niveles de corte (2-5 cm, 3-6 cm y 10-15 cm) registraron diferencias en la conductancia estomática, la transpiración y la fotosíntesis afectando la morfología y el área foliar. Mientras que en plantas de *Danthonia spicata*, al someterlas a un gradiente de luz de 100, 22 y 6% se afectó la floración y sobrevivencia. Asimismo, en suelos fértiles e infértiles, la raíz de pastos de *Agrostis stolonifera* y *Scirpus sylvaticus* presentaron plasticidad morfológica reduciendo las alteraciones en la proporción raíz: vástago, dando ventajas a estas especies en hábitats competitivos o debido a la pérdida de sus partes por herbivoría.⁹

En plantas de trébol blanco (*Trifolium repens* L.), con un 60% de defoliación, la materia seca total y el contenido de nitrógeno total disminuyen considerablemente. Pero la remoción incrementa el peso seco del vástago a los siete días después del corte compensando de esta manera las pérdidas iniciales por herbivoría y, como consecuencia, no se presentan cambios en el peso seco del vástago a los 28 días después del corte de las plantas, lo cual puede ser interpretado como tolerancia.¹⁰

Finalmente, Martínez (1999) determina el efecto de la remoción apical sobre la morfología de las plantas de Amarantho en condiciones de campo e invernadero, bajo dos tratamientos de corte (10 y 40%) del ápice. Las plantas presentaron cambios morfológicos y de asignación de biomasa, demostrando una gran capacidad de tolerancia al corte y a la sobrecompensación como resultado del mismo, lo que se considera como una expresión de plasticidad de las especies debido a un incremento en el número de meristemos desarrollados para la producción de nuevas ramas y hojas.



G L O S A R I O

Asignación: distribución diferenciada de la savia elaborada durante el desarrollo de la planta.

Meristemo: tejido en activa multiplicación celular para formar y diferenciar los órganos de una planta.

Plantas MAC: las plantas MAC o CAM (Metabolismo Ácido de las Crusuláceas) llevan los dos ciclos, es decir, C₃ y C₄. Dichas plantas son capaces de tolerar una sequía extrema.

Vástago: brote o tallo, en especial el que se forma en la base de la planta o en las axilas de las hojas.

B I B L I O G R A F Í A

¹ Hume, L. & P.B. Cavers, "Geographic variation in a widespread perennial weed, *Rumex crispus*. The relative amounts of genetic and environmentally induced variation among populations", *Canadian Journal Botany*, 60, 1982, pp. 1928-1937.

² Phillip, G. & W.B. Showers, "Corn growth response to larval *Armyworm* (Lepidoptera: Noctuidae) defoliation", *Iowa State Journal Research*, 62, 1987, pp. 279-292.

³ Board, F.J. & B.G. Harville, "Soybean yield component responses to a light interception gradient during the reproductive period", *Crop Science*, 33, 1993, pp. 772-777.

⁴ Jones, W.J., C.S. Barfield, K.J. Boote, G.H. Smerage & J. Mangold, "Photosynthetic recovery of peanuts to defoliation at various growth stages", *Crop Science*, 22, 1982, pp. 741-746.

⁵ Caprio da Costa, J., "Efecto de la densidad de la población en la morfología, asignación de materia seca y de la energía, y eficiencia en la producción de semilla en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)". Tesis Doctoral. CP. Montecillo, Texcoco, 1981, p. 221.

⁶ Rosenthal, P.J. & S.C. Welter, "Tolerance to herbivory by a stem-boring caterpillar in architecturally distinct maize and wild relatives", *Oecologia*, 102, 1995, pp. 146-155.

⁷ Verma, R., A. Kawasthi & B.S. Chodhary, "Effect of artificial defoliation on plant growth and seed weight of soybean (*Glycine max* L.)", *Indian Journal of Agricultural Science*, 62, 1992, pp. 290-292.

⁸ Welter, C.S. & J.W. Steggal, "Contrasting the tolerance of wild and domesticated tomatoes to herbivory: agroecological implications", *Ecol. Applications*, 3, 1993, pp. 271-278.

⁹ Crick, C.J. & J.P. Grime, "Morphological plasticity and mineral nutrient capture in two herbaceous species of contrasted ecology", *New Phytology*, 107, 1987, pp. 403-414.

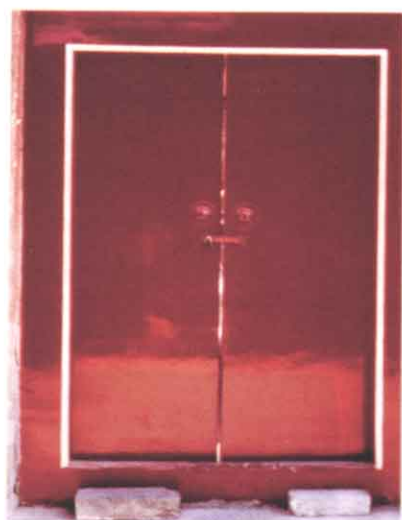
¹⁰ Rosenthal, P.J. & P.M. Kotanen, "Terrestrial plant tolerance to herbivory", *Tree*, 9, 1994, pp. 145-148.

Jenaro M. Reyes Matamoros es investigador del Departamento de Investigación en Ciencias Agrícolas del Instituto de Ciencias de la BUAP. David Martínez Moreno es investigador de la Escuela de Biología de la BUAP.



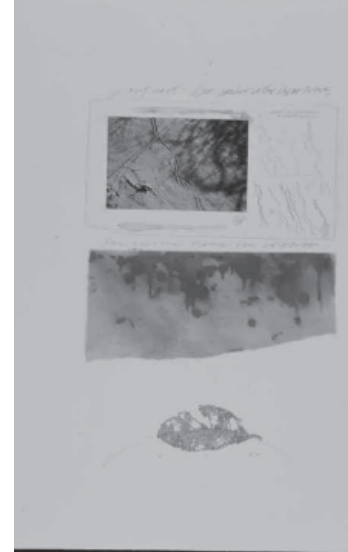
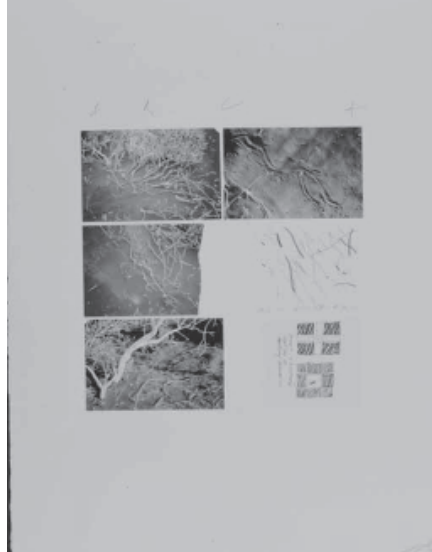


Top



Handwritten text at the bottom of the page, including the word "Level" on the left and "10" on the right.

El gabinete



de Jan Hendrix

Antonio
Saborit

*Lo real no se aposenta en la historia;
se aposenta en la poesía; esto es,
más allá de las palabras.*
LUIS CARDOZA Y ARAGÓN



Toda colección es una evidencia empírica del mundo; y las historias que guarda dicen a un mismo tiempo la búsqueda de cada uno de los objetos que la integran y la construcción de esa minuciosa búsqueda. Así es que cada colección habla del gusto y de la persona que la forma –quien también se muestra en la singularidad de las piezas y en su apego o desapego a modelos. En este sentido no debería haber mucha diferencia entre el célebre *Kunstammer* de Cornelis van der Haecht en el siglo xvii, el *Kunst und Wunderkammer* de Pedro el Grande en el siglo xviii, el *hôtel particulier* de Honoré de Balzac en el siglo xix y el espacio al que dan forma las no menos ideosincrásicas vitrinas de Jan Hendrix. Sólo que en efecto hay sus diferencias. El gabinete de curiosidades de Jan Hendrix cobra significado como parte de su tan diversa obra artística y no como un capricho de individualidad; como atendible arsenal para obras posteriores y no como una forma de escapismo; por último, como una clara manera de volver a salir en busca de lo real a través del arte.

Del final del siglo xvi, cuando la voz gabinete empezó a servir para designar el espacio en el que el coleccionista exhibía sus objetos, al final del siglo xx, en el que la verdad es que resultan enigmáticos los numerosos óleos logrados a partir de tan flamenco pasión por

los objetos, cabe señalar varias transiciones importantes. Una tiene que ver con la generalización de los gabinetes. Otra es la que hoy permite ver al artista –no al príncipe ni al noble, no al *connaisseur* ni al *marchand* en el centro de su propia colección, rodeado por un gabinete de curiosidades irrecusablemente interno, aunque se trata más bien de curiosidades ligadas estrechamente a su propio ejercicio, al vuelo de su imaginación. Como lo ha hecho Hendrix.

Es un mundo fantástico y sonámbulo el del coleccionista, pero es mucho más vital el de quien guarda para construir voluntariamente algo entre incorpóreo y nuevo, o bien el mundo del que atesora de un modo involuntario mientras se empeña en levantar los vaticinios de una obra propia por medio de lo que se entreve apenas como un conjunto de piezas –que son los fragmentos y las interrupciones de la vida misma.

Rara será la colección que se presente como un gesto acabado, resuelto a plenitud, y que no ponga ante los ojos del espectador la pasión por seleccionar, reunir y conservar. Pero si además ahí aparece una cierta idea de orden se estará ante una prueba de un gasto emotivo y racional que es el que establece toda la diferencia entre una colección como cualquier otra y un gabinete de curiosidades. En la primera, los objetos poseen distinto significado y una fuerza cautivadora potencial,

mientras que en el segundo, esos objetos conforman una arriesgada presentación tridimensional del mundo natural o bien del hombre en la Historia y en sus Obras, delatan una voluntad y un gusto enciclopédicos, y tienen su origen en los estudios y escritos de cualquier índole de quienes un día decidieron guardarlos. Es aquí a donde pertenecen las vitrinas de Hendrix, su manifiesto científico y el tratado de su poética.

El profesor Ruysch, anatomista holandés que no encontró otra manera de volver tolerable la vida, formó a lo largo de cuarenta años una importante colección y un catálogo ilustrado, *Thesaurus Anatomicus*, los cuales despertaron el interés de Pedro el Grande a finales del siglo xvii. En 1717, Pedro el Grande adquirió la colección de Ruysch –en la que prefería el teatro anatómico y la sala de conferencias–, así como la de Seba, desgano boticario holandés, la cual reunió todos los animales terrestres y acuáticos, aves, reptiles e insectos de las Indias Orientales. Las dos colecciones fueron el fondo de origen del Museo de la Academia de Ciencias de Rusia. Este museo fue imán de curiosidades: imágenes, vasijas y las piezas que aparecieron entre las ruinas de un templo cerca del Mar Caspio; ídolos, minotauros, bueyes, gansos, así como jóvenes y viejos deformes realizados en latón provenientes de las inmediaciones de Samarcanda; colmillos de elefante, recuperados cerca de Voronesh, los cuales en la imaginación de Pedro

se convirtieron en reliquias del paso de Alejandro Magno. La mitología que suele recibir el nombre de Historia postula desde entonces la posibilidad de la existencia de infinitos *Thesaurus* cuya poesía no ha visto la luz, incluso en el fondo del dédalo cajón de un artista adolescente como Hendrix.

El gabinete es un espacio pero también un mobiliario, esto es, cada una de las vitrinas cuya materialidad hace destacar la rareza, el hallazgo o bien la fugitiva apropiación de los objetos que encierran en su interior. Las vitrinas, a su vez, por saber inatrapable su música guardan con cierta ansia las esferas, hacen ver como resurrecciones los rasgos morfológicos de los objetos que contienen y así, en estricto aislamiento, cada objeto es único en la compañía de otros muchos objetos –rasgos que adquieren significados precisos en compañía de esos otros objetos. La vitrina guarda también el relato circunstanciado del encuentro entre estos objetos y las energías invertidas en su laboriosa o casual obtención. En ella está la impronta de un desafío al imperio de la sombra, clepsidra que todo oculta.

Cornelis van der Haecht invitaba a recorrer su gabinete, deteniéndose ante las piezas que colgaban de la pared o bien frente a ciertas vitrinas. Paseos de monomanía eran esos recorridos. Como los de Leopoldo Guillermo, archiduque que debió haber existido porque así lo muestra un óleo de David Teniers. Hendrix ha dispuesto que las cosas obedezcan a otro tipo de portento y por lo mismo prefiere buscar distinto estupor. Las vitrinas de su coleccionismo son las que salen a la calle en busca del espectador, construyendo públicos. ¿A quién se le ocurre mover las vitrinas de un gabinete? A ver, ¿para qué tanto trabajo?

La voz *inconclusa* aparece junto a esta serie de vitrinas de Hendrix, la primera en la que ensayó una empresa de largo aliento. Es una voz intensa y en cuyos dominios se alude hasta en filigrana a la condición misma del arsenal gráfico que el artista por desconfiado empezó a reunir hacia el comienzo de los años ochenta en lo que sería su propio gabinete, su personal *Kunst und Wunderkammer*. Espacio de trabajo en colores irreales, y aún sin la sustancia que más adelante vendría al descubrir Hendrix el fervor por las retóricas texturas del papel. Espacio que visita una y otra vez a través del tiempo. Se diría que en ocasiones es una bitácora que se lee entre una y otra vitrina, pero también el interior de cada una de las cajas guarda muy precisas agendas, pues ahí el espacio se ha dividido simétricamente en tres partes. Espíritu práctico, espíritu etnográfico.

El vistazo más somero a las vitrinas de Hendrix devuelve el bosquejo de distintos relatos. Aunque lo cierto es que en ellos la realidad está más allá de las palabras, en la poesía que alude a la historia en busca de la vida —en la historia que es la vida cuando toca la poesía.

He aquí que en la parte superior de una de las vitrinas hay un dibujo a tinta de una montaña, una foto instantánea del cielo de Toluca, en el centro, tomada en 1981; abajo un avión de juguete camuflado de cielo, caudalosa estela incluida. Decíamos que cada vitrina se parte en tres secciones paralelas. Otra de ellas exhibe un huevo de codorniz, arriba; enmedio una foto instantánea en puro azul, fechada en Temascaltepec en 1981; un trozo de hierro fundido proveniente de Cananea como melaza tiesa, gris, en la parte inferior de la vitrina. Así sucesivamente. Ahora son dos va-

ras pintadas en blanco y negro, arriba; una foto instantánea tomada en Petersfield en 1983, según dice la leyenda; piedra lisa pintada a mano, moteada con pincel para ser exactos, al pie. Luego cito ésta: arriba, dos estampillas postales de Islandia, coloreadas a mano; enmedio una foto del sol oculto por la copa de un árbol; abajo la mitad de una hoja a la que se agregaron las líneas y los colores necesarios para formar la imagen de un volcán. Pero el relato no es cabalmente sin el montaje de las texturas que cada elemento aporta. Piedra, papel, vegetación. Acá hay ahora unas muestras de minerales de Cananea, una fotografía instantánea de un nudo de cadenas con la leyenda "Piedras Negras 1985", una pluma y una vaina. Otra muestra mineral, ahora una foto de una yuca, fechada en "Villahermosa 1982" e intervenida, un muñeco gris con manchas blancas, decapitado, de espaldas al espectador. Por último, una hoja de tabaco en forma de saltamontes, una foto de un cactus fechada en "Guaymas 1985", una piedra de río, un muñón de peyote. Una medusa de varas, una foto de un paisaje más ("Urique 1985"), un memo de gastos en tinta

y cartón. ¿Qué debería recordar este memorandum? ¿Qué lección de pintura debe verse en la foto instantánea?

Una pluma de ave en un tronco; una foto instantánea coloreada a mano; una concha mineralizada, una piedra de mar, una escala. Un penacho convertido en rama; un óleo marino convertido en polaroid; una muestra mineral convertida en una piedra ligera, como tú. Una piel de víbora al mutar en vaina vegetal, con los lunares de las semillas; un paisaje de Hjalteri en 1981 con una casa de refugio; el dibujo de una hoja. La trama de Miró; un interior: sofá en Kilburn. Un trozo de caña. Una rama seca y nítida como un haikú. Una foto que muestra una especie de neón ocre. Un mapa astral arrugado y roto.

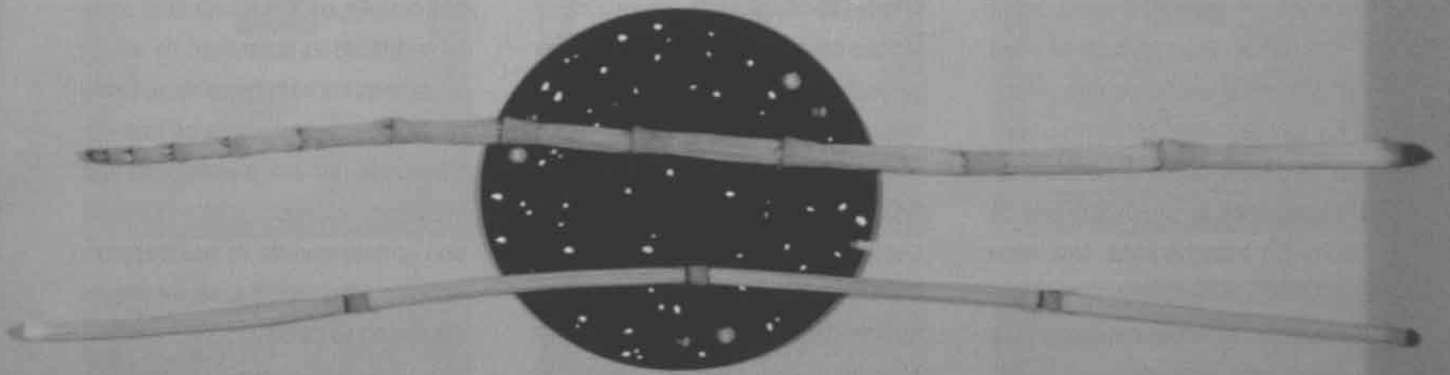
Sin un programa preciso se empezaron a apilar en el estudio gabinete de Hendrix las vitrinas de su curiosidad. Un poco, sí, las formó en la cuerda del arte correo; pero sólo en los tanteos del principio, que mucho tenían de *carpe diem*. Otro poco intervino la nostalgia en este asunto, esto es, el duelo o la imposibilidad del entendimiento que suele expresarse a través del coleccionismo, su justificación. Pero en el interior de las vitrinas, Hendrix expresó más que nada una suerte de búsqueda formal e intelectual que lo llevara lo más cerca posible a una visión casi adánica relativa a la portentosa vida de la abstracción en el mundo natural. Ya se mencionó la tridimensionalidad de estas vitrinas, pero no es suficiente lo dicho. Hay que insistir en que en ellas se cumple la inquietud de Hendrix por las formas que oculta la insoportable literariedad de los objetos. Ésta es la clave del

gabinete del artista, su origen y desarrollo. Muchos de los apuntes encapsulados en las cajas se convertirían poco o mucho tiempo después en obras que su mano ensayó amplia y hasta independientemente de ese primer hábitat, cuando no parecían ser sino una curiosidad de gabinete, íntimo testimonio del paso de la vida. Otros de los apuntes aguardan su tiempo, y abandonarán su crisálida de vidrio y madera para construir sentidos en el trabajo de campo.

En el rompecabezas de historias que es *La vida: instrucciones de uso*, Georges Perec imaginó un personaje, Percival Bartlebooth, que un día tuvo a bien hacer de su vida un viaje interminable a lo largo del cual realizaría este proyecto. En compañía de un ayudante, Bartlebooth emprende un viaje de veinte años alrededor del mundo con el propósito de realizar una serie de acuarelas de quinientas playas y puertos de mar. Acuarela concluida, acuarela remitida a casa, en donde alguien se encarga de hacer con cada una de ellas un rompecabezas de 750 piezas que es depositado en una caja de madera. Una pasión semejante descubrimos en Hendrix y su gabinete. Hendrix, al igual que el excéntrico Bartlebooth, sabe que su casa es cualquier lugar en el que pueda colgar su sombrero y echar mano de su estuche de artista. Sólo que Hendrix —a diferencia del personaje de Perec, quien tras volver a casa, organizar los rompecabezas en orden cronológico y restaurar la apariencia original de las acuarelas—, no sólo se muestra en los fragmentos de su coleccionismo sino que presenta los fragmentos como lo que son: evidencia del viaje de su vida, en efecto, más no sólo eso sino también muestra de que la aparente nonada de la realidad es el punto de llegada, no de partida.

Texto tomado del catálogo de la exposición Bitácora de Jan Hendrix.





HER DOET DE ONDER AN OXX JELIY OXX KAN
WHER SCHEEP KANF INSTON IN A WAY 11-4-06

199

200

201

202

203

Pavlov y los reflejos condicionados

J. Gerardo
Rojas Piloni
José Ramón
Eguibar Cuenca

Durante muchos años ha habido una controversia histórica acerca de la adquisición de la conducta animal. Por un lado, existieron quienes afirmaban que las conductas de los animales son innatas y, por el otro, quienes suponían que los comportamientos son absolutamente aprendidos, siendo estas posiciones mutuamente excluyentes. Sin embargo, ambas concepciones han sido rebasadas actualmente y ahora entendemos que, cuando el comportamiento implica elementos adquiridos por la experiencia, éstos se adquieren según un programa que está genéticamente determinado, esto es, sus componentes son innatos. La estructura del programa guía el aprendizaje que se inscribe en cierta forma preestablecida y definida en el patrimonio de una especie. La disputa tuvo su origen en la controversia sobre la teoría cartesiana de las ideas innatas, negada por los empiristas del siglo XVIII, que dividió a los biólogos; sin embargo, los empiristas no se equivocaban y es verdadero que todo en la vida proviene de la experiencia, incluso el innatismo genético, que surge por una experiencia evolutiva.¹ En este sentido, la selección natural, como mecanismo creador, ha permitido la generación de las más diversas conductas en los animales. Pero esta controversia histórica comienza a ver su fin en el siglo XX, gracias a los hallazgos de varios científicos que establecieron un nuevo paradigma, el paradigma de la biología.²

Las conductas de los organismos pueden ir desde las más simples hasta las más complejas y elaboradas, hecho por el cual muchos animales han sido usados durante siglos para una innumerable cantidad de tareas, gracias a su capacidad de aprendizaje y memoria.³ Es un hecho bien conocido para las personas que tienen perros, que estos animales muestran inquietud cuando escuchan el ruido típico

de los muebles en donde se guarda su alimento pues, de alguna manera, aunque nunca hayan visto que en ellos se guarda su comida, asocian el sonido con el alimento; estas conductas no aparecen de inmediato, surgen paulatinamente y son cada vez más notorias con el tiempo, hasta que se tornan tan arraigadas que resulta imposible evitarlas. Este aprendizaje por asociación, aunque ya conocido desde hace siglos, no fue estudiado en detalle de manera objetiva y cuantificable, como lo pretende la ciencia, sino hasta inicios de este siglo, por Ivan Petrovich Pavlov.

Pavlov nació en Ríazan, Rusia, en 1849, año en el cual murió Filomafitski, considerado como el fundador de la fisiología experimental rusa.⁴ En 1870, Pavlov ingresa a la Universidad de San Petersburgo en la unidad de ciencias naturales de la Facultad de Físico Matemáticas, para posteriormente ingresar en la Academia de Medicina y Cirugía, no para hacerse médico, dice él en su autobiografía, sino más bien para obtener el grado de doctor en medicina y poder optar por una cátedra en fisiología. En 1901 fue nombrado miembro de la Academia Rusa de Ciencias y, en 1904, se le otorgó el premio Nobel (premio al que, por cierto, no hizo ni la más mínima referencia en su autobiografía) por su contribución al conocimiento de la regulación nerviosa de la circulación y de las secreciones digestivas. El premio Nobel debió consagrarlo como científico, pero sus estudios acerca de los reflejos condicionados, que lo hicieron famoso, corresponden a una época ulterior.

Años antes de que Pavlov iniciara sus estudios acerca de los reflejos condicionados, ya se habían hecho intentos por relacionar a las ciencias naturales con la psicología; sin embargo, es precisamente el término de reflejos condicionados el que acaba por cumplir con los requisitos de la investigación experimental de la función psíquica;⁵ es decir, el estudio fisiológico sistemático de la actividad nerviosa superior. Para entender el concepto de reflejos condicionados citemos dos hechos simples: si se introduce alguna sustancia de naturaleza ácida en la boca de un perro, el animal presenta una reacción de defensa realizando movimientos con la cabeza y aumentando la secreción de saliva. Esta respuesta es lo que Pavlov denominó reflejo incondicionado o innato. El segundo hecho es someter al perro a otro estímulo (el repique de una campana, por ejemplo), para aplicar, inmediatamente después, el ácido en la boca. Con sólo repetir varias veces esta experiencia, el perro comenzará a salivar al escuchar el



sonido que, durante el entrenamiento, precede a la aplicación del ácido. Este nuevo reflejo desaparece si se seccionan las vías eferentes (nervios motores de la musculatura bucal o de las glándulas salivales) y aferentes (nervios de la mucosa bucal o del oído). Este fenómeno es muy similar a las respuestas por asociación descritas líneas arriba; es decir, los centros cerebrales donde se integran ambos estímulos (ácido en la boca y estímulo auditivo) son diferentes, además de que la respuesta de salivación por efecto del ácido no está mediada por ninguna condición, en tanto que la respuesta de salivación provocada por el estímulo auditivo es un nuevo reflejo que no se presentaba antes y que aparece con una condición: la asociación de ambos.

Pavlov consideraba al sistema nervioso como un instrumento que permite relacionar o conectar diferentes partes del organismo, y apoyado en esta teoría llamó reflejo no condicionado a aquella conexión permanente entre un estímulo externo y una determinada respuesta del organismo, mientras que definió al reflejo condicionado como una conexión temporal, creada de manera experimental, aunque también puede ocurrir en condiciones naturales.

Pavlov consideraba que la integridad de las especies se asegura mediante reflejos no condicionados, que van desde los más simples, como la tos que se produce cuando un cuerpo extraño se aloja en la vías respiratorias, hasta los más elaborados, los cuales asoció con instintos (como la alimentación, el defensivo, el reproductor, etcétera), y de esta manera es que existe cierto equilibrio funcional en los organismos —u homeostasis—, mismo que permite el mantenimiento de las funciones biológicas. Ahora bien, si el medio exterior fuese constante entonces existiría un equilibrio perfecto, que estaría asegurado sólo por este tipo de reflejos; sin embargo, el medio ambiente presenta variaciones y las conexiones permanentes no son suficientes para asegurar la integridad de los organismos, por lo que ésta es reforzada mediante conexiones temporales, es decir, reflejos condicionados, los cuales son una forma de aprendizaje simple. Pavlov fue más lejos al hablar del concepto de “saber vivir” como aquello que nos asegura una situación favorable en la sociedad y que equivale a adaptar nuestro comportamiento al carácter de los demás y a las circunstancias, de tal manera que la dignidad personal y el respeto del amor propio, entre otros sentimientos, desde el punto de vista fisiológico, están integrados por relaciones ner-



viosas temporales o reflejos condicionados. Por tanto, Pavlov no distinguía entre la relación nerviosa temporal de los fisiólogos y las asociaciones de los psicólogos, hecho que permitió cohesionar ambas ciencias mediante un sustrato de funcionamiento neuronal similar. La conclusión de ello es que existe una base nerviosa para ambas funciones.

El requisito primordial para que se produzca un reflejo condicionado es que coincidan en el tiempo el estímulo nuevo y el estímulo que produce el reflejo no condicionado, ello, claro está, dentro de un rango temporal restringido.⁶ Pavlov pensó que la conexión temporal ocurre en dos sitios de la corteza cerebral en los que los estímulos se irradian a otras regiones donde las células se encuentran a mayor o menor distancia. Así se explicaba por qué, cuando se provoca un reflejo condicionado, la respuesta no sólo aparece con el tono auditivo condicionante, sino con muchos otros tonos e, incluso, muchos otros sonidos distintos, fenómeno al que Pavlov llamó generalización de los reflejos condicionados. Posteriormente se dio cuenta de que si no se refuerza el reflejo no condicionado con los diferentes tonos, paulatinamente los sonidos distintos pierden su eficacia para producir una respuesta, y propuso que los tonos que quedaron sin efecto permanecen inhibidos por un mecanismo al que llamó inhibición diferencial. Asimismo, describió otro tipo de inhibición al que llamó inhibición por retardo, que aparece cuando se incrementa el curso temporal entre el estímulo condicionante y el estímulo no condicionante. Pavlov distinguió dos tipos de estímulos condicionantes: los positivos, que provocan un proceso de excitación de la corteza cerebral, y los negativos, los cuales provocan un proceso de inhibición; por lo tanto, supuso que la inhibición es una propiedad específica de los hemisferios cerebrales y la llamó inhibición cortical o inhibición interna, para distinguirla de la inhibición más o menos estable (inhibición externa) que se observa en las porciones inferiores del sistema nervioso central, dándole con ello a la inhibición una importancia similar a la que, podríamos pensar, tiene el proceso de excitación, aunque la explicación que encontró para el fenómeno estaba determinada únicamente por sus observaciones conductuales y no por registros de la actividad cerebral.⁷

Los estímulos llegados del exterior a los hemisferios cerebrales establecen conexiones con islotes de

células. Si en ese momento la corteza se encuentra en un estado de inhibición, los mismos estímulos pueden entrar en una relación de inhibición temporal, siguiendo el principio de sincronía o simultaneidad. Pero estos estímulos pueden desencadenar por sí mismos un proceso de inhibición en la corteza, cuando parten de estímulos condicionantes negativos. En estos casos, nos encontramos con una transformación del proceso de excitación en proceso de inhibición, de lo que podemos percatarnos si recordamos que los receptores periféricos de los nervios aferentes transforman ininterrumpidamente las diversas energías en un continuo proceso de excitación nerviosa. Pero, ¿por qué no habría de transformarse la energía del proceso de excitación en energía inhibitoria si las condiciones en la corteza cerebral son favorables para ello?

La repetición de estímulos que provocan reflejos condicionados durante un determinado tiempo, facilita y termina fijando las respuestas producidas. Pavlov pensó que, en la corteza cerebral, esa repetición de estímulos forma un estereotipo de conexiones dinámicas cuya permanencia requiere cada vez un menor gasto de energía nerviosa, pues esta respuesta estereotipada que se produjo por la combinación de reflejos puede llegar a ser inerte, es decir, difícil de romper y de ser modificada por nuevas circunstancias o por influencia de nuevos estímulos, aunque la formación de un estereotipo es difícil de obtener, ya que requiere de muchas horas de repeticiones continuas de los estímulos. Los datos obtenidos durante los años de análisis de los reflejos condicionados lo llevaron a proponer una clasificación de los tipos de sistemas nerviosos que pueden observarse según ciertos rasgos esenciales: primero, la intensidad de los procesos de excitación e inhibición corticales; segundo, el equilibrio que guardan estos procesos entre sí; y tercero, su movilidad y plasticidad.⁸

Finalmente, de acuerdo con su experiencia en la observación, Pavlov dividió a los animales en fuertes y débiles, según la intensidad de sus respuestas, y en equilibrados y no equilibrados, según el parámetro de equilibrio de sus procesos nerviosos (excitación e inhibición). A los fuertes y equilibrados los dividió a su vez en lábiles (poco estables) e inertes (poco modificables), según el parámetro de movilidad. Esta clasificación es muy parecida a la clasificación de los temperamentos



propuesta por Hipócrates, quien los dividió en coléricos (fuertes, pero no equilibrados, ya que la excitación predomina sobre la inhibición), flemáticos (fuertes, bien equilibrados, pero inertes, calmados y lentos), sanguíneos (fuertes, bien equilibrados, lábiles y móviles) y melancólicos (débiles). Estos tipos de temperamentos constituyen, para Pavlov, características congénitas de la actividad nerviosa, aunque sometidas a modificaciones del medio exterior que permiten que los organismos respondan con determinadas acciones que se fijan con base en circunstancias del medio ambiente.

...sucede que la actividad nerviosa real y definitiva de un animal es en realidad una amalgama de características donde, por un lado aparecerán las relativas al tipo y, por el otro, las modificaciones debidas al medio exterior...

Es importante mencionar que en la época en que Pavlov realizó sus observaciones de los reflejos condicionados, el conocimiento acerca de la transmisión nerviosa, así como de la forma en que las neuronas se comunican entre sí, no se encontraba desarrollado y, por lo tanto, las explicaciones que se dieron sobre el aprendizaje por asociación nos parecen ahora muy elementales. A pesar de ello, los trabajos clásicos de los reflejos condicionados dieron la pauta para generar el modelo actual que explica estas conductas en los niveles celular y molecular. Pero hubo que esperar hasta principios de los años setenta para que Erik R. Kandel retomara los conceptos de Pavlov en un modelo animal más simple, la *Aplysia californica*.

La *Aplysia* es un molusco marino que tiene un sistema nervioso de solamente veinte mil neuronas organizadas en ganglios de hasta un milímetro, características que facilitan la realización de registros intracelulares. Este organismo presenta un reflejo de huida, que aparece cuando se le estimula el sifón (estructura por la cual evacua el agua); el sifón y la branquia se retraen; lo mismo sucede si es estimulada la cola del animal; sin embargo, se ha podido demostrar experimentalmente que, luego de varias estimulaciones, estos reflejos de retirada disminuyen (fenómeno llamado habituación); pero si el estímulo aplicado al sifón es precedido por una estimulación a la cola, y se repite este entrenamiento, entonces aparece el mismo fenómeno descrito por Pavlov en sus perros: el reflejo que aparece es significativamente mayor; a este fenómeno se le ha llamado sensibilización. La sensibilización puede durar varios días e incluso semanas, lo que ha permitido sugerir que la comunicación entre las células sensoriales (aquellas que son responsables de captar el estímulo externo) y las motoras (las que se responsabilizan de enviar la información relacionada con el movimiento) se ha reforzado, mientras que en los animales habituados la comunicación entre estas células ha perdido su eficacia.⁹

El estudio del fenómeno de sensibilización en la *Aplysia* ha permitido entender, en otro nivel, a la memoria y al aprendizaje. Se ha sugerido que, en la *Aplysia*, la estimulación táctil causa que algunas neuronas específicas liberen una sustancia, conocida como serotonina, sobre las células sensoriales, lo que desencadena una señal compleja que permite que se incremente la transmisión de información (a través de los llamados neurotransmisores) de las células sensoriales hacia las células motoras. Esta señal se lleva a cabo por un cambio metabólico general de las células sensoriales,



cambio que permite que la transmisión de la información hacia las células motoras sea más eficiente (incrementando el tiempo de liberación del neurotransmisor), ya que se inactivan corrientes de potasio (corrientes de potasio sensibles a serotonina, corrientes de potasio activadas por calcio y corrientes de potasio retardadas) que se encuentran involucradas en la repolarización del potencial de acción incrementándose, así, la duración de dicho potencial. Sin embargo, el dato más sorprendente es que, gradualmente, se presenta un cambio estructural drástico en el número de conexiones (o sinapsis: término que se refiere al mecanismo fisiológico mediante el cual una neurona se comunica con otra) entre las células sensoriales y las motoras gracias a que la señal también modula la síntesis de ciertas proteínas (actuando al nivel del DNA de la célula sensorial, provocando un incremento en la traducción hacia RNA_m y, por lo tanto, aumentando la síntesis de proteínas), como las moléculas que degradan a las proteínas de adhesión neuronal, o las proteínas de los filamentos intermedios, así como diversos factores de crecimiento nervioso; todo ello permite reestructurar el número de conexiones que la célula sensorial realiza con la célula motora, aumentando la eficacia en la transmisión de la información;¹⁰ aunque suene paradójico, éstos son los mecanismos básicos mediante los cuales dilucidamos, incluso, cuáles son los mecanismos del aprendizaje. Estos hallazgos imponen un nuevo paradigma a la fisiología pues, ahora, el sistema nervioso no es ya estático e inmutable, sino más bien es permanentemente modificable, plástico, como lo imaginó Pavlov hace casi un siglo.

Las ideas de Pavlov nos han permitido ampliar nuestro marco conceptual acerca de los procesos superiores del sistema nervioso: el aprendizaje y la memoria. La concepción general que Pavlov tenía acerca del cerebro refleja una reacción en contra de las concepciones platónicas de invariantes anatómicas que consagraron posteriormente los grandes naturalistas del siglo XIX. Los seres vivos tenemos un diseño esencial, seguimos un plan fundamental que nos emparenta no sólo estructuralmente, sino también funcionalmente; somos lo que Monod ha denominado objetos dotados de un proyecto general y así, el sistema nervioso es, como cualquier estructura de los seres vivos, una “*performance*” teleonómica.¹¹ Sin embargo, paradójicamente, estas *performances* invariantes son plásticas y permiten la adaptabilidad de los seres vivos a los cambios del medio ambiente, y es

esto lo que nos distingue de los demás objetos, es esta característica la que distingue a la vida; tal concepción fundamental es la que ha caracterizado el conocimiento biológico del siglo xx. Pavlov se encontró inmerso en un ambiente de enigmas acumulados desde siglos antes, por lo que sus concepciones, junto con las de muchos otros estudiosos de la vida, constituyen innovaciones que desembocaron en la aparición del nuevo paradigma de la biología.

Cuenta la historia que a una clínica de un pequeño poblado ruso, en 1929, llegó un anciano, de 80 años de edad, con apendicitis. Un médico joven lo operó sin ningún contratiempo. Al día siguiente, el anciano pidió un recipiente con agua que usó para introducir sus brazos y moverlos como si estuviera nadando. Después, el médico que lo operó se enteró de que ese anciano era el afamado doctor Pavlov, el cual no quiso que el cirujano se percatara de quién era para que ninguna influencia afectara el estado emocional del médico. En lo que respecta al balde de agua, Pavlov explicó que todas las mañanas acostumbraba nadar en un estanque, y que ello lo hacía sentirse fresco y relajado durante todo el día, así que al meter sus brazos en el agua sentiría lo mismo. Mi cerebro –agregó Pavlov– percibiría el estímulo del agua fresca como cuando practico natación: es un simple reflejo condicionado más.

Pavlov falleció el 27 de febrero de 1936 dejando, en su testamento, un agradecimiento para los perros que sirvieron a sus investigaciones, y el monumento de un perro de bronce al frente de la llamada La Torre, que fuera su laboratorio en la población de Koltushi.

NOTAS

¹ Se dice que la evolución de las especies es ciega, ya que no se encuentra dirigida hacia un fin determinado. Sin embargo, un cambio medioambiental importante provoca la selección de los organismos con las características genéticas que permitan el desarrollo de la especie en el nuevo ambiente. Esto se da gracias a un cúmulo de mutaciones genéticas que permite conservar una gran variabilidad genética entre los individuos de la especie. Desde este punto de vista se ha acuñado el término de innatismo genético, pues las mutaciones que originan dicha variabilidad son azarosas.

² La biología, como ciencia, surge en el siglo xx, pues sólo hasta ahora se han sintetizado los cuatro paradigmas fundamentales que surgieron del viejo naturalismo descriptivo. Estos paradigmas son: el paradigma de la homeostasis, el de la teoría celular, el de la teoría de la herencia y el



paradigma de la evolución. Datos tomados de la obra de F. Jacob, *La lógica de los vivientes*, Salvat, Barcelona, 1986.

³ Para revisar más sobre la expresión de los estados mentales en los animales: Vargas, H. y Díaz, J. L., "El enigma de la mente animal", *Elementos*, núm. 36, Vol. 6, 1999, pp. 19-26.

⁴ Los datos biográficos de la vida del doctor Pavlov, así como los datos históricos presentados, fueron obtenidos de la obra de X. Lozoya, *El ruso de los perros*, Pangea, México, 1989.

⁵ *Psyché* es un término de origen griego que originalmente quería decir alma, pero ahora está asociado a la palabra mente o a la manifestación del acto de pensar.

⁶ Pavlov habla de que el reflejo condicionado aparece por la coincidencia en el tiempo, una o varias veces, de la excitación indiferente con el excitante incondicionado, y este reflejo aparece más rápidamente, y con menor dificultad, cuando el primer excitante precede inmediatamente al excitante absoluto. Así, entre mayor sea el tiempo entre ambos excitantes, mayor será la dificultad para establecer el reflejo condicionado. I. Pavlov, *Reflejos condicionados e inhibiciones*, Planeta, México, 1993.

⁷ Los conceptos sobre los tipos de inhibiciones se tomaron del capítulo Reflejos condicionados, de la obra de I. Pavlov, *Reflejos condicionados e inhibiciones*, Planeta, México, 1993.

⁸ El concepto de plasticidad del sistema nervioso es una contribución original de Pavlov. Lo introdujo para explicar que ciertos estímulos inducen la formación de conexiones dinámicas y, por lo tanto, el sistema nervioso se encuentra en continuo desarrollo.

⁹ Para consultar más acerca de este tema: Nichols, J. R., Martin, A. R. y Wallace, B. G., *From neuron to brain*, Sinauer Associates, Inc. Publishers, 3a. edición, USA, 1992.

¹⁰ Esta información puede ampliarse en: Beggs, J. M., Brown, T. H., Byrne, J. H., Crow, T., LeDoux, J. E., LeBar, K. y Thompson, R. F., "Learning and memory: basic mechanisms", en *Fundamental neuroscience*, editores Zigmond, M. J., Bloom, F. E., Landis, S. C., Roberts, J. L. y Squire, L. R., Academic Press, USA, 1999, pp. 1411-1454.

¹¹ Monod propone que todos los objetos están dotados de una función que es otorgada por nosotros mismos, pero los seres vivos no tienen un objetivo particular, más bien presentan un proyecto primitivo que es la conservación y multiplicación de la especie; es por ello que el antiguo concepto de teleología lo ha cambiado por el de teleología. En cuanto a *performance*, le da un sentido cercano a ejecución conseguida. Citado de J. Monod, *El azar y la necesidad*, Planeta, México, 1993.

J. Gerardo Rojas Piloni es estudiante del Doctorado en Ciencias Fisiológicas del Instituto de Fisiología de la BUAP. José Ramón Eguibar es investigador del Instituto de Fisiología de la BUAP.

Narración y tradición

Silvia
Kiczkovsky

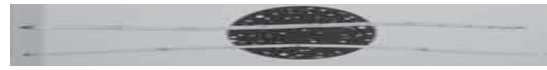
En un coloquio que se realizó en Francia, hace algunos años, denominado Los usos del olvido, el historiador judío Yosef Yerushalmi¹ presentó una ponencia sobre la memoria y la tradición. En esa ocasión, planteó la necesidad que un pueblo tiene de recordar los hechos de su pasado, pero no a la manera de una historia positivista, es decir, la memoria de los datos simplemente, sino desde la idea de un camino, de una vía, el Tao, como el camino que cada pueblo recorre y que está determinado en gran medida por su tradición. Yerushalmi, en tanto judío, plantea la importancia de la *halajá*, la ley, pero no la ley como *nomos*, sino como “marcha”, que es la etimología hebrea de la palabra *halajá*, que es el camino que un pueblo camina y que está dado por el conjunto de ritos y creencias que le da el sentido de su identidad y de su destino. La cultura judía es la cultura del libro: la Torá y su lectura e interpretación constante ha sido lo que le ha permitido su pervivencia a pesar de los avatares a los que se ha visto sometida a lo largo de la historia. Pero también tiene una rica cultura oral, una serie de relatos y disquisiciones que son las interpretaciones que los rabinos han hecho de la lectura de la Torá a lo largo de siglos. Esos relatos orales conforman el Talmud. La tradición se pasa de boca a oído y transmite no sólo la historia de ese pueblo, sino también su mitología y, por ende, sus valores éticos. Recuerdo aquí también como relatos orales, a los cuentos jasídicos recopilados por Martin Buber, expresión de la tradición de un grupo de judíos místicos que se extiende por la Europa oriental a lo largo de los siglos XVIII y XIX, fundada por el Baal Shem Tov, el maestro del buen nombre, llamado así porque se decía que conocía el nombre secreto de Dios y podía decirlo de tal modo que con su ayuda era capaz de realizar extraños conjuros y curar cuerpos y almas.

Estas evocaciones me sirven como excusa para introducir el tema que me interesa tratar: el texto narrativo, no sólo en tanto estructura genérica sino como, siguiendo a Jerome Bruner, una forma fundamental de dar sentido a nuestra experiencia. Quisiera aquí plantear la importancia de la recuperación de los textos narrativos tradicionales como formas discursivas importantes en la transmisión de valores éticos y ahora voy a explicar por qué.

Jerome Bruner² postula la existencia de dos modalidades de pensamiento: la narrativa y la paradigmática. Esta última es la modalidad lógico científica, interesada en describir y analizar fenómenos. Crea sistemas argumentativos con altos grados de coherencia basados en premisas, desarrolla categorías específicas, relaciones de taxonomía, causas generales. La imaginación en este tipo de modalidad da como resultado una teoría sólida, un análisis preciso, argumentaciones firmes y descubrimientos empíricos guiados por hipótesis razonadas. Es la capacidad de ver conexiones formales posibles antes de poder probarlas de algún modo formal.

La otra, la narrativa, produce buenos relatos, obras dramáticas, crónicas históricas creíbles. A diferencia de la paradigmática se ocupa de las intenciones y acciones humanas y de las vicisitudes y consecuencias que marcan su transcurso. Trata de situar la experiencia en el tiempo y en el espacio. Se ocupa de lo particular, de lo cotidiano y, lo más importante, se ocupa de la condición humana. Ambas modalidades de pensamiento son formas distintas de dar sentido a nuestra experiencia y ambas son de igual importancia puesto que crean conocimiento. Sin embargo, la modalidad narrativa posee una característica que no posee la otra y es que en un relato deben construirse dos panoramas simultáneamente. Uno es el panorama de la acción, donde encontramos agentes, intenciones, metas, situaciones, instrumentos, y el otro es el panorama de la conciencia: lo que saben, piensan o sienten, o dejan de pensar, saber o sentir los que intervienen en la acción. De este modo, en la narración hay una realidad psíquica expresada.

La estructura narrativa, además de ser la base de los géneros más importantes de la literatura, también nos permite darle sentido a nuestra experiencia cotidiana. Vivimos inmersos en una trama de conversaciones con diversas estructuras genéricas y una de ellas es la narración. Lo importante de la narración es que es un modo de conocer fundado en las intenciones humanas y no en la causalidad como el otro modo, el paradigmático. Y al tratarse de un discurso

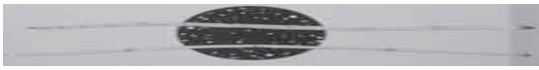


fundado en las intenciones humanas y, por otra parte, al expresar una realidad psíquica, entran en juego en él las evaluaciones que los seres humanos establecen sobre ellos mismos, sobre sus acciones y sobre las cosas del mundo, y esto es algo que me interesa fundamentalmente porque permite la expresión de valores éticos relacionados con las acciones y las emociones que se mueven en ellas.

El pensamiento humano tiene una historia filogenética. Edward Whitmont³ habla de diversas fases de pensamiento como la mágica, la mítica y la lógico-mental. En la primera, el lenguaje no está aún muy desarrollado y la visión que se tiene de los acontecimientos es que éstos no tienen una causa física y no pueden planearse racionalmente. Suceden como manifestaciones predestinadas de fuerzas poderosas y desconocidas que escapan al control del hombre. Son manifestaciones de fuerzas naturales inexorables, inevitables, que no pueden ser desafiadas ni modificadas y que están al margen de la responsabilidad y de la comprensión. Sólo se puede invocar, aceptar y someterse al destino. Pero, al mismo tiempo, hay una forma de conocer que tiene que ver con la continuidad del ser uno con el mundo, con el ser parte integrante de él y, en este sentido, la movilización se produce en función de los instintos.

Cuando surge la fase mítica, el pensamiento comienza a adquirir mayor forma y esto sucede gracias al lenguaje que le da la posibilidad de expresarse y al mismo tiempo lo modela según sus formas. El pensamiento mítico está relacionado con el animismo, esto es, con la idea de que hay fuerzas psíquicas que producen causas en el mundo exterior. Intenta explicar el mundo que nos rodea desde una perspectiva de implicación afectiva y emotiva absoluta. El ser humano es parte de ese mundo y lo interpreta desde sus sentimientos, desde sus emociones y al mismo tiempo le atribuye sus formas de actuar, de comprender, de sentir. Es el psiquismo que se proyecta hacia el exterior y lo explica a partir de intenciones y no de causalidades físicas como lo hará más tarde la fase lógico-mental. El mundo del mito es un mundo basado más en acciones que en representaciones, es un mundo dramático, de fuerzas, de poderes en pugna. Es un mundo concebido como una sociedad y su coherencia depende más de la unidad de los sentimientos que de las reglas lógicas. Es el mundo de la narración. El mundo del mito y su forma discursiva es el antecedente de las grandes formas narrativas.

La fase lógico-mental entraña un paso desde el mundo



del psiquismo mitológico hacia el mundo espacial externo tal como es percibido por los cinco sentidos con una existencia y una lógica propias. La noción de espacio tridimensional adquiere relevancia absoluta; el hombre se separa de su entorno y por lo tanto puede hacer uso de él de manera utilitaria. Además, puede imponerle un orden, así como establecer causas y efectos entre los fenómenos que observa dejando de lado la proyección de emociones y sentimientos, al menos en lo que concierne a los efectos directos que éstos pueden tener sobre las cosas que suceden en el mundo. Se establece una forma de pensamiento lineal y la coherencia del mismo ahora dependerá de las distintas relaciones lógicas y de las secuencias argumentativas. Surge así la posibilidad de un pensamiento científico que ordene y clasifique un mundo separado de nosotros. El sujeto frente a un objeto.

Estas fases de desarrollo del pensamiento a nivel filogenético también se dan en el plano de lo ontogenético. El ser humano en su desarrollo individual pasa por estas diversas formas de vivir y pensar el mundo, y de ser en el mundo. Cada una de estas experiencias de pensamiento van conformando una especie de arqueología que constituye, en mi opinión, un inconsciente cognitivo, por utilizar el término acuñado por Lakoff y Johnson,⁴ en el cual conviven.

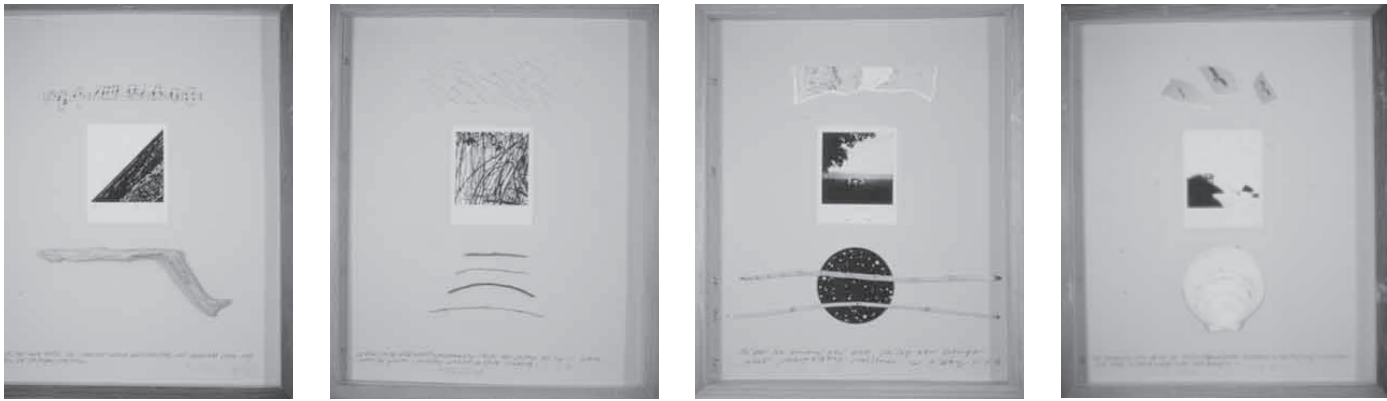
El pensamiento mítico, tal como lo mencionamos antes, es un pensamiento que se expresa principalmente en la modalidad narrativa y nos permite dar sentido, entre otras cosas, a ciertas formas de la experiencia cotidiana que tienen que ver con nuestro ser y con nuestro actuar. Está conformado por grandes metáforas de las emociones y los comportamientos humanos, entre otras cosas. Los mitos forman parte del bagaje simbólico que organiza y posibilita interpretar nuestras experiencias humanas más fundamentales. El mundo de nuestras acciones rituales cotidianas, de las emociones que expresamos en determinadas circunstancias, las valoraciones que le atribuimos a las personas y a sus comportamientos, proviene de esta estructura de pensamiento.

El biólogo Humberto Maturana⁵ plantea que una cultura es una red de conversaciones conformada por el entrecruzamiento del lenguaje y el emocionar. Un niño aprende a ser y a comportarse en las redes de conversaciones en las cuales participa en su casa y en la escuela. Pero al mismo tiempo que aprende y desarrolla lenguaje, y con él sistemas conceptuales y otras estructuras simbólicas, también desa-

rolla un emocionar que se relaciona con la emoción desde la cual los adultos lenguajejan. Lo que se desarrolla entonces es un sistema de creencias al cual le corresponden emociones y valores. Esto es lo que conforma una tradición, y la tradición está íntimamente ligada a las narraciones que los niños escuchan y que les permiten desarrollar su inconsciente cognitivo que más tarde modulará su vida adulta aunque no sean plenamente conscientes de ello.

Regresando a Yerushalmi, hay algo que no puede transmitir el pensamiento lineal y científico, ni el discurso de la historia que pretende conservar la memoria de un pueblo. Eso que no puede preservar son las tradiciones, porque las tradiciones se encuentran en los relatos en los cuales se establecen conexiones entre las acciones y los valores que le atribuimos a esas acciones, y ese tipo de pensamiento está más emparentado con una manera de dar sentido a la experiencia ligada a las emociones relacionadas con acontecimientos y con agentes, por lo tanto, con las consecuencias de estos acontecimientos y con las acciones de estos agentes, más que en el gusto o disgusto por los objetos, siguiendo la clasificación de las emociones que realizan Ortony, Clore y Collins desde la psicología cognitiva.⁶

Quisiera dar un ejemplo concreto. Voy a tomar uno de los cuentos jasídicos a los que me referí más arriba. Para ubicarnos en el contexto de estos relatos diré que son legendarios, que no representan una realidad histórica especial. Pero pertenecen a un movimiento de judíos místicos cuya esencia es el concepto de fervor y de júbilo exaltado. Son profundamente religiosos, pero una religiosidad que raya en lo místico y su característica fundamental es que no sólo se basan en enseñanzas, sino que su práctica responde absolutamente a sus creencias. Para ellos, cada acto profano puede ser transformado en sagrado según el modo en que se realice. Son cabalistas por naturaleza, de una cábala practicante y no intelectual. Todos los seres y las cosas del mundo son chispas divinas de la esencia original que es Dios, por lo tanto, todos podemos emitir luz, ser seres luminosos y entrar en contacto directo con lo divino que está en nosotros y que nos une con esa esencia. Eran pueblos campesinos y vivían una vida de una sencillez muy grande. El tipo de conocimiento que creaban y transmitían se basaba en la observación de la naturaleza y en la interpretación cabalística de la Torá aplicada a la experiencia cotidiana. Un conocimiento más de tipo intuitivo que racional. De ahí el



contar cuentos como forma de transmitir enseñanzas que se relacionan con la vida misma y los valores que fundan su cultura. Un rabí decía:

Un cuento debe ser contado de tal manera que se convierta en una ayuda por sí mismo. Mi abuelo era cojo. Una vez le rogaron que refiriera un cuento y él describió cómo el santo Baal Shem acostumbraba a saltar y bailar mientras oraba. Mi abuelo transportado por sus propias palabras, se puso de pie y comenzó a brincar y a danzar como lo hacía su maestro y desde ese instante curó para siempre de su cojera. ¡Es así como un cuento debe ser contado!

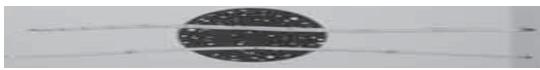
Después de esta gran metáfora, voy a referir el cuento y lo dicho nos servirá como marco para poder hablar sobre él.

EL RÍO Y LA LUZ⁷

Se cuenta que una mujer que vivía en una aldea no lejos de Mezbizh venía con frecuencia trayendo de regalo aves y pescados, manteca y harina para la casa del Baal Shem. Su camino pasaba por un pequeño río. Una vez éste creció e inundó ambas orillas, y cuando, a pesar de ello, trató de atravesarlo, se ahogó. El Baal Shem se dolió por la buena mujer. En su pena maldijo al río, que se secó. Pero el príncipe del río quejóse a los cielos y allí se decidió que, en algún momento y por muy pocas horas, el lecho se colmaría de agua nuevamente e inundaría las riberas, y que uno de los descendientes del Baal Shem intentaría cruzarlo. Y nadie podría venir en su ayuda, salvo el propio Baal Shem.

Algunos años después de su muerte, su hijo se extravió en la noche. Repentinamente se halló cerca del río, al que no reconoció, a causa del bullir de sus aguas. Trató de atravesarlo, pero pronto fue arrastrado por la corriente. Entonces vio brillar en la orilla una luz que iluminaba las márgenes del río. Apeló a todas sus fuerzas, luchó contra el torrente y llegó a la orilla. La luz encendida era el Baal Shem.

Este cuento es un buen ejemplo del pensamiento mítico al cual aludimos más arriba expresado en una forma narrativa. Podemos observar claramente el animismo, esto es, la proyección de características psíquicas sobre el mundo exterior y la fuerza y los efectos que pueden tener las palabras sobre ese mundo gobernado además por espíritus que representan la voluntad. El Baal Shem que maldice al río por haber producido un mal: la muerte de la buena mujer, y luego el espíritu del río, su ángel que busca la venganza prediciendo la muerte del hijo del Baal Shem. Cuando el momento de la venganza llega, otra vez lucha y gana, a pesar de estar muerto, aquel que tiene la luz, aquel que produjo el bien: el Baal Shem. La lucha de siempre, el bien contra el mal, la luz contra la oscuridad. Está muy claro que la categoría básica aquí no es la causalidad como en el modelo paradigmático, sino la intencionalidad de los agentes involucrados en el relato, sean éstos seres o cosas, lo mismo da, en tanto sobre las cosas se proyectan características psíquicas, esto es, la voluntad y la intención, pero además y esto me parece importante, emociones y, con ellas, valoraciones. Las emociones involucradas aquí tienen que ver con los acontecimientos y con los agentes. ¿Son deseables o indeseables las consecuencias de los acontecimientos, por lo tanto me producen alegría o disgusto, resentimiento o compasión? Y, por otra parte, ¿apruebo o desapruebo las



acciones del río, del Baal Shem, del espíritu del río, del hijo? ¿Los admiro o les reprocho lo que hacen? Así se van entrelazando acciones, valores y emociones que surgen de un sistema de creencias que se va conformando en las personas que participan en las redes de conversaciones, en este caso, las pertenecientes a la cultura jasídica. Se establecen coherencias no de tipo lógico sino de sentimientos ligados a agentes, acciones, acontecimientos.

Habría otra cuestión que tratar aquí y es el sistema cognitivo desde el cual se interpreta el relato. Por ejemplo, el hecho de que el Baal Shem pueda verse en forma de luz cuando ya está muerto y que puede ser interpretado como que estos sabios eran considerados verdaderos portadores de luz por su conducta intachable y su devoción, y el hecho de que este tipo de conducta finalmente permita la salvación de las almas, por ejemplo. Es bien conocido que se establecen diversos niveles de interpretación de los textos. Bruner postula el *litera, moralis, allegoria y anagogia*. Realizar cada una de estas lecturas o comprensiones del texto implica actitudes diferentes ante el relato y sistemas desde donde éstos se interpretan.

Yo escogí aquí ejemplos de la tradición judía por esas cosas del azar. El otro día me encontré hablando con alguien sobre Yerushalmi y eso me inspiró para mencionarlo y escoger un cuento jasídico. Pero hubiera podido hablar de cualquier otro relato, de hecho había pensado en el mito griego de Démeter y Perséfone, en algún cuento infantil como *El patito feo*. Tanto los cuentos infantiles como los relatos tradicionales de cualquier mitología comparten las mismas características en este sentido.

Lo que me interesa aquí concluir es que si existe un inconsciente cognitivo, tal como postulamos más arriba, entonces coexisten en él sistemas conceptuales a partir de los cuales se van creando formas diferentes de dar sentido a la

experiencia. Vivimos en el mundo de la ciencia pero también en el mundo de los mitos y de la magia. Coexisten en nuestro pensamiento aunque generalmente predomine un modo sobre el otro dependiendo de los contextos y de la cultura. Tal vez los mecanismos cognitivos generales que subyacen a estas formas sean los mismos, sólo que las coherencias que establecen son diferentes. Sin embargo, la importancia de la narración se ubica en la posibilidad de enfocar la atención sobre los agentes, sus intenciones, sus acciones y los resultados de las mismas; también en las emociones que mueven a los agentes, y el hecho de poder proyectarnos a nosotros mismos en esas emociones y en esas acciones y sus resultados. Esa proyección mueve sentimientos en nosotros, identificación o no con los personajes y sus acciones; en consecuencia, un sistema de valores se va creando y desarrollando y, con él, una tradición. En este mundo donde predominan la ciencia y la tecnología, no sería malo recuperar tales relatos; sobre todo porque nos recuerdan la condición humana de la existencia.

NOTAS

¹ Yerushalmi, Y. H., "Reflexiones sobre el olvido" en *Usos del olvido, Comunicaciones al Coloquio de Royaumont*, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, 1989.

² Bruner, J., *Realidad mental y mundos posibles. Los actos de la imaginación que dan sentido a la experiencia*, Gedisa, Barcelona, 1988.

³ Whitmont, E. C., *El retorno de la diosa. El aspecto femenino de la personalidad*, Paidós, Barcelona, 1998.

⁴ Lakoff, G. y Johnson, M., *Philosophy in the Flesh. The embodied mind and its challenge to Western Thought*, Basic Book, 1999.

⁵ Maturana R., H., *La realidad: ¿objetiva o construida?*, Universidad Iberoamericana/ Anthropos, España, 1995.

⁶ Ortony, A., Clore, G., Collins, A., *La estructura cognitiva de las emociones*, Siglo Veintiuno, México, España, 1996.

⁷ Buber, M., *Cuentos Jasídicos*, Tomo I, Paidós Orientalia, México, 1990, p. 140.

Silvia Kiczkovsky es investigadora del Instituto de Ciencias Sociales y Humanidades de la BUAP.

