
ARGUMENTOS Y DATOS CIENTÍFICOS INTERDISCIPLINARES

SOBRE LAS IMPERFECCIONES DEL DISEÑO EVOLUTIVO

Eustoquio Molina y Manuel Tamayo

RESUMEN

El argumento del diseño inteligente es muy débil porque puede formularse al contrario de como lo hacen sus seguidores. En este sentido, se ponen de manifiesto distintas imperfecciones del diseño del universo y de la Tierra, la cronología geológica de la aparición de la vida en millones de años, la existencia de formas y especies fósiles intermedias y ejemplos de filogenias muy significativas. Igualmente, numerosos ejemplos del diseño evolutivo de los seres vivos, muestran que el diseño de los organismos dista mucho de ser óptimo, como el que se conseguiría si lo realizara un diseñador inteligente de forma instantánea, con piezas nuevas y con todos los materiales a su

disposición; pero es suficientemente bueno como para adaptar al organismo a las nuevas necesidades ambientales. La selección natural es ciega, no finalista e imprevisora, aprovecha los limitados órganos de los antecesores y la ventaja inmediata; de manera que los modelos inicialmente simples se van refinando a través del tiempo y a veces se diversifican hacia usos imprevisibles. Estos datos de tipo interdisciplinar, principalmente geológicos y biológicos, contradicen los argumentos de la estrategia del diseño inteligente, tales como su conjetura de la complejidad irreductible.

Introducción

Los fósiles muestran la historia y el curso evolutivo de los organismos a lo largo de los tiempos geológicos y los organismos actuales permiten descubrir detalles del mecanismo evolutivo que no se conocían en tiempos de Charles Darwin (Ayala, 1994; Fontdevila y Moya, 2003; Makinistian, 2004). No obstante, aún se discuten algunos detalles y los antievolucionistas aprovechan las discusiones de los científicos para sacarlas

de contexto como si apoyaran sus ideas (Eldredge, 2000). Sin embargo, la evolución biológica es un hecho que no cambiará porque se modifique algún aspecto del mecanismo y existe un amplio consenso entre los científicos (Troncoso y Tamayo, 1998), de tal forma que es una teoría tan sólida como que la Tierra es casi esférica y gira alrededor del Sol (Molina, 2006). Sin embargo, a pesar de que actualmente la evolución es aceptada por la Iglesia Católica, es atacada por los proponentes del diseño

inteligente con argumentos pretendidamente científicos.

El argumento del diseño inteligente es muy débil ya que puede formularse al contrario de como lo hacen sus seguidores, es decir que hay mucha imperfección en el mundo y fallos en diseño de organismos y del hombre (Molina, 2001). Sin embargo, el argumento es utilizado como estrategia para infiltrar la religión en las escuelas de EEUU y algunos políticos ultraconservadores lo están fomentando. Por ejemplo, las

declaraciones de apoyo de los presidentes Ronald Reagan y George Bush. El diseño inteligente es una nueva estrategia de la pseudociencia creacionista, es religión disfrazada de ciencia y es el “caballo de Troya” de la ultraderecha religiosa. Esto se ha puesto de manifiesto en un reciente juicio, *Kitzmiller vs. Dover*, cuya sentencia ha dictaminado que es creacionismo disfrazado con un camuflaje pseudocientífico (Claramonte Sanz, 2007). Pero los charlatanes y las pseudociencias

PALABRAS CLAVE / Evolucionismo / Creacionismo / Diseño Inteligente / Pseudociencia /

Recibido: 20/04/2007. Aceptado: 01/08/2007.

Eustoquio Molina. Doctor en Ciencias Geológicas, Universidad de Granada, España. Catedrático de Paleontología, Universidad de Zaragoza, Es-

paña. Dirección: Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. E-50009-Zaragoza. España. e-mail: emolina@unizar.es.

Manuel Tamayo. Magíster en Ciencias Biológicas, Universidad de Chile. Doctor en Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada,

España. Profesor, Universidad Católica del Maule, Chile. e-mail: mtamayo@ucm.cl.

ARGUMENTS AND SCIENTIFIC INTERDISCIPLINARY DATA ABOUT THE IMPERFECTIONS OF EVOLUTIONARY DESIGN

Eustoquio Molina and Manuel Tamayo

SUMMARY

The intelligent design argument is very weak because it can be formulated inversely. In this way, some imperfections of the universe and the Earth, the geological chronology of the appearance of life in millions of years, the existence of intermediate fossil forms and species are made evident. Besides, quite relevant examples of phylogenies and numerous examples about the way that some living species were designed by evolution also exist. It is shown that the evolution of the organisms is far from being perfect, as it would have been created by an intelligent designer, instantaneously with new organs and with all the

materials available. However, it is sufficiently good to adapt the organism to the new environmental needs. Natural selection is blind, but it is not final, lacks forethought and takes advantage of restricted organs of the ancestors and their immediate advantage; therefore, the initial simple models, have been improved through time and, sometimes, they diversify towards unexpected goals. These interdisciplinary data, mainly geological and biological, contradict the arguments of intelligent design, such as its supposition of an irreducible complexity.

ARGUMENTOS E DADOS INTERDISCIPLINARES CIENTÍFICOS SOBRE AS IMPERFEIÇÕES DO PROJETO EVOLUCIONÁRIO

Eustoquio Molina e Manuel Tamayo

RESUMO

O argumento usado para o desenho inteligente é bastante débil uma vez que pode ser formulado de forma antagônica ao realizado pelos seus seguidores. Neste sentido, é posto em evidência distintas imperfeições ao desenho do universo e da Terra, à cronologia geológica do surgimento da vida em milhões de anos, à existência de formas e espécies fósseis intermediárias e exemplos de filogenias bastantes significativas bem como, numerosos exemplos de desenho evolutivo dos seres vivos, no qual se manifesta que este longe de ser ótimo, como o que se conseguiria se fosse realizado por um desenhador inteligente de

forma instantânea com peças novas e todos os materiais à sua disposição, é suficientemente bom como para adaptar o organismo às novas necessidades ambientais. A seleção natural é cega mas não terminista e descuidada, aproveita os limitados órgãos dos antecessores e a vantagem imediata, de modo que os modelos inicialmente simples vão sendo refinados ao longo do tempo diversificando-se, por vezes, a usos imprevistos. Estes dados interdisciplinares, principalmente geológicos e biológicos, negam os argumentos da estratégia do desenho inteligente, tais como o pressuposto da complexidade irreduzível.

son intolerables en los medios académicos (Bunge, 1996).

El presente ensayo pretende analizar los débiles argumentos de los proponentes del diseño inteligente, poner de manifiesto las imperfecciones del diseño del mundo y, especialmente, mostrar que el diseño de los organismos dista mucho de ser óptimo y que es el resultado del mecanismo evolutivo.

Los argumentos del Diseño Inteligente

El argumento del diseño fue desarrollado por el reverendo inglés William Paley (1743-1805), quien escribió en *Natural Theology*, en 1802, que si una persona encuentra un instrumento muy complejo y preciso, como un reloj, nos forzaría a concluir que debió tener un fabricante, que debió existir en algún momento y lugar un artífice que lo construyera con una finalidad, que

concibió su construcción y diseñó su utilización. Este argumento, también denominado del designio o teleológico, fue criticado por el filósofo David Hume (1711-1776) en su libro *Diálogos concernientes a la religión natural*, de 1779, antes incluso de que lo desarrollara el reverendo Paley. Según Hume el argumento del diseño puede ser una guía adecuada para formular una hipótesis, pero no un criterio válido de prueba y verificación. Asimismo, Dawkins (1988), con su analogía del relojero ciego, ha criticado muy rigurosamente el argumento del diseño inteligente, basándose sobre todo en los más recientes avances de la genética, la embriología y la biología molecular, llegando a la conclusión que la teoría de la evolución explica tanto la aparición de la vida a partir de la materia inorgánica como la increíble complejidad que han adquirido los actuales seres vivos.

La nueva estrategia del diseño inteligente surgió en EEUU hacia 1992 y los principales proponentes fueron Phillip E. Johnson, Michael J. Behe, William A. Dembski y Stephen C. Meyer. El único de ellos que desarrolla una línea de investigación algo relacionada con la evolución es Michael J. Behe. Es profesor de bioquímica en la Universidad de Lehigh, si bien sus compañeros de departamento han hecho público que rechazan sus propuestas sobre el diseño inteligente y otros muchos científicos afirman que el diseño no es inteligente (Perakh, 2004). Behe es mucho más conocido por sus sensacionales propuestas que por la relevancia de sus descubrimientos. Sus ideas sobre el diseño han sido publicadas en un libro de divulgación de 1996, *Darwin's Black Box*, el más relevante del movimiento, gran éxito de ventas en EEUU y traducido en 1999 como *La Caja*

negra de Darwin: el reto de la bioquímica a la evolución. Behe, a diferencia de Johnson y otros creacionistas, no ataca indiscriminadamente todos los fundamentos de la teoría de la evolución. Sin embargo, no cree que la evolución explique la biología molecular ni cree que haya originado sistemas complejos.

Behe propone la conjetura de la "complejidad irreductible": ciertos sistemas biológicos están formados por piezas tan bien ajustadas entre sí para realizar cierta función, que el sistema deja de funcionar si se elimina a alguna de ellas, y como todos estos elementos son necesarios, no pudieron haber evolucionado por etapas sucesivas, que serían incompletas e inútiles. Los ejemplos favoritos de Behe para apoyar la complejidad irreductible son el flagelo bacteriano y el sistema de coagulación sanguínea. Sin embargo, dichos ejemplos han sido explicados

por los biólogos como resultado del diseño evolutivo. Así, algunas proteínas del flagelo sí resultan funcionales separadas y numerosas bacterias las utilizan para inyectar toxinas en otras células. Lo mismo ocurre con las proteínas de coagulación sanguínea, las cuales provienen por modificación evolutiva de versiones similares que aparecen en el sistema digestivo (Jiang y Doolittle, 2003).

Además, Behe parece desconocer el proceso evolutivo de la exaptación que ocurre cuando una estructura cambia su función original por otra nueva, mecanismo bien explicado por los paleontólogos, por ejemplo, para las patas de dinosaurios que dieron lugar a las alas de las aves. Asimismo, el falso pulgar del panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*), originalmente relacionado con el desplazamiento y la caza sobre los árboles, actualmente es usado como órgano para manipular bambú antes de comérselo (Gould, 1983; Endo *et al.*, 1999). La selección natural debió trabajar con lo disponible: un pequeño hueso de la muñeca se agrandó y alargó y se modificaron los músculos asociados formando un notable mecanismo equivalente a nuestro pulgar.

El Universo y la Tierra: Diseños Imperfectos

Desde que se inventaron los telescopios se ha ido constatando la gran magnitud del universo conocido, hechos que han servido a los creacionistas como argumentos relevantes para creer en un diseñador sobrenatural y afirmar que vivimos en un universo bien diseñado. La observación desde el espacio con los últimos avances tecnológicos ha permitido confirmar que está constituido por una inmensidad de galaxias y se está comprobando que la Tierra es el único planeta en que existe vida inteligente en esta parte del universo; hasta el momento no se han encontrado pruebas claras de seres

vivos en ninguna otra parte del Sistema Solar, y las supuestas apariciones de seres extraterrestres no son más que un moderno mito pseudocientífico. El ambiente espacial es tan hostil que la vida probablemente es un fenómeno muy escaso y disperso en el universo. Tampoco se puede afirmar que nuestro planeta esté diseñado inteligentemente para albergarnos. En la Tierra los organismos vivos están amenazados por el posible choque de grandes meteoritos que podrían desencadenar una súbita extinción en masa, tal como ocurrió en el límite Cretácico/Terciario hace 65 millones de años (Molina, 1995). Es muy poco probable que ocurra en el corto intervalo de una vida humana, pero es posible, y junto con la deriva de tantos asteroides, así como los bombardeos de pequeños meteoritos a que está sometida la Tierra, evidencia que el universo no tiene un diseño perfecto.

Si en nuestro Sistema Solar los planetas tuviesen otras características más propicias para el desarrollo de la vida, los seres vivos podrían haber prosperado más rápidamente, y podría haber un régimen distinto de evolución y extinciones. Tampoco parece que sea un diseño perfecto el enorme derroche de espacio en el universo y que tengamos que hacinarnos en la Tierra tantos millones de personas. ¿Haría un diseñador inteligente un universo tan imperfecto y hostil?. La simplicidad de la mayor parte del universo y el derroche de espacio quedan claramente en evidencia considerando su proporción de elementos químicos. Los átomos existentes en el universo conocido son casi exclusivamente hidrógeno y helio, los dos más simples. Por cada millón de átomos de hidrógeno existen 160.000 átomos de helio, 700 de oxígeno, 600 de neón, 300 de carbono, 100 de nitrógeno, 30 de silicio, 30 de magnesio, 20 de azufre, 10 de hierro, 5 de argón, 2 de aluminio, 2 de sodio, 2 de calcio y menos de uno de todos

los demás elementos (Bresch, 1989). ¿Por qué un diseñador inteligente y todopoderoso haría esta repartición de átomos? La explicación la da la astrofísica: los átomos se han ido formando a partir del *Big Bang* mediante explosiones nucleares en el interior de las grandes supernovas. Según los creacionistas la “Gran Explosión” no resulta entendible sin la intervención divina, como sería de esperar en una explosión incontrolada, pero la explosión primigenia que dio lugar al universo no puede enjuiciarse con los patrones de nuestro sentido común, sino que se dio un estado de mínima entropía a causa de la gravitación. Así la interacción gravitacional compensó la entropía del equilibrio térmico inicial y posibilitó la aparición de un cosmos como el que hoy conocemos (Alemañ Berenguer, 2007). Los astrofísicos han puesto de manifiesto que el universo está en expansión como afirma la teoría del *Big Bang* y se rige por una serie de leyes propias de distintas disciplinas como la astronomía, la termodinámica y otras ciencias.

Nuestro planeta Tierra se rige por la tectónica de placas, que es un paradigma geológico que ningún científico competente pone en duda. El hecho que la vida basada en el carbono haya podido evolucionar en la Tierra se debe al movimiento de las placas que recicla el carbono y otros elementos, los sedimentos de la corteza se engullen en las zonas de subducción y salen transformados en las zonas de acreción de las dorsales. Si este mecanismo cesara, en poco tiempo la Tierra sería un planeta inerte como Marte. Estos movimientos y procesos se miden en millones de años, así nuestro planeta se formó hace unos 4600 millones de años, hace unos 4300 se enfrió y se formó una corteza y los océanos. Entonces se empezaron a sintetizar moléculas orgánicas a partir de elementos inorgánicos. Las primeras evidencias paleontológicas de organismos bacterianos

datan de hace 3465 millones de años; hace 542 millones de años aparecieron los organismos con esqueletos calcificados y la mayoría de los filos, pero hasta hace 2 millones de años no apareció el género *Homo*. Estas dataciones son rechazadas por los creacionistas literalistas que afirman que la Tierra fue creada hace tan solo 6000 años y en seis días. Los modernos creacionistas del diseño inteligente han renunciado a estas ideas y aceptan la cronología geológica, pero la pregunta lógica es ¿por qué un diseñador inteligente tardaría unos 4000 millones de años en crear los animales y plantas superiores y después unos 540 millones más en crear al hombre?

Desde la antigüedad los fósiles fueron interpretados de diversas maneras hasta que se demostró que son restos de organismos que habían vivido en el pasado. Algunos los interpretaban como juegos de la naturaleza, y los creacionistas los atribuyen al diluvio universal (Sequeiros, 1997). Los creacionistas “científicos” no sólo atacan a la teoría de la evolución, también descalifican a otros muchos aspectos geológicos y paleontológicos, como dataciones en millones de años, inexistencia del diluvio universal, etc. Los estratégrafos del diseño inteligente se han desmarcado del relato bíblico, sin embargo, proponentes como Phillip E. Johnson, en su libro *Darwin on Trial* de 1991, niegan la existencia de fósiles intermedios y pretenden así refutar el hecho evolutivo. Se aprovechan de que el proceso de fosilización conlleva la destrucción de la inmensa mayoría de los organismos, fosilizando principalmente fragmentos de pocos organismos y rara vez fosiliza al organismo completo. Las ciencias de carácter histórico (arqueología y paleontología) trabajan con restos muy fragmentarios, pero que permiten reconstruir el pasado. Normalmente las especies evolucionan en pequeñas poblaciones y en muchos casos, tales como organismos de gran tamaño,

es difícil encontrar ejemplares y más difícil aún a los intermedios. Sin embargo, el registro fósil de los microfósiles y nanofósiles es tan rico, que en pocos gramos de sedimento se pueden encontrar miles de microfósiles y millones de nanofósiles. Así los micropaleontólogos encuentran con facilidad ejemplares intermedios, sobre todo de organismos planctónicos, que ponen de manifiesto que la especiación ha ocurrido tanto de forma gradual como de forma rápida (equilibrios puntuados) y lo que aún se discute es cuál de las dos es la predominante. Pero los antievolucionistas suelen malinterpretar y sacar fuera de contexto frases de científicos evolucionistas, tal como hacen con el mecanismo de los equilibrios puntuados de Eldredge y Gould (Eldredge, 2000).

Para constatar el hecho evolutivo basta con apreciar que en muchos casos la delimitación de las especies es imprecisa y en gran parte convencional, porque no coinciden entre sí diversos criterios (por ejemplo morfológicos, biogeográficos, genéticos o reproductivos), lo que se explica simplemente porque se trata de poblaciones en evolución. Por ejemplo, ¿los elefantes africanos vivientes conforman una, dos o tres especies? (Debruyne, 2005). Si a alguien se le encargara separar una pareja de cada especie viviente se enfrentaría a un gran problema, porque ni los especialistas se ponen de acuerdo. En segundo lugar, la mayoría de las especies fósiles tienen caracteres intermedios entre el antecesor y los descendientes a cualquier nivel taxonómico. Ejemplos que muestran una serie de especies intermedias hay tantos que sería largo detallarlos. Uno clásico es la filogenia del caballo (Simpson, 1961), otro la filogenia humana, cuyas numerosas especies intermedias han aparecido en las últimas décadas y contradicen el creacionismo bíblico (Carbonell, 2003), pero el fósil intermedio más popular es *Archaeopteryx*, con caracteres

entre dinosaurio y ave. Si no existieran formas intermedias no existiría evolución, pero entonces ¿por qué las especies se extinguen y aparecen otras que evolucionan ocupando una y otra vez los mismos nichos ecológicos?. ¿Cuántas creaciones sucesivas de diseño han existido con posterioridad a cada evento de extinción?

La introducción de especies foráneas que se convierten en plagas demuestra que muchos seres vivos no habitan en todos los lugares en que podrían vivir, sin embargo cada zona biogeográfica tiene su fauna y su flora particular. ¿Por qué un diseñador inteligente poblaría las selvas tropicales de América, de África y de Asia con especies diferentes? La distribución geográfica de algunos grupos parece caprichosa, pero la evolución biológica muestra cómo los distintos grupos han tenido centros de origen desde los que se han expandido y las distribuciones discontinuas se deben a la extinción de poblaciones intermedias o bien son resultado de movimientos experimentados por las placas continentales modificando su distribución (De Beer, 1970; Strickberger, 1993; Kumar, 2001). Si las especies biológicas fueron creadas independientemente, ¿por qué las islas oceánicas tienen un alto grado de especies endémicas y por qué el creador no distribuyó anfibios y peces de agua dulce en islas separadas que tienen ambientes adecuados para ellos? ¿Por qué la flora y fauna de las islas oceánicas se parecen a la de las tierras continentales cercanas, aún cuando sus ambientes sean diferentes? La explicación es simple: porque las islas oceánicas se levantaron de los fondos oceánicos y gradualmente fueron pobladas por especies llegadas accidentalmente desde continentes vecinos, siendo imposible que soportaran la travesía los anfibios y peces dulceacuícolas, y en su aislamiento la evolución hizo surgir especies nuevas.

Una gran especialización puede ser causa de éxito, pero

tras cambios ambientales puede llevar a la extinción. Cuanto más “perfecta” sea la adaptación con mayor probabilidad su poseedor se condenará a la extinción al enfrentarse a condiciones cambiantes, de modo que el exceso de adaptación es perjudicial; el registro fósil demuestra que la gran mayoría de las líneas evolutivas se han extinguido, un pobre resultado de los supuestos poderes de un diseñador con propósitos. Los creacionistas literalistas continúan negando la realidad de la extinción, o la atribuyen al diluvio universal, aunque los antievolucionistas del diseño inteligente se han distanciado de ellos. Sin embargo, las preguntas pertinentes siguen siendo ¿por qué un diseñador inteligente ha permitido la extinción de tantas especies a lo largo de tantos millones de años? y ¿por qué el ser humano, supuestamente creado a su imagen y semejanza, está provocando la sexta gran extinción en masa?

Seres Vivos: Resultados de la Evolución

Con el desarrollo de la ciencia, la Tierra dejó de considerarse un punto privilegiado, central y enorme, con pocos miles de años de antigüedad, para pasar a ser un pequeño punto en el espacio, girando alrededor de una pequeña estrella, apenas una entre cien mil millones que conforman la Vía Láctea, que a su vez es una entre miles de millones de galaxias del universo conocido, de varios miles de millones de años de antigüedad. La ciencia, cuyos conocimientos son verificables, desarrolló un modelo en el que todo lo existente se encuentra en constante cambio, reconociéndose tres niveles de evolución: cósmica, biológica y cultural. En este escenario, surge una nueva explicación para el origen de las notables adaptaciones de los seres vivos: han evolucionado a partir de ancestros comunes. La evolución biológica resulta de la interacción entre dos factores fundamentales: las mutaciones, que se

producen accidentalmente, y la selección natural, que guía el proceso. Las mutaciones ocurren independientemente de las necesidades del organismo, pero solo modifican lo existente. Es imposible, por ejemplo, que una simple mutación forme en una persona un par de alas, o una caparazón de tortuga. Los cambios evolutivos son oportunistas, cada nuevo organismo se construye con piezas que se reorganizan de un nuevo modo o se transforman realizando nuevas funciones. La selección natural aprovecha la ventaja inmediata y no es finalista; los modelos inicialmente simples se refinan a través del tiempo y a veces se diversifican hacia diferentes usos. El nuevo diseño dista de ser óptimo, como el que se conseguiría si lo realizara un diseñador en forma instantánea, con piezas nuevas y con todos los materiales a su disposición; pero es suficientemente bueno como para adaptar al organismo a las nuevas necesidades ambientales.

Luego de postulado el modelo evolutivo mediante selección natural por Darwin en 1859, se produjo una fuerte discusión entre partidarios y detractores. El biólogo británico George Jackson Mivart (1827-1900) insistió en que ojos y alas son estructuras demasiado complejas como para haber evolucionado mediante pequeñas modificaciones (Mivart, 1871). Afirmó que debieron aparecer instantáneamente, porque las etapas incipientes no tendrían valor para la supervivencia. El movimiento actual del diseño inteligente, ajeno a la ciencia, ha retomado este tipo de argumentos antievolucionistas, tras el fracaso de los intentos por instaurar la enseñanza de la creación del Génesis en clases de ciencias naturales.

¿Tienen alguna base estas opiniones al margen de la ciencia? Los organismos poseen estructuras innecesarias y muchos órganos presentan un diseño lejos de la perfección, que no tiene nada de “inteligente”. Por ejemplo, durante la vida extrauterina

las células musculares cardíacas carecen de capacidad regenerativa eficiente y no poseen dispositivos auxiliares que garanticen una irrigación sanguínea adecuada, de modo que cuando se obstruye una rama de las arterias coronarias una zona del músculo cardíaco queda sin irrigación, se produce necrosis, el defecto es reemplazado por tejido conectivo y la función en esa zona se interrumpe (Massa *et al.*, 2005). Si se obstruye una arteria de gran calibre, puede destruirse una zona grande, ocasionando muerte súbita. El infarto del miocardio es frecuente porque las arterias coronarias son propensas a bloquearse con la edad, por su estrechez y el esfuerzo continuo, y son pocas las posibilidades de supervivencia tras un nuevo infarto. Si estamos contruidos por un diseñador inteligente, ¿Por qué no diseñó mejor la irrigación sanguínea del corazón y dotó a las fibras musculares cardíacas de una capacidad efectiva de reparación?

Los mamíferos comedores de termes u hormigas, como los osos hormigueros y los pangolines, presentan larga lengua, glándulas salivales bien desarrolladas y carecen de dientes. Sin embargo, el cerdo hormiguero (*Orycteropus afer*), que se alimenta solo de termes, posee dientes simples sin esmalte, en estado de regresión evolutiva. Si se hubiese diseñado inteligentemente no los tendría. Los jóvenes tienen dentición completa, con 40 piezas vestigiales de leche, y en los adultos hay entre cuatro y siete dientes funcionales por hemimandíbula, desapareciendo incisivos y caninos (Lönnberg, 1906). Se descubrió un adulto con dos premolares y un canino adicionales, muy reducidos y ocultos (Heuvelmans, 1939). Se suele señalar lo bien adaptada que está la dentadura con grandes y afilados caninos, premolares y molares con puntas agudas, típica de los mamíferos del orden Carnívora. Entre ellos se encuentra el panda gigante

(*Ailuropoda melanoleuca*), que se alimenta solo de bambú. ¿Por qué presenta ese tipo de dentadura y no aquella con caninos reducidos o ausentes y molares aplanados, típica de herbívoros? Porque no fue diseñado para alimentarse de vegetales, sus ancestros se alimentaban de carne, como la mayoría de los carnívoros. Se explican fácilmente rudimentos innecesarios como éstos por un proceso evolutivo histórico. Inicialmente pudieron servir pero dejaron de ser útiles debido a presiones selectivas por cambios en formas de vida, y la selección natural no ha sido suficientemente intensa o no ha tenido el tiempo necesario para eliminarlas, constituyendo un “lastre filogenético”.

Los antievolucionistas suelen afirmar que la evolución biológica no es posible porque es solo azar, y para demostrar su imposibilidad calculan que la más simple proteína tiene una probabilidad mínima de formarse mediante la unión al azar de sus aminoácidos, que si se les enseñara a unos chimpancés a teclear en una máquina de escribir nunca escribirían un libro entendible en algún idioma conocido, que un huracán que arrasara un depósito de desechos metálicos jamás lograría formar un avión que funcionara y que es imposible la generación espontánea de organismos. Estas afirmaciones demuestran su ignorancia (real o fingida) de cómo se produce la selección natural, que es un mecanismo anti-azar. Requiere poblaciones de organismos vivientes, información genética variada que se mezcle y reproduzca, condiciones que favorezcan a ciertos caracteres sobre otros, y tiempo prolongado. Según las circunstancias, un nuevo carácter puede ser ventajoso (perpetuado y expandido por la población), ser neutro o ser desventajoso, y en este último caso tendería a eliminarse. Los ejemplos mencionados (aminoácidos que se unen espontáneamente, chimpancés que teclean, huracán que pasa sobre chatarra y generación

espontánea de un organismo) corresponden a situaciones únicas, de resultados inmediatos y con un propósito esperado. Si cualquiera de esos sucesos fuese viable no sería una “selección natural”, sería un “milagro”, por lo tanto con estos ejemplos los fundamentalistas están descartando el mecanismo que ellos mismos proponen.

El componente azaroso del proceso evolutivo corresponde a la producción de mutaciones, cambios en la información genética que tienen causas bien definidas (radiaciones, sustancias químicas, inserción de un virus, etc.). Son azarosas porque cualquier gen puede mutar en cualquier sentido, en una u otra célula y en cualquier momento, independientemente de las necesidades. Las mutaciones son la base de la diversidad genética, que aumenta cuando los genes se recombinan e interactúan entre sí. Los genes son la materia prima de la selección natural, que aumenta la eficacia de la adaptación si existe éxito reproductivo. La evolución biológica se produce por ensayo y error, y la “perfección” del producto dependerá de las mutaciones disponibles y de las condiciones ambientales. Los fundamentalistas suelen negarlo diciendo que todas las mutaciones son desventajosas, causantes de daños o enfermedades. Por supuesto que eso es cierto para un alto porcentaje de mutaciones, ¿Cómo se explicaría este hecho en un universo diseñado inteligentemente?

Un diseñador inteligente con todos los materiales imaginables a su disposición, haría diseños definitivos. El registro fósil demuestra que a veces un problema de diseño se soluciona de una o varias formas en diversas líneas evolutivas. Es el caso de la concha de los caracoles (Linsley, 1978; Wagner, 2001), originalmente recta. A medida que aumentaron sus dimensiones, en varias líneas evolutivas se seleccionaron conchas asimétricas, arrolladas en espiral, lo que implica incremento de altura y

disminución de la abertura. El paquete visceral y la cavidad paleal son asimétricos respecto al eje antero-posterior, debido a torsión y espiralización. Con la torsión, el manto portador de las branquias cambió su orientación hacia adelante, acompañada por rotación de las vísceras. La concha asimétrica se impuso sobre las formas simétricas, que se extinguieron. La torsión puede representar una adaptación larvaria para proteger la cabeza, o la utilización de aguas frontales por órganos sensoriales de la cavidad paleal y de las branquias podría favorecer el desarrollo de órganos cefálicos al entregar un espacio adicional y permitir que el agua penetrara en la cavidad del manto por el extremo de la cabeza. La torsión planteó problemas de higiene, debido a que el ano sobre la cabeza contamina a los órganos respiratorios y sensoriales, y los órganos renales se ubican excretando sobre la cabeza. Esto se soluciona por la asimetría de la cavidad del manto que se origina en el arrollamiento, o al eliminar a uno de los miembros del par branquial, de modo que el agua circula por la branquia que queda y es expulsada por el otro lado, que contiene al orificio anal y al conducto renal. En ciertos casos se forman nuevas branquias bilaterales con recuperación de la simetría bilateral, en otros el ano se recurva hacia arriba, adaptándose a una muesca especial de la concha. A medida que la concha crece la abertura anal se transforma en una hendidura.

Muchas características de los organismos son versiones modificadas, adaptadas, de estructuras preexistentes con otras funciones. En el oído medio de los reptiles existe un solo hueso, la columela, que transmite vibraciones desde el tímpano al oído interno, en cambio en los mamíferos existen tres huesecillos, que cumplen la misma función. Por otra parte, en los reptiles la mandíbula inferior está formada por varios huesos. El más anterior, dentario, lleva

los dientes. La articulación mandibular con el cráneo se efectúa a través del articular, que se conecta con el hueso cuadrado. En los mamíferos, en cambio, la mandíbula inferior está formada por un solo hueso y la articulación con el cráneo se realiza mediante un cóndilo que se introduce en la cavidad glenoidea del temporal. Carl B. Reichert (1811-1883) propuso que la mandíbula de los mamíferos corresponde al dentario de los reptiles, el estribo a la columela, el martillo derivaría del articular y el yunque del cuadrado. La anatomía comparada demuestra que los mamíferos mantienen las mismas relaciones que se encuentran en los reptiles entre estos huesos y las estructuras circundantes, nervios, arterias y músculos, a pesar del cambio de función (Kardong, 1999). Una línea reptiliana habría alcanzado el estado de mamífero mediante desplazamiento de la articulación mandibular y reducción de los huesos de la mandíbula, que habrían pasado a formar parte de la cadena de huesecillos. Esta hipótesis se corrobora al comprobarse que mamíferos actuales conservan la conexión de los aparatos mandibular y auditivo en los recién nacidos y el registro fósil demuestra cómo gradualmente se producían estas modificaciones en la línea de reptiles mamiferoides (Allin, 1975; Wang *et al.*, 2001). Los antievolucionistas manifestaron que el paso evolutivo de reptil a mamífero era imposible, porque el animal intermedio no podría abrir la mandíbula. Tal objeción se desvaneció cuando en África del Sur se encontraron restos de reptiles mamiferoides provistos simultáneamente de ambas articulaciones mandibulares, animales que recibieron el nombre de *Diarthrognathus*, “dos articulaciones mandibulares” (Crompton, 1958). Tal como en otros casos, la supuesta imposibilidad de la transición no era otra cosa que la falta de imaginación de los fundamentalistas. Esta secuencia de cambios se explica claramente

por la acción de la selección natural. La reducción gradual de los huesos postdentarios de los reptiles reduciría su masa, aumentando su respuesta oscilatoria ante las vibraciones transmitidas. Al alejarse de la articulación mandibular se pudo especializar la transmisión sonora. Paralelamente hubo cambios en la alimentación, reemplazando la acción de tragar por la masticación, lo que llevó a la modificación de la musculatura que cierra las mandíbulas, que se trasladó hacia el dentario, y simultáneamente se diversificaron los dientes, diferenciándose incisivos, caninos, premolares y molares.

Otro interesante cambio evolutivo de funciones se encuentra en el complejo pineal de los vertebrados (Kardong, 1999). En reptiles vivientes como lagartos (*Lacerta*), luciones (*Anguis*) y tuatara (*Sphenodon punctatus*) existe una vesícula entre los huesos parietales, el órgano parapineal u ojo parietal, que presenta un rudimento de retina, desde donde sale un cordón nervioso hacia el cerebro, contiene un cuerpo vítreo y la pared anterior semeja un cristalino, bajo una epidermis clara y transparente. En las lampreas existen dos órganos parietales, con cierta capacidad fotorreceptora, que surgen del ventrículo del encéfalo intermedio. En antiguos vertebrados fósiles ambos se ubicaban en un orificio del cráneo recubierto por piel delgada, uno al lado de otro, y posteriormente se redujeron disponiéndose uno tras el otro. El “ojo parietal” de los lagartos corresponde al órgano parietal anterior. En los peces es funcional el órgano parietal posterior o epífisis, que semeja un conducto glandular con células sensoriales. Si se expone a la luz la mancha temporal de peces encueguicidos experimentalmente, cambia su coloración. Se trata de un órgano fotorreceptor. En anfibios también controla la coloración de la piel según la luz incidente, liberando melatonina. En mamíferos el órgano parietal posterior

aparece como una evaginación dorsal del cerebro medio, es endocrino y se llama glándula pineal. Ya no se encuentra en la superficie de la cabeza, el crecimiento del encéfalo la ha llevado hacia el interior y ha perdido la función fotorreceptora directa, aunque es fotosensible indirectamente. Integra señales neurales procedentes de la retina y del hipocampo, que dependen de la duración e intensidad de la luz y libera melatonina en correspondencia con el ciclo diario de luz y oscuridad. Su producción es estimulada por la oscuridad e inhibida por la luz a través de impulsos nerviosos procedentes de la retina. ¿Por qué un creador inteligente formaría un órgano endocrino con caracteres de ojo? En peces y anfibios las células propias del cuerpo pineal son típicos fotorreceptores y forman sinapsis con neuronas de segundo orden, en reptiles y aves se trata de fotorreceptores modificados y sin conexiones directas con neuronas, en mamíferos son los pinealocitos, redondeados y más simplificados aún (Collin, 1971). Mediante inmunocitoquímica se ha demostrado un mismo antígeno en fotorreceptores de la retina y en pinealocitos de diversos mamíferos, que suelen poseer un conjunto de laminillas sinápticas, similares a las de los bastones retinianos (Korf *et al.*, 1985).

La posición relativa de diversas estructuras suele mantenerse constante a través de la evolución, pero cambios importantes en formas y dimensiones pueden originar diseños absurdos. Por ejemplo, en la jirafa (*Giraffa camelopardalis*) el nervio recurrente de la laringe, que estimula a los músculos de esa zona, se extiende desde la base del cráneo a lo largo del cuello, rodea al ligamento arterial pulmonar, cerca del corazón, y sube nuevamente, con metros adicionales de nervio. ¿Qué “diseñador inteligente” haría esta disposición que dilapida material y produce menos eficiencia? La explicación es

simple: en todos los mamíferos, que tienen antepasados comunes, este nervio rodea a un ligamento conectado con la arteria pulmonar. Como generalmente el cuello de los mamíferos es corto, suele tener pocos centímetros. Los mamíferos poseen esta disposición por su origen desde antiguos peces (pasando por etapas anfibiana y reptiliana). En los peces cada rama del nervio vago sigue un curso paralelo a un arco arterial entre las hendiduras branquiales. Dos de estas ramas han evolucionado estimulando la laringe de los mamíferos. La rama anterior giraba alrededor del tercer arco arterial, que en los mamíferos actuales corresponde a la carótida, y la rama posterior giraba alrededor del sexto arco branquial, que en mamíferos corresponde al *ductus arteriosus*. Esta estructura transporta sangre hacia la placenta, pero luego se atrofia y forma el ligamento arterial pulmonar (Strickberger, 1993). Si se analiza críticamente la disposición de nervios, vasos sanguíneos y otras estructuras adultas, se encuentran muchos casos en los que el diseño carece de inteligencia y, al igual que éste, solo se explica racionalmente considerando su desarrollo evolutivo. En la glándula pineal, los impulsos nerviosos viajan desde la retina al hipotálamo, se transmiten a través de neuronas simpáticas preganglionares que descienden hasta la médula espinal, ascendiendo luego por una vía nerviosa junto a la arteria carótida hacia el ganglio cervical superior, y desde allí a los nervios coronarios de la glándula (Norman, 1981). ¿Cómo un “diseñador inteligente” crearía esta vuelta sin sentido, dilapidando materiales y disminuyendo la eficiencia? Tal como en el caso del nervio recurrente de la laringe, esta extraña vuelta solo tiene sentido considerando la reorganización evolutiva de las estructuras craneanas desde los peces a los mamíferos.

Probablemente el ser humano ha surgido tan recientemente en la escala geológica,

que ha faltado tiempo para adaptar su estructura a las nuevas exigencias (Osman Hill, 1964; Niesturj, 1966). Existen caracteres que pudieron ser adaptaciones en nuestros antepasados, pero son actualmente imperfecciones por cambios en formas de vida. En la mayoría de los mamíferos un trayecto rectilíneo conecta las fosas nasales con los conductos que van a los pulmones, pero en el ser humano existe un pronunciado ángulo agudo dentro de la nariz, favoreciendo enfermedades como obstrucciones y sinusitis, debido al paso de la postura cuadrúpeda a la bípeda, que obliga a flexionar dorsalmente la cabeza (extensión) para mantener un adecuado campo visual. Los mamíferos adaptados a desplazarse colgando de los árboles por las extremidades anteriores, se caracterizan por largos brazos, manos y pies con dedos oponibles y clavícula grande firmemente fijada al esternón. Nuestros ancestros utilizaban este tipo de locomoción hace entre 7 y 10 millones de años, pero aún retenemos hasta cierta medida tales caracteres. Aunque nuestros brazos son más cortos que los de papiotes cercanos, son más largos que los de otros mamíferos, retenemos una clavícula prominente y la misma musculatura en nuestros pies, aunque reducida, que la de los grandes antropoides. A esto se asocia la extraordinaria capacidad prensil de las manos en los recién nacidos. Debido a la adquisición de la postura erecta, el ser humano actual presenta imperfecciones anatómicas que lo exponen a nuevos riesgos. Los márgenes soportables de sobrecarga por la columna vertebral varían al pasar de su ubicación horizontal a una posición vertical. Somos susceptibles de adquirir hernias en diversos puntos débiles de la pared corporal, por ejemplo hernia inguinal, consecuencia de la adaptación incompleta de músculos y ligamentos para mantener la posición bípeda,

y hay tendencia a desarrollar várices en las extremidades inferiores, debido al peso constante de la columna sanguínea en sus venas (Osman Hill, 1964). Son comunes las desviaciones de la columna vertebral como cifosis, hiperlordosis y escoliosis. En individuos con escoliosis existe debilidad de músculos y ligamentos y con frecuencia debilidades ligamentosas adicionales, como el pie plano. Otro defecto es el desgaste de las vértebras cervicales y el desplazamiento de su posición habitual de los discos intervertebrales. Debido a un esfuerzo especial, un disco se desplaza presionando nervios vecinos, originando dolor.

Otro aspecto deficiente en el diseño del ser humano actual se relaciona con el proceso del nacimiento. La cabeza fetal es desproporcionadamente grande comparada con el conducto de nacimiento que lo conduce al exterior, consecuencia del incremento evolutivo de las dimensiones de nuestro cerebro. Frecuentemente esto produce dificultades en el parto y aumenta el peligro de muerte tanto para la madre como para el hijo. Los mecanismos de defensa inmunológica son responsables de choques anafilácticos, a veces con consecuencias fatales, como la eritroblastosis fetal. Esta enfermedad ocurre cuando una mujer Rh negativa tiene un hijo Rh positivo. Como manifestó el premio Nobel Peter B. Medawar (1915-1987), se debe a que los mecanismos inmunológicos de los mamíferos no han llegado a adaptarse completamente a la viviparidad. Un recuerdo de la reproducción ovípara de los antepasados de los mamíferos se encuentra en las mandíbulas de marsupiales recién nacidos, rudimentos del "diente de la cáscara", que utilizan los reptiles para la eclosión (De Beer, 1970).

La formación de nuestros ojos a través de una serie de pasos evolutivos está claramente estudiada (Simpson, 1961; De Beer, 1970; Salvi-

ni-Plawen y Mayr, 1977). En invertebrados existen desde órganos simples con fotosensibilidad difusa distribuidos por todo el cuerpo, hasta ojos que distinguen pequeños detalles, pasando por placas celulares, depresiones y vesículas con lentes. En unicelulares hay manchas oculares que absorben luz, lo que les permiten reaccionar en respuesta a cambios en intensidad luminosa. Los ojos pluricelulares más simples constan de pocas células fotorreceptoras asociadas a fibras nerviosas en una cavidad de la epidermis. Sirven para orientación y reconocimiento de la duración del día. Ojos más complejos presentan cálices ópticos con una abertura estrecha como lente. Algunos concentran la luz, de modo que el organismo detecta su dirección y puede formar imágenes. Un ojo teóricamente perfecto, diseñado por un ingeniero, no existe en la naturaleza. Los ojos más eficientes deben sacrificar un tipo de información para recibir otra en mejor forma. Nilsson y Pelger (1994) analizaron la evolución de nuestro ojo utilizando principios ópticos y simulaciones en ordenador de mutaciones al azar y selección, concluyendo que se requieren unas 364000 generaciones, lo cual desde la perspectiva de la antigüedad de la vida sobre la Tierra implica un período de tiempo menor del que uno pudiese esperar.

El ojo de los vertebrados, cuya aparente perfección produce la admiración de quienes no saben mucho de biología, posee la retina invertida y algunos otros errores de diseño. Debido a que las capas de la retina están invertidas, la luz debe atravesarlas hasta llegar a las células fotosensibles, que transforman el impulso luminoso en una excitación nerviosa. Las prolongaciones nerviosas y los vasos sanguíneos obstaculizan el paso de la luz. Las fibras nerviosas que recogen estos impulsos se reúnen en un haz en el polo posterior del ojo, formando el nervio óptico, que al salir del

globo ocular atraviesa la capa de fotorreceptores, produciéndose el punto ciego, donde no hay posibilidad de ver. Este diseño inadecuado se debe a razones evolutivas: los globos oculares se formaron a partir del mismo tejido que formó el cerebro, con una determinada ubicación de capas celulares, y esto se repite durante el desarrollo embrionario, de modo que quedamos con la retina invertida. Lo único que ha podido hacer la selección natural es que nuestro cerebro disimule el error y no seamos conscientes de él. La visión de colores se basa en diferencias entre moléculas de opsina, proteínas específicas para detectarlos. En el cromosoma humano número 7 se localiza el gen que codifica la opsina que detecta la luz azul y en el cromosoma sexual X los genes para los colores verde y rojo. Existen individuos que tienen daltonismo debido a que poseen un gen quimera, formado por un fragmento del gen para detectar el verde unido a un fragmento del gen para detectar el rojo, porque ambos genes son vecinos y pueden entrecruzarse trozos de cromosomas homólogos en forma desigual durante la meiosis. Estos genes quimera llevan a la síntesis de un pigmento híbrido cuya fotosensibilidad se sitúa entre la de ambos pigmentos (Nathans *et al.*, 1986). Si un diseñador inteligente hubiese previsto este problema habría colocado a ambos genes en cromosomas diferentes, pero esta situación tiene un origen evolutivo: ambos genes están en el mismo cromosoma, son muy similares y son vecinos porque derivan de un antepasado común. Un análisis de la visión de los colores en diversos primates confirma esta hipótesis: mientras los monos del antiguo mundo (catarrinos) llevan los dos genes mencionados en el cromosoma X, los del nuevo mundo (platirinos), evolutivamente más antiguos, solo tienen un gen codificador de pigmento visual en el cromosoma X.

Si los antílopes están di-

señados para eludir el ataque de los leones, y los leones fabricados para cazar antílopes, a su vez diseñados para destruir hierbas. ¿Cuál es el fin de estos diseños contrapuestos? ¿Es que el diseñador se regocija cuando el león se desespera y muere de hambre porque los antílopes se le escapan, o cuando los antílopes sufren al ser alcanzados y desgarrados por los leones? y ¿Por qué tanto leones como antílopes y otros organismos están poblados por numerosos parásitos internos y externos, bien adaptados? ¿Qué clase de creador sádico dotó a los gatos de las habilidades para jugar con ratones moribundos? ¿Por qué no creó una naturaleza en la cual todos los organismos fuesen autótrofos, todos pudiesen fabricar sus nutrientes a partir de materias inorgánicas? No existiría hambre en el mundo si el “diseñador inteligente” hubiese dotado a los humanos de una simple enzima digestiva que nos permitiera digerir la celulosa, lo que nos permitiría alimentarnos de pasto y papel.

Conclusiones

En consecuencia, el diseño del mundo es imperfecto y el de los seres vivos dista mucho de ser óptimo. Se explica plausiblemente como el resultado del mecanismo de la evolución y no resulta necesario ni científico apelar a un diseñador sobrenatural. El argumento del diseño inteligente no es una explicación científica porque se basa en la acción de fuerzas supernaturales omnipotentes y la ciencia se basa en hechos verificables del mundo físico real, explicando lo complejo a partir de la evolución, por causas naturales, desde algo más simple, lo cual es más lógico y plausible. Los antievolucionistas evocan la existencia de un Diseñador, que por lógica debe ser complejo y perfecto, lo cual siguiendo el mismo razonamiento, debió ser creado por un Supercreador, aún más complejo y per-

fecto, y así hasta el infinito. Por lo tanto, lo que se quiere explicar se ha convertido en su propia explicación.

Muchos científicos rigurosos en su especialidad no conocen suficientemente el evolucionismo y observan impasibles el sensacionalismo antievolucionista. Los científicos que militan en las organizaciones creacionistas no investigan y no son expertos en evolución, y aquellos pocos que parecen investigar, como ocurre con algún proponente del diseño inteligente, están muy condicionados por sus ideas religiosas e interpretan los datos de forma no plausible y sesgada. Este sería el caso de Michael J. Behe, cuyo proceder con la estrategia del diseño inteligente parece sobrepasar la sana heterodoxia, llegando a constituir un caso de ciencia patológica y su “teoría” una pseudociencia más sofisticada que la del creacionismo “científico”.

REFERENCIAS

Alemañ Berenguer R (2007) *Evolución o diseño: ¿un dilema?* Sirius. Madrid, España. 350 pp.

Allin EF (1975) Evolution of the mammalian middle ear. *J. Morphol.* 147: 403-438.

Ayala FJ (1994) *La naturaleza inacabada: ensayos en torno a la evolución.* Salvat. Barcelona, España. 270 pp.

Bresch C (1989) *La Vida, un estado intermedio.* Salvat. Barcelona, España. 268 pp.

Bunge M (1996) In praise of intolerance to charlatanism in academia. *Ann. the New York Acad. Sci.* 775: 96-115.

Carbonell E (2003) *Los sueños de la evolución.* Adventure Press, National Geographic, RBA Libros, Barcelona, España. 251 pp.

Claramonte Sanz VM (2007) Test científico a la teoría del diseño inteligente: la sentencia Kitzmiller et al. vs. El Distrito Escolar de Dover. *Evolución* 2: 31-42.

Collin JP (1971) Differentiation and regression of the cells of the sensory line in the epiphysis cerebri. En Wolstenholme GEW, Knight J (Eds.) *The pineal gland.* Ciba Foundation Symposium. Churchill

Livingstone. Londres, RU. pp. 79-125.

Crompton AW (1958) The cranial morphology of a new genus and species of ictidosauran. *Proc. Zool. Soc. Lond.* 130: 183-216.

Dawkins R (1988) *El relojero ciego.* Labor. Barcelona, España. 366 pp.

De Beer G (1970) *Atlas de Evolución.* Omega. Barcelona, España. 210 pp.

Debruyne R (2005) A case study of apparent conflict between molecular phylogenies: the interrelationships of African elephants. *Cladistics* 21: 31-50.

Eldredge N (2000) *The triumph of evolution and the failure of creationism.* Freeman. Nueva York, EEUU. 223 pp.

Endo H, Yamagiwa D, Hayashi Y, Koie H, Kimura J (1999) Role of the giant panda's “pseudothumb”. *Nature* 397: 309-310.

Fontdevila A, Moya A (2003) *Evolución: origen, adaptación y divergencia de las especies.* Síntesis. Madrid, España. 591 pp.

Gould SJ (1983) *El pulgar del panda.* Blume. Madrid, España. 352 pp.

Heuvelmans B (1939) Le problème de la dentition de l'Oryctérope. *Bull. Musée Royal d'Hist. Nat. Belg.* 15: 1-30.

Jiang Y, Doolittle RF (2003) The evolution of vertebrate blood coagulation as viewed from a comparison of puffer fish and sea squirt genomes. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 100: 7527-7532.

Kardong KV (1999) *Vertebrados. Anatomía comparada, función, evolución.* McGraw Hill. Madrid, España. 732 pp.

Korf HW, Moller M, Gery I, Ziegler JS, Klein DC (1985) Immunocytochemical demonstration of retinal S-antigen in the pineal organ of four mammalian species. *Cell Tiss. Res.* 239: 81-85.

Kumar B (2001) *Organic evolution.* Campus Books. Nueva Delhi, India. 458 pp.

Linsley RM (1978) Shell form and the evolution of gastropods. *Am. Scientist* 66: 432-441.

Lönnberg E (1906) On a new *Orycteropus* from the Northern Congo, and remarks on the dentition of the Tubulidentata. *Arkiv Zool., Stockholm, Ser. B.* (3): 1-35.

Makinistian AA (2004) *Desarrollo histórico de las ideas y teorías evolucionistas.* El Aleph. Prensas Universitarias de Zaragoza, España. 294 pp.

Massa M, Rosti V, Ferrario M, Campanelli R, Ramajoli I, Rosso R, De Ferrari GM, Ferrini M, Goffredo L, Bertoletti A, Klersy C, Pecci A, Moratti R, Tavazzi L (2005) Increased circulating hematopoietic and endothelial progenitor cells in the early phase of acute myocardial infarction. *Blood* 105: 199-206.

Mivart STG (1871) *On the Genesis of Species.* Appleton. Nueva York, EEUU. 314 pp.

Molina E (1995) Modelos y causas de extinción masiva. *Interciencia* 20: 83-89.

Molina E (2001) Estrategias recientes en la controversia creación versus evolución. *Cuadernos Interdisciplinarios* 8: 155-174.

Molina E (2006) La estrategia del diseño inteligente y su influencia en España. *El Escéptico* 21: 30-34.

Nathans J, Thomas D, Hogness DS (1986) Molecular genetics of human color vision: the genes encoding blue, green and red pigments. *Science* 232: 193-202.

Niesturj MF (1966) *El origen del hombre.* Pueblos Unidos. Montevideo, Uruguay. 379 pp.

Nilsson DE, Perger S (1994) A Pessimistic Estimate of the Time Required for an Eye to Develop. *Proc. Roy. Soc. Lond.* 256: 53-58.

Norman R (1981) To ovulate or not to ovulate. A decision. *Primate News* 19: 2-7.

Osman Hill WC (1964) *El hombre como animal.* Eudeba. Buenos Aires, Argentina. 235 pp.

Perakh M (2004) *Unintelligent Design.* Prometheus. Amherst, NY, EEUU. 459 pp.

Salvini-Plawen Lv, Mayr E (1977) On the evolution of photoreceptors and eyes. *Evol. Biol.* 10: 207-263.

Sequeiros L (1997) Charles Lyell (1797-1875) y el conflicto entre la nueva geología y la religión. *Proyección* 44: 127-138.

Simpson GG (1961) *El sentido de la Evolución.* Eudeba. Buenos Aires, Argentina. 319 pp.

Strickberger MW (1993) *Evolución.* Omega. Barcelona, España. 573 pp.

Troncoso A, Tamayo M (1998) *¡Viva la Ciencia!*. Universidad de Talca, Chile. 227 pp.

Wagner PJ (2001) Gastropod phylogenetics: progress, problems, and implications. *J. Paleontol.* 75: 1128-1140.

Wang YQ, Hu YM, Meng J, y Li CK (2001) An ossified Meckel's Cartilage in two Cretaceous mammals and origin of the mammalian middle ear. *Science* 294: 357-361.