
Ciencia de los Orígenes

Otoño 2004

Una publicación del Geoscience Research Institute
Loma Linda, California

Número 68

¿QUÉ ES ARCHAEOPTERYX?

Raúl Esperante

Geoscience Research Institute

Desde que se descubrió en 1861, *Archaeopteryx lithographica* (Figura 1) ha sido el fósil más famoso y también uno de los más controvertidos de los hasta ahora encontrados. En palabras del especialista en aves fósiles J. H. Ostrom (1976) “[p]osiblemente ningún otro espécimen zoológico, fósil o reciente, se considere tan importante como lo son los de *Archaeopteryx lithographica*”. No le faltan razones para ello, pues no solamente fue el milagroso fósil que dio cierta credibilidad a la teoría de la evolución propuesta por Darwin (El Origen de las Especies, 1859), sino que ha sido el objeto de múltiples estudios por los que probablemente ningún otro fósil ha pasado. Los paleontólogos han estudiado este fósil del tamaño de una paloma desde el punto de vista de la fosilización y preservación, la sistemática y taxonomía de la especie, la anatomía, la preservación y autenticidad de las plumas, la geoquímica de la roca circundante, el paleoambiente de la cuenca donde se depositaron las rocas, y el conjunto de los fósiles asociados encontrados en las mismas rocas y el mismo lugar. *Archaeopteryx* ha sido para muchos paleontólogos una pieza clave en la historia evolutiva de las aves, en la evolución de las plumas y en el origen del vuelo.

La existencia de fósiles de *Archaeopteryx* constituye por sí mismo casi un milagro. En primer lugar, la posibilidad de que un animal tan pequeño y delicado llegue a preservarse en las rocas sedimentarias es mínima, y requiere de especiales condiciones de rápido enterramiento y las condiciones geoquímicas apropiadas

en los sedimentos para detener la descomposición de los huesos y facilitar su petrificación. En segundo lugar, no es frecuente encontrar animales voladores en el registro fósil. Su capacidad de volar les permite evitar muchos de los eventos que desembocan en muerte masiva y enterramiento rápido (inundaciones, avalanchas, etc.). Por último, las plumas no permanecen sujetas a la piel durante un tiempo suficientemente largo después de la muerte como para encontrar con frecuencia fósiles con plumas. Por tanto, esta-

mos ante un caso de fosilización excepcional de un insólito animal con características muy extrañas (Ostrom, 1975).

Descripción de *Archaeopteryx*

Desde su descubrimiento *Archaeopteryx* ha suscitado controversias avivadas por el hecho de que apenas siete ejemplares (y una pluma) han sido encontrados (Figura 2), y todos proceden de la misma región y los mismos sedimentos calizos del Jurásico Superior de Solnhofen, cerca de la ciudad alemana de Eichstätt (para una breve descripción de la caliza de Solnhofen y el paleoambiente ver Kennedy, 2000). De estos ocho ejemplares conocidos uno es una pluma. En los años ochenta del pasado siglo la autenticidad del plumaje de *Archaeopteryx* fue cuestionada por importantes científicos como Fred Hoyle y otros quienes publicaron una serie de artículos con evidencia fotográfica en el *British Journal of Photography* (Hoyle et al., 1985; Watkins et al., 1985a, b,



FIGURA 1. Reproducción del fósil *Archaeopteryx*. Las plumas pueden vagamente verse en la cola y en un ala.

chaeopteryx fue cuestionada por importantes científicos como Fred Hoyle y otros quienes publicaron una serie de artículos con evidencia fotográfica en el *British Journal of Photography* (Hoyle et al., 1985; Watkins et al., 1985a, b,

FIGURA 2
Especímenes fósiles de *Archaeopteryx*

Especimen	Fecha encontrado	Lugar encontrado	Impresiones de plumas	Observaciones
Pluma	1860	Solnhofen (Alemania)	Buenas	
Londres	1861	Langenthalheim (Alemania)	Buenas	Esqueleto completo, bien preservado
Berlín	1877	Blumenberg (Alemania)	Buenas	Esqueleto completo, bien preservado
Maxburg	1958	Langenthalheim (Alemania)	Pobres	Sólo el torso preservado; se desconoce la ubicación actual de este ejemplar
Teyler	1855	Reidenburg (Alemania)	Pobres	Identificado en 1970. Inicialmente identificado como <i>Pterodactylus crassipes</i>
Eichstätt	1951	Workerszell (Alemania)	Pobres	Pequeño ejemplar. Inicialmente identificado como <i>Compsognathus</i>
Solnhofen	1961	Eichstätt (Alemania)	Pobres	Inicialmente identificado como <i>Compsognathus</i>
Solnhofen-Aktien-Verein	1988	Solnhofen (Alemania)		El más pequeño de todos los especímenes.

c). Sin embargo, varios estudios posteriores han indicado que al menos los especímenes de Londres y Berlín poseen auténticas plumas preservadas (Charig et al., 1986).

No sólo las plumas de *Archaeopteryx* han suscitado el interés de los paleontólogos desde su descubrimiento sino también el resto de sus caracteres esqueléticos, los cuales conforman un puzzle combinando características propias de las aves con otras típicas de los reptiles y los dinosaurios therópodos (Elzanowsky and Wellnhofer, 1996; Ostrom, 1976). Un resumen de las características anatómicas de *Archaeopteryx* puede verse en la Figura 3, en donde se indica cuáles aparecen también en dinosaurios therópodos y en aves modernas.

¿Qué es *Archaeopteryx*?

Existe mucha controversia acerca de lo que realmente fue *Archaeopteryx* y los científicos están divididos en cuanto a su origen, capacidad de vuelo y lugar en la secuencia evolutiva. Los ornitólogos lo consideran un ave con características insólitas y numerosos rasgos anatómicos reptilianos (pseudosuchianos), que no descendía de los dinosaurios y que pasaba la mayor parte del tiempo en los árboles. Por el contrario, la mayoría de los paleontólogos ven a *Archaeopteryx* como un eslabón intermedio en la evolución de dinosaurios therópodos hacia las aves modernas; para ellos *Archaeopteryx* es un dinosaurio alado que pasaba la mayor parte del tiempo en el suelo.

La Figura 3 nos permite ver que *Archaeopteryx* presenta muchas más características que están presentes en los dinosaurios y no en las aves que características que están en las aves y no en dinosaurios. A juicio de algunos paleontólogos evolucionistas, esto es lo que hace que esta especie sea un buen fósil de transición, porque comparte rasgos que son diagnósticos de un grupo mientras todavía mantiene rasgos diagnósticos del grupo ancestral.

Evidentemente, en esta conclusión se está asumiendo que los dinosaurios fueron los ancestros de las aves.

En 1984 se celebró en Eichstätt, Alemania, en el corazón de la región donde se han descubierto todos los ejemplares de *Archaeopteryx*, el primer simposio internacional sobre este fósil, y allí se reconoció que era verdaderamente un ave. *Archaeopteryx* posee varias características que son definitivamente aviarías: la presencia de una fúrcula, la forma y anatomía de los dedos y el pubis, la existencia de huesos huecos y, sobre todo, la presencia de plumas de apariencia completamente moderna. Un reciente estudio del cerebro de *Archaeopteryx* utilizando tomografía computerizada de alta resolución ha revelado que dichos organismos definitivamente tenían pensamientos de aves (Alonso et al., 2004). Aunque el cerebro mismo del *Archaeopteryx* no ha quedado fosilizado, sí lo han sido las impresiones de sus lóbulos sobre la cara interna de los huesos craneales. Los resultados indican que el cerebro del *Archaeopteryx* era como el de un ave moderna, con largos lóbulos en comparación con los correspondientes de los reptiles. En aves modernas, esos lóbulos encierran los centros del control muscular, es decir, son los responsables del vuelo. Además se encontró que los canales del oído interno de *Archaeopteryx* se corresponden con los de un ave moderna y que los centros de la visión también eran grandes, indicando que el animal se orientaba por la visión. Sin embargo, estos resultados son similares a los hallados por Lawrence Witmer y sus colegas en pterosaurios (reptiles voladores) utilizando la misma técnica de rayos X (Witmer et al., 2003). Es por ello que el hecho de que *Archaeopteryx* posea lóbulos cerebrales aviaríos no le convierte necesariamente en un ave, puesto que los pterosaurios también poseen dicha característica.

Un vistazo a la Figura 3 nos deja ver que *Archaeopteryx* tiene muchas afinidades anatómicas con los

FIGURA 3

Características anatómicas de *Archaeopteryx***Rasgos únicos de *Archaeopteryx***

- Los dientes de *Archaeopteryx* son cónicos, sin bordes dentados y aparecen ampliamente espaciados.
- La placa rostral prearticular de la mandíbula es única.
- El hueso pterigoide es particular en su forma y su articulación con el hueso cuadrado.
- El hueso cuadrado es largo en proporción al tamaño del cráneo.

Rasgos de *Archaeopteryx* compartidos con las aves, pero no con los dinosaurios u otros reptiles

- Presencia de plumas.¹
- Hueso premaxilar alargado, estrecho y más puntiagudo anteriormente, con procesos nasales más largos.
- La engrandecida musculatura temporal basicranial no se extiende hacia los huesos frontales.
- El hueso cuadrado tiene doble cóndilo y se articula con el hueso proótico del cráneo.
- Clavículas fusionadas que forman una fúrcula robusta, que permite la inserción de la hipertrofiada musculatura del vuelo.²
- Escápula con proceso acromial más o menos prominente para la inserción ligamentosa a la clavícula.
- Tuberosidad acroracoide más grande que en otros dinosaurios coelurosauídos.
- Hueso coracoide grande y torcido posteriomedialemente, más que en los dinosaurios coelurosauídos.
- Antebrazo y manos muy largas.
- Hueso isquio aplastado y dorsoventralmente profundo.
- Comparado con los pterópodos, la tibia, el peroné y los metatarsales son relativamente más alargados con respecto al fémur.
- Peroné atenuado distalmente, y no se extiende hasta el final de la tibia.
- Tarsales y metatarsales fusionados al menos distalmente en los adultos.
- El primer dedo del pie (halux) es alargado y se extiende hacia atrás.
- El metatarsal I unido a la parte distal del metatarsal II.
- Las alas tienen plumas de apariencia moderna.
- La estructura del paladar es distintivamente aviar y similar a la de los tecodontes y cocodrilos.
- Ausencia de hueso coronoide.
- Presencia de conductos neumáticos en los huesos. Esto permitiría la presencia de sacos aéreos.³

Rasgos de *Archaeopteryx* compartidos con los dinosaurios y otros reptiles

- Procesos maxilares del hueso premaxilar reducidos; el hueso maxilar participa ampliamente en la nariz externa. (presente en troodontidos).
- Apertura nasal frontal separada del ojo por una gran menestra preorbital.⁴
- Presencia de cola larga. Las aves modernas tienen huesos caudales fusionados para la inserción de las plumas que forman la cola.
- Los dedos de las alas tienen garras.
- Costillas delgadas, sin uniones o procesos uncinados.
- Las vértebras del tronco tienen estructura reptiliana, no están fusionadas y carecen de la apariencia peduncular y espinosa de las aves.⁵
- Articulación en forma de disco de las vértebras cervicales.

- Presencia de costillas en la región estomacal (gastralia).⁶
- Presencia de placas interdentes.
- Cresta deltoide del húmero, y los cóndilos radial y cubital miran hacia el lado anterior.
- Tarsales proximales fusionados a tibia/peroné y uno a otro en los adultos (en algunos ceratosaurios).
- Los huesos carpales de la muñeca no están fusionados, con la excepción del tercer carpal. Articulación de la muñeca flexible.⁷
- Los huesos tarsales en el tobillo son libres con la excepción del tercer tarsal fusionado.⁸
- El esternón no es óseo ni hay quilla, por tanto no hay puntos de inserción para los músculos del vuelo.⁹
- El coracoide es redondeado.¹⁰
- Proceso ascendente en el astrágalo.
- Acetábulo perforado.
- Pelvis moderadamente opistópica y libre.
- Forma y posición general de las alas.¹¹
- Pubis alargado y dirigido hacia atrás.¹²
- Ausencia de pico (huesos premaxilar y maxilar no tienen cubierta keratinizada).
- Forma del cerebro con hemisferios alargados, delgados, y cerebelo situado detrás del cerebro medio).
- Sacro formado por seis vértebras.¹³
- El peroné tiene la misma longitud que la tibia.¹⁴

Referencias

1. En 1996 se descubrió en China un ejemplar de un pequeño terópodo que parece tener plumas preservadas en la espalda (Chen *et al.*, 1998), aunque tal identificación es controvertida (Unwin, 1998). Qiang *et al.* (1998) señalan el descubrimiento de dos dinosaurios con alas también en China, aunque este hallazgo está pendiente de más estudios.
2. Esta característica parece presente también en algunos dinosaurios dromaerosaurios (terópodos).
3. A excepción de las vértebras cervicales y las anteriores, los huesos de *Archaeopteryx* son sólidos y carecen de pneumaticidad (Britt, 1998).
4. Característica típica de reptiles, pero no de aves. Cuando una menestra está presente en las aves, es siempre de muy pequeño tamaño, y tiene una relación con la prokinesis (movimiento del pico).
5. En las aves las vértebras del tronco están siempre fusionadas.
6. Las costillas gastrales o gastralia son costillas ventrales en el abdomen, típicas de plesiosaurios, cocodrilos, dinosaurios y otros reptiles.
7. Las aves tienen los carpales y metacarpales fusionados, es decir que la mano y la muñeca están fusionadas.
8. Las aves tienen los tarsales fusionados.
9. Las aves tienen un esternón óseo, pero algunas aves carecen de quilla. Sólo se ha encontrado un ejemplar de *Archaeopteryx* llamado Solnhofen-Aktien-Verein que el tiene esternón preservado.
10. En las aves es mucho más alargado.
11. Algunos dinosaurios terópodos presentan alas de apariencia similar a las de *Archaeopteryx*.
12. Presente también en algunos dinosaurios terópodos, pero no en otros dinosaurios.
13. El sacro de las aves ocupa entre 11-23 vértebras.
14. Característica típica de reptiles ya que, las aves presentan un peroné más reducido.

dinosaurios, especialmente con los coelosaurios therópodos. Ostrom (1976) llevó a cabo una detallada y extensa investigación de las características anatómicas de los ejemplares existentes de *Archaeopteryx*, y concluyó que la evidencia para una afinidad con los dinosaurios therópodos es mucho mayor que la evidencia que relaciona al fósil con las aves. Según esto, los therópodos son como *Archaeopteryx* sin plumas. En otras palabras, para Ostrom *Archaeopteryx* es un dinosaurio volador que tiene plumas. Otros creen que *Archaeopteryx* tiene relación con un grupo de reptiles primitivos llamados pseudosuchianos. En cualquier caso, *Archaeopteryx* posee numerosas características no aviares, que lo hacen muy similar a los dinosaurios y otros reptiles. De hecho, tres de los especímenes conocidos, el Teyler, el Eischttätt, y el Solnhofen, fueron inicialmente identificados como pterosaurio el primero, y *Compsognathus* (un dinosaurio therópodo) los otros dos. Sin duda esto no es debido al mal trabajo descriptivo llevado a cabo; el problema es que *Archaeopteryx* sin plumas — o con plumas que no se hayan observado todavía — se parece extraordinariamente a *Compsognathus*, un dinosaurio therópodo (Shipman, 1998). Es por ello que, para muchos paleontólogos, *Archaeopteryx* es un dinosaurio con plumas y no un ave.

Se podría decir que el problema en determinar lo que es *Archaeopteryx* reside en la perspectiva que uno posee cuando lo examina. En palabras del paleornitólogo Larry Martin (citado por Pat Shipman, 1998, p.102):

Lo primero que haces cuando miras un mapa o cualquier cosa desconocida es que reconoces todas las marcas que ya hayas visto anteriormente. Si no has trabajado alguna vez en pájaros fósiles y has trabajado en dinosaurios, cuando miras a Archaeopteryx, vas a ver un dinosaurio. Si tu trabajo primario es en pájaros, entonces cuando mires a Archaeopteryx vas a ver un pájaro.

Archaeopteryx y el Origen de las Plumasy del Vuelo

Los paleontólogos no sólo debaten si *Archaeopteryx* era un ave o un dinosaurio, sino también si era capaz de volar y si era terrestre o arbóreo. Algunos han propuesto que era una especie estrictamente terrestre y no podía volar en absoluto, y que sus alas habrían sido utilizadas para atrapar insectos (Ostrom, 1976). Entre los argumentos utilizados se incluyen la ausencia de huesos pectorales en los que pudieran sujetarse los fuertes músculos necesarios para el vuelo. Sin embargo, la mayoría de los científicos sostiene que la posesión de alas es un argumento convincente que señala hacia la capacidad de volar. El

estudio de la simetría de las plumas en aves modernas ha arrojado luz en este sentido. Las aves voladoras poseen plumas asimétricas cuyo raquis está desplazado hacia uno de los bordes de la pluma, a diferencia de las aves no voladoras, las cuales poseen plumas simétricas, cuyo raquis está justo en medio de las dos secciones de barbas de la pluma. La asimetría es tanto más pronunciada cuanto más poderoso sea el vuelo del ave, como es el caso de los halcones, águilas, gaviotas, y colibríes, mientras que es menos pronunciada o nula en las aves galliformes, cuya capacidad voladora es reducida o nula. Según Feduccia y Tordoff (1979) las plumas del espécimen de *Archaeopteryx* de Berlín (sólo tres especímenes tienen plumas suficientemente conservadas para medir la asimetría) son claramente asimétricas, es decir que *Archaeopteryx* estaba plenamente capacitado, en cuanto a plumas se refiere, para desarrollar un vuelo activo y poderoso. Estos autores indican que

El hecho de que el patrón básico y las proporciones de las alas de los pájaros modernos estuvieran presentes en Archaeopteryx y no hayan cambiado esencialmente durante aproximadamente 150 millones de años (desde el Jurásico), y que las plumas individuales del vuelo mostraran la característica asimetría de un plano aerodinámico parece indicar que Archaeopteryx tenía un ala diseñada aerodinámicamente y que al menos era capaz de planear. (Feduccia y Tordoff, 1979).

Sin embargo, Speakman y Thomson (1994), utilizando un método ligeramente diferente de medir la simetría de las plumas, han llegado a la conclusión de que las plumas de *Archaeopteryx* eran más semejantes a las de un ave planeadora o no voladora que a las de un ave con vuelo potente. Entonces, ¿era *Archaeopteryx* un ave de aleteo activo o sólo era capaz de planear desde la altura o incluso carecía de capacidad alguna de volar? A este respecto no parece que el estudio de las plumas haya ofrecido una evidencia definitiva hasta el momento.

Uno esperaría que la anatomía del ala nos permitiera dilucidar este problema. Los estudios acerca de la osteología de la muñeca de *Archaeopteryx* indican que este animal no podía mantener aleteo activo (Speakman y Thomson, 1993). Parece que la muñeca de *Archaeopteryx* no tenía la flexibilidad requerida para los complejos y variados movimientos del vuelo potente. Lo mismo se puede decir de la articulación del hombro, la cual no tiene la configuración necesaria para permitir un gran rango de movimientos (Nedin, 1999).

Las evaluaciones del poder muscular pectoral son a su vez contradictorias para diversos autores. Ruben (1991)



Impresión de pluma fósil en sedimentos de grano fino de la formación Monterey, California. Especimen LACH 131444, Museo de Historia Natural del Condado de Los Angeles. (Foto: R. Esperante).

calculó que *Archaeopteryx* debió haber tenido una masa muscular pectoral correspondiente al 9% de su peso corporal, muy por debajo del 35% en aves voladoras modernas. Además ningún ejemplar de *Archaeopteryx* hallado hasta ahora presenta esternón ni quilla, ambos huesos imprescindibles para la inserción de los poderosos músculos del vuelo. Sin embargo, otros fósiles semejantes a *Archaeopteryx* hallados en China sugieren que dicha especie pudo poseer esternón, aunque por alguna razón no ha quedado fosilizado. El reciente descubrimiento de pneumatización en los huesos huecos de *Archaeopteryx* (Britt, 1998) no resuelve el debate a favor del vuelo activo, pues algunos pájaros de la familia Bucerotidae tienen los huecos más grandes de entre todas las aves y, sin embargo, son pobres voladores (Brown, 1987). Un detalle más para complicar el debate acerca de la capacidad de vuelo de *Archaeopteryx* es que dicha especie no parece que tuviera el músculo supracoracoide, el cual es el que se encarga de la abducción (movimiento de elevación) del ala en las aves modernas (Ostrom, 1974).

¿Del Suelo Hacia los Árboles o de los Árboles Hacia al Suelo?

La segunda cuestión es si *Archaeopteryx* era capaz de volar planeando desde las copas de los árboles hacia el suelo (hipótesis *arbórea*) o lo hacía agitando sus alas hasta levantar el vuelo desde el suelo (hipótesis *cursorial*). A este respecto los expertos están muy divididos, y diversos conjuntos de evidencias son utilizadas para poyar una u

otra hipótesis. Por ejemplo, de acuerdo con Alan Feduccia (1993) la geometría de las garras de los pies y de las manos (alas) indica que *Archaeopteryx* tenía hábitos arbóreos, que era capaz de escalar los troncos de los árboles y que se agarraba fuertemente de las ramas. Y no sólo eso, el mismo autor sostiene que las garras de las patas de *Archaeopteryx* habrían sido un enorme obstáculo para caminar o correr sobre el suelo. Yalden (1985) también favorece la hipótesis arbórea basándose en un estudio comparativo de las garras de *Archaeopteryx* con aquellas de los pájaros y mamíferos modernos. Según este autor, las garras del ave fósil se parecen mucho a las de los pájaros carpinteros (*Dendrocopus*) y a las de ciertos murciélagos (*Hipposideros*), los cuales son animales que viven sobre los árboles y no sobre el suelo. Al contrario de lo que Feduccia y Yalden concluyen, Pat Shipman (1998) y Paul Sereno (citado en Morell, 1993)

consideran que los huesos y la estructura de la muñeca y de la mano de *Archaeopteryx* indican que no eran los adecuados para escalar árboles. Ostrom indica que el tubérculo flexor (una pequeña depresión en el hueso de la falange del pie en donde se insertan los músculos que mueven las garras) es pequeño, lo que indica que sólo músculos débiles podrían sujetarse en él y cómo consecuencia *Archaeopteryx* no pudo haber sido un ave arbórea. Aquí vemos como el mismo conjunto de caracteres es interpretado de dos maneras opuestas, resultando en modelos muy diferentes para lo que debió ser *Archaeopteryx* y para la supuesta evolución del vuelo en las aves.

La hipótesis arbórea se encuentra con otros problemas de gran importancia que no han sido resueltos. En primer lugar, hemos de señalar que aunque se han encontrado fósiles de plantas arborescentes en las rocas sedimentarias de Solnhofen (numerosos helechos o pteridospermas, coníferas, benettitales, y ginkgos, plantas cuya altura no sobrepasaba los tres metros), no se han hallado fósiles de árboles de gran tamaño en las rocas en las que han aparecido los ejemplares de *Archaeopteryx* (Barthel et al., 1990; Frickhinger, 1994, 1999). Con mucha probabilidad, esta ave habría vivido en un ambiente poco favorable para el aprendizaje del vuelo utilizando la técnica de despegue desde los árboles. Estos y otros argumentos son utilizados por los opositores a la hipótesis arbórea para proponer que las aves desarrollaron la capacidad de volar desde el suelo (hipótesis *cursorial*) (Brooks, 1993; Qiang et al., 1998; Unwin, 1998).

Cualquiera de las dos hipótesis presenta grandes problemas de interpretación debido a la naturaleza de los restos fósiles mismos y a la ausencia de ejemplares con caracteres intermedios entre voladores y no voladores. Hay que reconocer que, aunque *Archaeopteryx* posea un mosaico de rasgos reptilianos y aviares, sus alas bien desarrolladas y sus plumas de apariencia moderna suponen un enorme salto evolutivo que no tiene aún explicación, aparte de diversas conjeturas indemostrables. ¿Qué hubo entre *Archaeopteryx* y sus predecesores sin alas ni plumas? No existen en absoluto ejemplares que ilustren tal salto evolutivo. No hay que olvidar que no es simplemente la evolución de las plumas, sino también de las estructuras, órganos y fisiología que posibilitarían su uso efectivo y real. Las plumas tendrían que haber evolucionado coordinadamente con las estructuras que las controlan y hacen funcionar, con la endotermia y los enormes cambios bioquímicos y fisiológicos que ello implica. No es sólo la aparición de una cubierta de plumaje en el exterior, sino todo un conjunto de características que contribuyen al funcionamiento de un complicadísimo órgano de movimiento. Uno, además, se pregunta para qué habría de tener *Archaeopteryx* (y cualquier otro supuesto ancestro

de las aves) alas o precursores de alas durante millones de años si no eran cien por cien funcionales. Siguiendo el razonamiento darwinista de que sólo los mejores adaptados sobreviven y de que las estructuras que no aportan una ventaja a la especie desaparecen, ¿por qué la evolución habría de mantener una estructura anatómica que no era operativa durante millones de años a la espera de que eventualmente lo fuese en el futuro? Si eso ocurrió así podríamos pensar que la evolución tiene capacidades de predicción que bien podrían catalogarse dentro del reino profético-religioso. Según Michael Benton (1993), “El origen de las plumas constituye un misterio que *Archaeopteryx* no ayuda a resolver, pues las suyas son completamente modernas”.

La evolución del vuelo es algo tan misterioso desde el punto de vista darwinista que hasta ahora los paleontólogos evolucionistas no han encontrado respuestas válidas a las numerosos incógnitas que se plantean. Ello es debido a que el desarrollo de la capacidad del vuelo por parte de los supuestos primitivos reptiles requeriría la adquisición de una serie de adaptaciones muy complejas y avanzadas desde el punto de vista fisiológico y anatómico, como por

PARA LA DISCUSIÓN

- 1) Algunos paleontólogos han propuesto que *Archaeopteryx* no es ni ave, ni reptil, ni dinosaurio, sino simplemente *Archaeopteryx*, indicando así su unicidad y singularidad. Quizá se podría crear una nueva clase de organismos, separada de Aves, mamíferos y Reptiles, compuesta únicamente por *Archaeopteryx*. en base a lo que has leído en este artículo (especialmente la Figura 3), ¿qué piensas de esa propuesta? ¿Crees que solucionaría el dilema evolutivo que representa para los evolucionistas?
- 2) Lee de nuevo la declaración de Larry Martin en la página. ¿Qué opinas de ello? ¿Crees que ese sesgo de percepción se da en otras ciencias y observaciones también? ¿De qué manera dicho sesgo influye en las conclusiones a las que llegan los científicos? ¿Hasta qué punto se da el caso de que los científicos (especialmente paleontólogos) ven exactamente lo que *quieren* o están pre-dispuestos a ver? ¿Es la ciencia imparcial y exacta?
- 3) La mayoría de los evolucionistas sugieren que las aves evolucionaron de dinosaurios terópodos. Tal evolución implicaría la transformación gradual de las extremidades anteriores dedicadas a la locomoción en alas. Piensa por un momento en lo que ello implica en términos de cambios e innovaciones anatómicas, estructurales, fisiológicas, y ecológicas. Haz una lista de tales cambios y necesidades e imagínate como tendrían que haber sido introducidas evolutivamente. ¿Qué utilidad tendrían esas estructuras o cambios hasta ser completamente funcionales? ¿Qué función llevarían a cabo anteriormente? ¿Cómo pudieron “sobrevivir” a la selección natural si no eran totalmente operativas? ¿Por qué no fueron eliminadas en el largo tiempo hasta que llegaron a ser completamente operativas? ¿Cómo se realizó una evolución coordinada de todas las estructuras y la fisiología? ¿No parece esto un milagro, o más cercano a un diseño inteligente que al resultado de ciegas fuerzas mutantes?

ejemplo la endotermia (los reptiles son exotermos), una alta tasa de metabolismo (los reptiles tiene una baja tasa metabólica), y la pérdida de adaptaciones y órganos que ya habrían sido totalmente útiles y “aceptados” por la selección natural en los predecesores. Llegamos aquí a un aspecto que cuestiona la misma validez de la selección natural como motor de la evolución: ¿por qué la evolución ha de “mejorar” o cambiar estructuras que ya se ha demostrado que funcionan adecuadamente? A este respecto, *Archaeopteryx* no ayuda a resolver el misterio de cómo surgió el vuelo en términos evolucionistas, quiénes fueron sus precursores, si es que existieron, ni cuándo debió haber ocurrido tal salto evolutivo, si es que ocurrió.

Conclusión

Archaeopteryx ha sido un enigma desde que fue descubierto debido a la combinación de características que posee, muchas de las cuales son típicas de dinosaurios therópodos, otras son propias de algunos reptiles, mientras algunas otras son exclusivas de las aves. Sin duda, lo que más llama la atención es la presencia de plumas en lo que, según la mayor parte de autores reconoce, es un esqueleto mayormente therópodo. No es sin razón por lo que ornitólogos y paleontólogos no se ponen de acuerdo en la naturaleza de este animal. Algunos como Gauthier (1989) simplemente clasifican a *Archaeopteryx* y a todas las aves modernas y fósiles como reptiles, indicando además su preferencia por una línea evolutiva desde los therópodos.

La mayoría de los autores creacionistas ubican a *Archaeopteryx* entre las aves verdaderas (Oard, 1993), aunque quizá es cierto que ninguno de ellos ha llegado a realizar un detallado estudio de las características específicas de *Archaeopteryx* en comparación con las aves y los dinosaurios. El autor del pretente artículo sostiene que *Archaeopteryx* fue una criatura con características únicas que quizá no pueda ser catalogado dentro de ninguna categoría actual o presente de seres vivos. Su origen y su naturaleza son oscuros y es posible que fuera un ejemplo más de la enorme capacidad imaginativa del Creador.

Referencias

Alonso PD, Milner AC, Ketcham RA, Cookson MJ, Rowe TB. 2004. The avian nature of the brain and inner ear of *Archaeopteryx*. *Nature* 430:666-669.

Barthel KW, Swinburne NHM, Morris SC. 1990. Solnhofen. A study in Mesozoic palaeontology. Cambridge: Cambridge University Press. 235 p.

Benton MJ. 1993. El verano de los dinosaurios. En: Gould SJ, ed. El libro de la vida. Barcelona, Crítica, p 126-167.

Britt BB. 1998. Postcranial pneumatization in *Archaeopteryx*. *Nature* 395:374.

Brooks B. 1993. Pneumatic postcranial bones in dinosaurs and other archosaurs. Disertación doctoral. Calgary, AB, Canada: University of Calgary.

Brown C. 1987. Another look at *Archaeopteryx*. *Creation Research Society Quarterly* 17:87,109.

Charig AJ, Greenaway F, Milner AC, Walker CA, Whybrow PJ. 1986. *Archaeopteryx* is not a forgery. *Science* 232:622-626.

Chen P-j, Dong Z-m, Zhen S-n. 1998. An exceptionally well-preserved theropod dinosaur from the Yixian Formation of China. *Nature* 391:147-152.

Elzanowsky A, Wellnhofer P. 1996. Cranial morphology of *Archaeopteryx*: evidence from the seventh skeleton. *Journal of Vertebrate Paleontology* 16:81-94.

Feduccia A. 1993. Evidence from claw geometry indicating arboreal habits of *Archaeopteryx*. *Science* 259:790-793.

Feduccia A, Tordoff HB. 1979. Feathers of *Archaeopteryx*: asymmetric vanes indicate aerodynamic function. *Science* 203:1021-1022.

Frickhinger KA. 1994. The fossils of Solnhofen. Golschneck-Verlag. 333 p.

Frickhinger KA. 1999. The fossils of Solnhofen 2. Golschneck-Verlag. 190 p.

Gauthier JA. 1989. The origin of birds and the evolution of flight. En: Padian K, ed. Short Courses in Paleontology, Vol. 2: United States. Knoxville, TN: The Paleontological Society, p 121.

Hoyle F, Wickramasinghe NC, Watkins J. 1985. *Archaeopteryx*. Problems arise — and a motive. *British Journal of Photography* 132:693-695, 703.

Kennedy E. 2000. Solnhofen Limestone: home of *Archaeopteryx*. *Geoscience Reports* 30:1-4.

Morell V. 1993. *Archaeopteryx*: early bird catches a can of worms. *Science* 259:764-765.

Nedin C. 1999. All about *Archaeopteryx*, Vol. 2004, The Talk. Origins Archive.

Oard MJ. 1993. *Archaeopteryx* was a bird. *Creation Research Society Quarterly* 30:16.

Ostrom JH. 1975. *Archaeopteryx*. *Discovery* 11:15-23.

Ostrom JH. 1976. *Archaeopteryx* and the origin of birds. *Biological Journal of the Linnean Society* 8: 91-182.

Qiang J, Currie PJ, Norell MA, Shu-An J. 1998. Two feathered dinosaurs from northeastern China. *Nature* 393:753-761.

Ruben J. 1991. Reptilian physiology and the flight capacity of *Archaeopteryx*. *Evolution* 45:1-17.

Shipman P. 1998. Taking wing: *Archaeopteryx* and the evolution of bird flight. NY: Simon & Schuster. 336 p.

- Speakman JR, Thomson SC. 1993. Flight capabilities in *Archaeopteryx*. *Evolution* 47:336-340.
- Speakman JR, Thomson SC. 1994. Flight capabilities of *Archaeopteryx*. *Nature* 370:514.
- Unwin DM. 1998. Feathers, filaments, and theropod dinosaurs. *Nature* 391:119-120.
- Watkins RS, Hoyle F, Wickramasinghe NC, Watkins J, Rabilizirov R, Spetner LM. 1985a. *Archaeopteryx* — a further comment. *British Journal of Photography* 132:358-359, 367.
- Watkins RS, Hoyle F, Wickramasinghe NC, Watkins J, Rabilizirov R, Spetner LM. 1985b. *Archaeopteryx* — a photographic study. *British Journal of Photography* 132: 264-266.
- Watkins RS, Hoyle F, Wickramasinghe NC, Watkins J, Rabilizirov R, Spetner LM. 1985c. *Archaeopteryx* — further evidence. *British Journal of Photography* 132:468-470.
- Witmer LM, Chatterjee S, Franzosa J, Rowe T. 2003. Neuroanatomy of flying reptiles and implications for flight, posture and behaviour. *Nature* 425:950-953.
- Yalden DW. 1985. Forelimb function in *Archaeopteryx*. En: Hecht MK, Ostrom JH, Viohl G, Wellnhofer G, eds. *The Beginning of Birds. Proceedings on the First International Conference on Archaeopteryx*. Eichstatt, Germany, p 91-97.

¿A DÓNDE HA VOLADO LA SECUENCIA EVOLUTIVA DE LOS REPTILES A LAS AVES?

Dr. Raúl Esperante

Geoscience Research Institute

Teniendo en cuenta la mezcla de características anatómicas que posee *Archaeopteryx* es difícil juzgar si esta

especie era un ave con numerosas características propias de los dinosaurios o un dinosaurio volador con algunas características propias de las aves. El problema se agudiza por el hecho de que en muchas ocasiones es difícil reconocer un ave fósil. Aunque para nosotros que estamos familiarizados con los rasgos comunes de las aves modernas (presencia de alas y plumas, dos patas con garras, pico característico, ausencia de dientes, construcción de nidos, producción de cantos, forma particular del esternón y otros rasgos anatómicos) resulte relativamente fácil caracterizar un pájaro, hemos de recordar que no todos ellos presentan el conjunto de rasgos que sirven para definir un ave. Por ejemplo, no todas las aves cantan, construyen un nido, son capaces de volar (aunque posean alas y plumas), y algunas ni siquiera tienen plumas (pingüinos). El problema se vuelve más complicado aún cuando se trata de describir ciertos fósiles.

El registro fósil de las aves está preservado en las rocas del Jurásico (213-144 millones de años)¹, del

Cretácico (144-64 millones de años) y del Cenozoico (desde el final del Cretácico al presente). Al final del Cretácico numerosas especies marinas y de reptiles se extinguieron juntamente con todos los dinosaurios, en lo que se ha llamado el límite Cretácico-Terciario (K-T). Los pájaros modernos y los del Cenozoico son realmente bastante diferentes de los que aparecen en las rocas del Cretácico y Jurásico, aunque éstos presentan ciertas morfologías que son similares a las que se observan en las aves modernas.

Los fósiles que se han hallado hasta el momento presentan una mezcla de caracteres que, en algunos casos, se podrían catalogar de aberrantes. Parafraseando a Pat Shipman (1998) en su libro *Taking Wing*, el Mesozoico tiene aves extrañas que hacían cosas extrañas. No se ha demostrado que exista una secuencia continua de cambios graduales desde los reptiles a las aves como se esperaba en un marco evolutivo neodarwinista. Aunque *Archaeopteryx* presenta una mezcla de rasgos típicos de los reptiles con rasgos de

CIENCIA DE LOS ORÍGENES es una publicación del Geoscience Research Institute, en Loma Linda, California.

Esta publicación va dirigida a profesores y estudiantes de centros medios y superiores. Las Divisiones de Interamérica y Sudamérica proveen el franqueo para que llegue gratuitamente a las bibliotecas, profesores y alumnos interesados en los centros universitarios adventistas. Si estás interesado en recibirla contacta con el representante local o regional del Departamento de Educación. Las personas interesadas en recibir la publicación de manera individual deben enviar el cupón de suscripción en la última página acompañado del pago correspondiente.

GEOSCIENCE RESEARCH INSTITUTE

Director
James Gibson

Editor
Raúl Esperante

Consejo editorial
Ben Clausen, James Gibson, Elaine Kennedy,
Timothy Standish

Secretaria
Jan Williams

Diseño y Maquetación
Katherine Ching

<http://www.grisda.org>
email: ciencia@grisda.org

dinosaurios y aves modernas, ello no indica que fuese necesariamente el eslabón perdido en la supuesta transición de reptil a ave voladora. Y *Archaeopteryx* es solamente uno de los ejemplos en esa alterada cadena evolutiva. Uno esperaría poder ordenar los fósiles en una secuencia evolutiva que fuera desde los primeros ejemplares conocidos del Jurásico con características “primitivas” hasta las aves con características más ‘modernas’ del Cenozoico”. Es decir, las aves del Jurásico y Cretácico Inferior deberían ser realmente primitivas *en todo* y sólo las aves del Cretácico Superior y del Cenozoico Inferior deberían mostrar más y más características modernas, adquiridas evolutivamente con el tiempo y la especialización.

Sin embargo la realidad es muy diferente, y lo que se halla es un conjunto de fósiles que presentan rasgos mezclados y fuera de secuencia, con caracteres muy modernos (plumas idénticas a las modernas y ciertos caracteres anatómicos) presentes juntamente con otros rasgos supuestamente reptilianos o de dinosaurios. En otras palabras, lo que muestra el registro fósil es una variedad de formas con una gran diversidad de características reptilianas y aviares, preservadas en rocas sedimentarias que están estratigráficamente separadas, o lo que es lo mismo que decir que ciertos caracteres modernos aparecen en fósiles enterrados en rocas estratigráficamente inferiores a otros que poseen caracteres más primitivos (o reptilianos). Dichos caracteres reptilianos o primitivos deberían haberse abandonado si la evolución ha ocurrido, pero siguen apareciendo en aves que supuestamente son muchos millones de años más recientes. Uno de los mejores ejemplos de esta desordenada secuencia evolutiva es *Con-*

ficiusornis (Jurásico Superior), que tiene un pico moderno, carece de dientes (ambas características modernas) y una cola de longitud media (rasgo primitivo), mientras que su contemporáneo *Jibenia* tiene muchos dientes (rasgo primitivo) pero una cola muy corta (rasgo moderno) (Standish, 2004). Es la no secuencia evolutiva de las aves. Las aves fósiles no aparecen en el orden que se esperaría si la evolución gradual hubiera ocurrido.

Algunos científicos proponen que la evolución siguió un patrón en mosaico, lo cual es equivalente a decir que no saben explicar el registro fósil de las aves. El problema es que la diversidad de anatomías y especializaciones que se observa en las aves fósiles es tan grande y las evidencias de sus orígenes son tan mínimas y confusas que resulta una tarea infructuosa el crear modelos evolutivos para explicarlo. Los ornitólogos y paleornitólogos reconocen esto con más facilidad que los paleontólogos

que estudian dinosaurios, los cuales se empeñan en adoptar a los pájaros como dinosaurios vivientes.

La supuesta evolución de las aves es un puzzle que el mismo registro fósil no ayuda a resolver, y cada nuevo hallazgo añade confusión a los modelos evolutivos existentes. A este respecto podemos preguntarnos si realmente existió evolución de reptiles a aves.

Referencias

- Shipman P. 1998, Taking wing: *Archaeopteryx* and the evolution of bird flight. NY: Simon & Schuster. 336 p.
- Standish TG. 2004. Aves fósiles. Ciencia de los Orígenes 67:1-5.

Nota del autor

1. Según la escala cronológica evolutiva. El autor no se adhiere a esta cronología de largas edades, pero la indica en el texto para facilitar la comunicación dentro de la comunidad científica general.

SUSCRIPCION A CIENCIA DE LOS ORÍGENES 2004

NOMBRE

DIRECCION POSTAL

Calle y Número
Ciudad y Código Postal
Provincia y País

EMAIL

Cuota de suscripción: \$2 para USA y México, \$3 para el resto de los países (Suscriptores en España enviar 3 euros)

El pago se puede efectuar enviando el dinero en un sobre juntamente con los datos de suscripción a la siguiente dirección

GEOSCIENCE RESEARCH INSTITUTE

11060 Campus St

Loma Linda, California 92350, USA

¿DÓNDE ESTÁN LOS FÓSILES DE TRANSICIÓN?

El Hallazgo de un Colibrí Fósil Hace Volar las Esperanzas de Encontrar los Ancestros de Estos Pájaros

Dr. Raúl Esperante

“Lo asombroso de este fósil es que es esencialmente un colibrí moderno”. Estas palabras de Margaret Rubega, de la Universidad de Connecticut, USA, sobre el descubrimiento de un nuevo ejemplar de colibrí fósil (*Eurotrochilus inexpectatus*) en Alemania¹, reflejan la frustración de numerosos paleontólogos que sistemáticamente tratan de encontrar los supuestos ancestros de las diversas formas actuales. *Eurotrochilus inexpectatus*, que se estima midió unos 4 ó 5 cm desde la cabeza a la cola, fue encontrado en rocas del Oligoceno que, según la escala geológica evolutiva, tienen unos 30 millones de años. Las características de este colibrí son tan modernas para lo que se esperaba de un fósil del Oligoceno que ha merecido el nombre específico de *inexpectatus*, casi sugiriendo su inoportunidad.

Este fósil no sólo no resuelve nada sobre el origen y evolución de los colibríes y de las aves modernas, sino que trae más complicaciones:

- Han de buscarse los ancestros de las aves aún más atrás en el tiempo geológico.
- Durante estos 30 millones de años básicamente no ha ocurrido ninguna evolución en las aves. En muchas ocasiones sólo se encuentran formas demasiado parecidas a las vivientes o

terminan proponiéndose conjeturas acerca de las posibles rutas de evolución.

· El registro fósil sigue demostrando ser adecuado² y suficientemente completo como para extraer conclusiones fiables acerca de las comunidades antiguas.

Este hallazgo se une a otros muchos que cada año inanesan en los catálogos de los museos y que indican que los paleontólogos han de ocuparse más en buscar los eslabones perdidos en las supuestas líneas evolutivas de los vertebrados. Los fósiles recientemente encontrados empujan hacia atrás en el tiempo geológico la aparición de las aves, y complican mucho el panorama evolutivo, porque desde que supuestamente emergieron de los reptiles hasta que se diferenciaron completamente pasó un tiempo muy corto evolutivamente hablando. Y por otro lado, se reducen las posibilidades de encontrar los esperados fósiles de transición, pues éstos deberían estar en rocas en donde precisamente aparecen aves con características modernas. Es decir, que entre los supuestos ancestros (reptiles) y las aves con apariencia moderna no se han hallado convincentes ejemplos de transición evolutiva.

Una vez más estamos ante un hallazgo que corrobora la ausencia de fósiles intermedios en el registro sedimentario, y que reabre la insidiosa pregunta de por qué no aparecen formas claras de transición en la supuesta evolución de las aves si aquella realmente tuvo lugar durante millones de años. Hasta ahora los paleontólogos evolucionistas no han dado una explicación convincente a esta persistente ausencia de fósiles de transición y la duda se mantiene sobre si realmente existieron.

Referencias

1. Stokstad E. 2004. Surprise hummingbird fossil sets experts abuzz. *Science* 304:810-811.
2. Acerca de este tema Ciencia de los Orígenes ha publicado un breve artículo en el número anterior: Esperante R. 2004. Las imperfecciones del registro fósil. *Ciencia de los Orígenes* 64:8-9.

Nota del Autor

Para más información sobre la problemática de las aves fósiles recomendamos la lectura del artículo “Aves fósiles”, escrito por el Dr. Timothy Standish, aparecido en *Ciencia de los Orígenes* 67, y del artículo sobre *Archaeopteryx* por el Dr. Raúl Esperante en el presente número.



Los colibríes siempre han sido objeto de admiración por su sofisticado y preciso vuelo. Son los pájaros que poseen el vuelo más completo pues pueden moverse en todas direcciones, incluyendo el vuelo retrógrado, y ejecutar acciones en reducidos espacios. Su perfecta maquinaria de vuelo sugiere sin duda un Diseñador Inteligente. (Fotos: H. Zuill.)

RUBISCO: YA NO ESTÁ CARGADO CON BAGAJE EVOLUTIVO

Dr. Timothy G. Standish
Geoscience Research Institute

La fotosíntesis utiliza energía luminosa para producir dióxido de carbono atmosférico (CO_2) y carbohidratos, al mismo tiempo que también envía el oxígeno (O_2) procedente del agua nuevamente a la atmósfera. La enzima *Rubisco* cataliza el paso en la fotosíntesis por el cual la energía obtenida de la luz se utiliza para unir el CO_2 a una molécula de azúcar de cinco carbonos llamada *ribulosa 1,5-difosfato*. El nombre completo de Rubisco es carboxilasa de ribulosa difosfato. Debido a que es la proteína más abundante en las plantas, Rubisco puede ser la proteína más común en el planeta.

Dentro de las hojas de las plantas, la fijación de CO_2 a la ribulosa 1,5-difosfato ocurre de manera eficiente mientras las concentraciones de CO_2 sean altas y las concentraciones de O_2 sean bajas. Sin embargo, cuando se invierten las condiciones y las concentraciones de CO_2 descienden y los niveles de O_2 aumentan — algo común en días secos, soleados y calurosos — Rubisco puede sustituir el O_2 por el CO_2 , colocando un oxígeno en la ribulosa 1,5-difosfato. Este proceso se llama el fotorespiración, la cual, a diferencia de la respiración normal, no produce energía. El producto de la fotorespiración se divide en dos componentes: el compuesto de tres carbonos, 3-fosfoglicerato, se recicla en el ciclo de Calvin de la fotosíntesis, y el compuesto de dos carbonos, fosfoglicolato, se oxida y se pierde en última instancia en el proceso fotosintético.

Algunas plantas, como por ejemplo las hierbas, están bien adaptadas para prevenir la foto-

respiración y de esa manera pueden prosperar bajo condiciones secas y calurosas, en las que otras plantas no pueden. Sin embargo, la afinidad de Rubisco por el O_2 parece ser igual en todas las plantas y en las plantas comunes se pierde alrededor de una cuarta parte del carbono que obtienen por medio de la fotosíntesis, enviándolo nuevamente a la atmósfera como resultado de la fotorespiración. La diferencia en las plantas que pueden vivir bajo condiciones más áridas es que poseen complejos mecanismos para bombear el CO_2 a las células que están realizando la fotosíntesis, evitando así las condiciones que dan lugar a la fotorespiración. Estas adaptaciones reducen la fotorespiración, aunque no eliminan enteramente.

Esto plantea la cuestión de por qué Rubisco habría sido tan mal diseñado que a veces incorpora O_2 en vez del CO_2 , lo cual implica un derroche. Una explicación común en los libros de texto es que la pobre adaptación de Rubisco refleja la historia evolutiva de la tierra. En el pasado la atmósfera debe haber tenido concentraciones de O_2 más bajas y concentraciones de CO_2 más altas y de ese modo habría habido poca presión selectiva para elegir otras posibles formas de Rubisco.¹

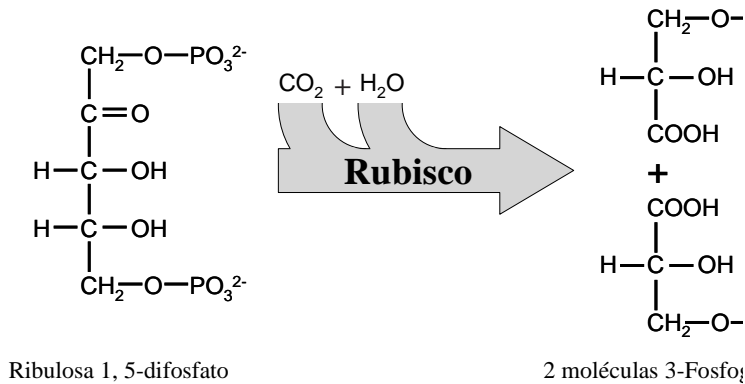
Esta historia ha sido cuestionada en un reciente artículo publicado en *Proceedings of the National Academy of Sciences* por científicos de la Universidad de California Davis.² En este artículo, Rachmilevitch et al. demuestran que la asimilación del nitrato depende de la fotorespiración. El nitrato (NO_3^-) es la forma más común disponible de nitrógeno en los suelos bien aireados y templados³ en

los cuales suelen hallarse las plantas C_3 , las más susceptibles a la fotorespiración. Debido a que el nitrógeno es vital para la producción de aminoácidos y, por tanto, de proteínas, Rachmilevitch et al. sugieren que la fotorespiración, en lugar de haber sido abandonada a su suerte en la evolución, es vital para el crecimiento y la supervivencia vegetal.

Una observación que resulta del trabajo de Rachmilevitch et al., es que las plantas no crecen tan bien como se esperaría cuando están expuestas a concentraciones elevadas de CO_2 .⁴ Mientras que hay múltiples factores implicados en ello, aparentemente uno de los más importantes es la represión de la fotorespiración inducida por el CO_2 , de modo que la asimilación del nitrógeno se inhibe y las plantas se vuelven incapaces de producir las proteínas que necesitan para crecer. Esto ilustra lo bien que ha sido diseñado Rubisco para asegurar que las plantas puedan crecer bajo las condiciones ambientales actuales. Dado este nuevo hallazgo, Rubisco representa uno más en la larga serie de ejemplos de “pobre diseño”, que de hecho resultan ser diseños muy buenos cuando se examinan con más detalle. La idea de un diseño deficiente no solamente no excluye a un Creador⁵; resulta que los hasta ahora sólidos ejemplos de diseño deficiente son realmente difíciles de encontrar en naturaleza.

El mecanismo sugerido por Rachmilevitch et al. para la conversión del NO_3^- en una forma utilizable nos enseña que la adición de O_2 en la fotorespiración es un paso en un elegante mecanismo de múltiples etapas para reducir el nitrógeno altamente oxidado del NO_3^- a

Fijación del Carbono en el Ciclo de Calv



amoníaco. En este proceso, el malato⁶, un subproducto de la fotorespiración, se exporta de los cloroplastos al citoplasma donde reduce NAD^+ a NADH , el cual, a su vez, reduce el NO_3^- a NO_2^- . Tanto si esta explicación pasa la prueba del tiempo o no, ilustra la integrada y compleja naturaleza de lo que debe ocurrir para acoplar la fotorespiración con la asimilación del NO_3^- .

El diseño deficiente de Rubisco puede ahora ser agregado a la creciente lista de fallidos argumentos darwinianos basados en la carencia de conocimiento. Estos argumentos siguen el siguiente patrón: No sabemos por qué la naturaleza hace esto, por tanto debe haber sido mal diseñado. En este caso, la discusión era que no sabemos por qué las plantas llevan a cabo la fotorespiración, así que ésta debe representar un mal diseño. Otros ejemplos que ilustran el fallo de esta clase de pensamiento incluyen los argumentos, ahora abandonados, que indicaban que los órganos vestigiales y el ADN basura representan un bagaje evolutivo. A medida que nuestra ignorancia de la naturaleza disminuye, cosas que se creían que representaban la basura arrastrada por la historia evolutiva ahora parecen ser

muy bien diseñadas para su función. Ésta parece ser una tendencia en curso que, si continúa, cuestiona todos los argumentos darwinianos basados en la ignorancia de los mecanismos de la naturaleza.

Un apologista darwinista podría argumentar que el diseño ahora evidente en Rubisco es exactamente lo que uno esperaría en una proteína tan ubicua e importante, especialmente dada la evidencia de que la primera molécula de Rubisco se desarrolló hace más de 3.800 millones años.⁷ Sin embargo, esta explicación expone la naturaleza infinitamente plástica de las explicaciones evolucionistas. Por un lado el diseño deficiente es exactamente lo que predeciría la evolución; y por otra parte, los diseños bien adaptados son exactamente lo que predeciría la evolución. En realidad, el Darwinismo no parece ofrecer nueva información acerca de por qué la naturaleza exhibe un buen o mal diseño. Por otra parte, la creación ofrece una clara explicación de por qué se puede esperar buen diseño en la naturaleza y enfáticamente sugiere que los evidentes defectos son el resultado del mal funcionamiento — no bagaje resultante de un proceso de refinamiento constante y de mejora

Referencias

1. Para ejemplos, ver: (a) Campbell NA, Reece JB, Mitchell LG. 1999. *Biology* 5th Ed. NJ: Benjamin Cummings, p 182-183; (b) Voet D, Voet JG. 1990. *Biochemistry*. NY: John Wiley and Sons, p 613.
2. Rachmilevitch S, Cousins AB, Bloom AJ. 2004. Nitrate assimilation in plant shoots depends on photorespiration. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)* 101(31):11506-11510.
3. Bloom AJ. 1997. En: Jackson LE, ed. *Ecology in Agriculture*. San Diego: Academic Press, p 145-172.
4. Shaw MR, Zavaleta ES, Chiariello NR, Cleland EE, Mooney HA, Field CB. 2002. Grassland responses to global environmental changes suppressed by elevated CO_2 . *Science* 298:1987-1990.
5. Este argumento basado en la imperfección ya fue sugerido en el año 55 a. de C. por Lucrecio: "Nequaquam nobis divinitus esse creatam naturam mundi: tanta stat praedita culpa." (La naturaleza del universo confirma que no puede haber sido creado para nosotros por un poder divino: tiene demasiados fallos.) Tito Lucrecio Caro, aprox. 55 B.C. *De Rerum Natura*. Libro 2 líneas 180, 181, traducido por WHD Rouse, revisado por MF Smith en: 1992. *Lucretius: On the Nature of Things*. Cambridge, MA: Harvard University Press; y retomado por Stephen J. Gould en "Imperfection carries the day for evolution." Gould SJ. 1980 *The Panda's Thumb: More Reflections on Natural History*. NY: W. W. Norton, p 37.
6. Este mecanismo es conocido como la "válvula" o "llave" de malato.
7. Mojszsis SJ, Arrhenius G, McKee-Kegan KD, Harrison TM, Nutman AP, Friend CR. 1996. Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago. *Nature* 384(6604):55-9.