

EVOLUCIÓN

VOLUMEN I (I) 2006



Ch. Darwin
Madrid 2^a 1874.

ESTAMOS COMENZANDO A ANDAR, por M. SOLER - 3

ENTREVISTA A FRANCISCO J. AYALA, por A. MOYA - 5

ESTADO DE LA BIOLOGÍA EVOLUTIVA EN ESPAÑA (I):

BAGUÑA, J.

Evolución y biología del desarrollo: relaciones históricas e influencia recíproca (si la hubo) en la docencia e investigación de ambas en España - 7

BRINES, J. y NÚÑEZ, F.

La biología evolutiva en la medicina española actual - 19

MORENO, J.

Ecología: su importancia para el estudio de la evolución - 25

NADAL, M., CAPÓ, M.A. y CELA-CONDE, C.J.

El papel de la teoría evolutiva en la antropología - 43

SANZ, J.L.

Algunos conceptos básicos en el pasado y presente de la paleontología evolutiva española - 47

OTROS ARTICULOS:

SEQUEIROS, L.

Los inicios de la biogeografía: José de Acosta (1540-1600) y Athanasius Kircher (1601-1680) - 57

CLARAMONTE, V.M.

Sujeto colectivo. El concepto de especie humana en la biología evolutiva contemporánea - 65



Editores de eVOLUCIÓN

José Martín y Pilar López

Junta Directiva de la SESBE

Presidente: Manuel Soler
Vicepresidente: Andrés Moya
Secretario: Julio Sanjuán
Tesorero: José Serrano
Vocales: Jordi Agustí
Josabel Belliure
Laureano Castro
Santiago Merino
Alvaro Moreno
Pablo Vargas

eVOLUCIÓN es la revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

eVOLUCIÓN no tiene necesariamente que compartir todas las ideas y opiniones vertidas por los autores en sus artículos.

© 2006 SESBE

Quedan reservados los derechos de la propiedad intelectual.

Cualquier utilización de los contenidos de esta revista deberá ser solicitada previamente a la SESBE.



Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE)

Facultad de Ciencias
Universidad de Granada
18071 Granada

<http://www.sesbe.org>

e-mail: sesbe@sesbe.org

Para enviar artículos a eVOLUCIÓN:

José Martín y Pilar López
Dep. Ecología Evolutiva
Museo Nacional de Ciencias Naturales
CSIC
José Gutiérrez Abascal 2
28006 Madrid

jose.martin@mncn.csic.es
pilar.lopez@mncn.csic.es

ii COMIENZA LA eVOLUCIÓN !!

Para los que habitualmente utilizamos la Teoría Evolutiva como base de nuestra investigación, a veces es difícil darse cuenta de que lo que debería ser evidente, está, sin embargo, muy lejos de ser conocido, entendido (y aprovechado) por la inmensa mayoría de la gente. Al leer en la prensa u oír en la televisión frases como "un recóndito lugar con especies sin evolucionar", "la lucha por la perpetuación de la especie", o sobre nuevos hallazgos "que parecerían apoyar la controvertida teoría de que el hombre procede del mono", uno se da cuenta de que la evolución puede ser popular, al menos en los documentales, pero es realmente una gran desconocida.

Quizás su reiterada ausencia de los planes de estudio, incluso de carreras como Biología, ha contribuido a esta situación. No es de extrañar que el desconocimiento popular sea aprovechado por ciertos sectores para poner en duda todo el significado y los avances de la evolución (¿y de la ciencia?) en su propio beneficio.

Frente a esta situación, nacen la SESBE y su medio de difusión eVOLUCIÓN, como bien explica Manolo Soler, Presidente de la Sociedad, en su artículo de bienvenida. Tienes en "tus manos" el primer número de una revista que esperamos se vaya adaptando y sobreviviendo a las diversas presiones selectivas, y evolucione incorporando nuevas y mejores secciones. Como dijo un sabio "Nada en biología tjene sentido, si no has leído bajo la luz eVOLUCIÓN".

Cada año, dos nuevos números serán publicados en junio y diciembre. En este primer número comenzamos con una entrevista a Francisco J. Ayala, donde nos da su visión sobre la teoría evolutiva y nos anima a continuar con la SESBE. Además, empezamos a recoger algunas de las conferencias del congreso fundacional de la SESBE (Granada, Sep. 2005), donde renombrados especialistas españoles de distintos ámbitos científicos hacen un análisis del estado de la Biología Evolutiva en España. Aunque la forma de entender como funciona en detalle la evolución puede variar entre disciplinas, todo queda dentro del debate científico y no se cuestionan las bases de la evolución. Sin embargo, la situación que nos ha dejado la tradición histórica es un poco triste, pero somos optimistas ante un futuro prometedor (al menos en algunos campos).

Incluimos además otros dos artículos que nos presentan, uno, como, ya en los siglos XVI y XVII iban surgiendo ideas "proto-evolutivas" como necesidad de explicar la realidad de la naturaleza. Otro artículo examina desde un punto de vista filosófico el concepto de "humanos" en la biología evolutiva actual.

Afortunadamente, la evolución sigue y seguirá actuando, también para los que no quieren reconocerla, y nos permite que la estudiemos, la comprendamos, y, quizás, que su conocimiento pueda ser aprovechado en nuestra propia evolución.

José Martín y Pilar López
Editores de eVOLUCIÓN

ESTAMOS COMENZANDO A ANDAR

Estimados socios de la SESBE:

Es para mí un placer, siguiendo las sugerencias de los editores de nuestra revista eVOLUCIÓN escribir este artículo describiendo el origen, el nacimiento, y lo que están siendo los primeros pasos de la Sociedad Española de Biología Evolutiva.

Antes de comenzar a contar esa historia creo que es necesario exponer, aunque sea de forma muy breve, la situación de la biología evolutiva en España en los inicios de este siglo XXI que es muy curiosa (y sumamente contradictoria). En nuestro país nadie niega la gran importancia científica de la Teoría Evolutiva y existen grupos de investigación españoles que están publicando trabajos en las revistas evolutivas más prestigiosas del mundo. Sin embargo, la Teoría Evolutiva es la gran olvidada de la biología española. Mientras que en la mayor parte de los países más avanzados en ciencia y en formación científica la evolución domina de una forma aplastante los planes de estudio de biología, en España, muy pocas universidades imparten alguna asignatura sobre evolución, la Teoría Evolutiva no se tiene en cuenta a la hora de diseñar los planes de estudio, se traducen y escriben poquísimos libros sobre el tema, etc, lo que conlleva que la formación evolutiva de los biólogos españoles sea, en general, bastante deficiente.

La idea de la necesidad de crear una sociedad evolutiva en España se puede decir que estaba en la mente de todos o casi todos los que trabajamos en temas relacionados con la evolución, conscientes de la situación descrita en el párrafo anterior. Era un tema de conversación bastante frecuente, principalmente entre los que trabajamos en ecología, etología o genética evolutiva. Para que alguien se decidiera a acometer el proyecto de crear esa sociedad sólo hacía falta que ese alguien tuviera una pesadilla (la biología española iba cada vez peor por no tener en cuenta la Teoría Evolutiva) o un buen sueño (la necesidad es muy clara, los apoyos serán importantes y las dificultades fácilmente superables) y, supongo, que ambas cosas me ocurrieron cuando en octubre de 2003 decidí poner manos a la obra.

Partiendo de la base de que esa sociedad evolutiva tendría que ser integradora, es decir, que debería de atraer y representar a todas las personas interesadas en cualquier rama de la biología evolutiva, lo primero que hice fue contactar con un amigo genético (Juan Pedro M. Camacho) y un paleontólogo (Juan Carlos Braga) de mi propia universidad buscando su apoyo y colaboración.

Ambos se mostraron entusiasmados con el proyecto de crear una sociedad que se encargara de promover y difundir la Teoría Evolutiva en España, no sólo desde el punto de vista científico, sino también en otros aspectos, por ejemplo, tecnológico, aplicado y divulgativo. Además pensamos otros dos objetivos que también se recogen en los estatutos de la sociedad: fomentar las relaciones entre los científicos de las distintas áreas que se engloban dentro de la Biología Evolutiva y prestar un especial interés a la promoción cultural de la Teoría de la Evolución y a la enseñanza de la misma, sirviendo como centro de información y difusión entre los interesados.

Ilusionados con estas ideas decidimos completar una junta directiva pre-fundacional incluyendo, además de nosotros tres, seis vocales: otros tres también de la universidad de Granada (simplemente por motivos de operatividad y eficacia), una vez más, un genético, un paleontólogo y un ecólogo, y otros tres investigadores de reconocido prestigio de distintos centros nacionales, igualmente uno perteneciente a cada uno de los campos mencionados. Comenzamos a trabajar realizando el papeleo necesario para legalizar una sociedad científica, se redactaron unos estatutos, se prepararon numerosos documentos y se realizaron muchos trámites y, por fin, el 17 de noviembre de 2004, se recibió la comunicación oficial de que la sociedad había sido inscrita en el Registro Nacional de Asociaciones, con lo que el embrión de la sociedad se podía considerar bien formado e iniciando su desarrollo.

Con el objetivo de conseguir apoyo para la Sociedad y, a la vez, dejar patente su vocación integradora de sociedad científica que no pretende competir con ninguna otra, sino representar a todos los científicos y aficionados interesados en la teoría de la evolución, se invitó a 38 personas a que firmaran el Acta Fundacional de la sociedad. Estas personas constituyen una representación amplia de profesionales e investigadores de prestigio



Manuel Soler
Presidente
de la SESBE

pertenecientes a las más diversas ramas de la Biología Evolutiva, incluyendo también áreas minoritarias como médicos, arqueólogos y filósofos e, incluso, educadores y periodistas. Todos aceptaron recibiendo la idea con entusiasmo y se mostraron dispuestos a apoyar la puesta en marcha de la sociedad. Entre ellos se encuentran algunos de los científicos más renombrados del país, sería imposible destacar sólo a unos pocos por lo que sugiero que se consulte la lista completa en la página web de la sociedad (www.sesbe.org).

Se fueron haciendo los trámites necesarios para iniciar la puesta en marcha de la sociedad, por ejemplo, se creó la página web, para lo cual se compró el dominio SESBE (SEBE ya no estaba disponible) y se realizaron los contactos necesarios con RedIris para poder disponer de una lista de correo que permitiera la comunicación entre los socios. Todo fue más fácil de lo previsto porque ya existía una lista de correo con el nombre "Bioevo" cuyo responsable, Adolfo Cordero, aceptó entusiasmado que nos uniéramos a una lista cuyo nombre, de hecho, coincidía con el de nuestra sociedad.

Una vez cumplidos todos los trámites previos, se hizo pública la creación de la Sociedad Española de Biología Evolutiva, para lo cual se realizó un llamamiento en distintas listas de correo a todas aquellas personas que quisieran inscribirse. En sólo unos pocos meses, previos al congreso fundacional se inscribieron 230 socios que pasaron a integrar la lista de socios fundadores de la Sociedad.

La Junta Directiva pre-fundacional también nos encargamos de la organización del "Congreso Fundacional de la Sociedad Española de Biología Evolutiva" que tuvo lugar en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada durante los días 22 y 23 de septiembre de 2005. Los objetivos de este congreso eran, por un lado, hacer un análisis del estado de la biología evolutiva en España, y por otro lado, en la reunión de la sociedad, dar los pasos necesarios para que con este congreso se produjera el alumbramiento, el nacimiento propiamente dicho de la sociedad: elegir una nueva junta directiva, aprobar los estatutos, desarrollar las líneas de trabajo fundamentales de la sociedad y tomar decisiones importantes como periodicidad de los congresos, creación o no de una revista científica, etc., etc.

En el congreso fundacional se inscribieron 124 socios fundadores lo que supone una cifra muy elevada, sobre todo teniendo en cuenta que no se podían presentar comunicaciones científicas. Como ya he mencionado, se trataba de analizar el estado de la Biología Evolutiva en España, y, para cumplir este objetivo, lo que se hizo fue invitar a un experto de cada una de las áreas para que presentara un informe, y a continuación, se debatía sobre el tema.



Facultad de Ciencias
Universidad de Granada

El congreso fue un completo éxito, no sólo en cuanto a la inscripción, sino también en la aportación de ideas y sugerencias. Además, en todo momento destacó el entusiasmo y el interés en participar. Sin lugar a dudas fue el motor de arranque potente que necesitábamos para abordar con firmeza los objetivos que pretendemos. Es decir, esta sociedad nació con una fuerza enorme y con un apoyo mayoritario no sólo de los participantes en el congreso, sino de profesionales de prestigio e instituciones que colaboraron a distintos niveles, incluso económicamente, para la organización del congreso.

El "buen sueño" al que me refería al principio se ha cumplido. Ha habido que trabajar duro, dedicar muchas horas a tareas con frecuencia desagradables (todas las burocráticas lo son, al menos para mí), y solucionar algunos problemas que, como siempre, inevitablemente surgen a lo largo del camino. Sin embargo, la labor ha sido enormemente gratificante porque todo el mundo ha aceptado colaborar con entusiasmo siempre que se ha solicitado apoyo, colaboración o ayuda. Esta palabra, entusiasmo, se ha repetido con mucha frecuencia, seguramente demasiada, a lo largo de estas líneas, pero esta reiteración ha sido premeditada y consciente para destacar la buena acogida que tuvieron siempre mis solicitudes de colaboración.

Quiero dar las gracias a todos los que de una manera o de otra han apoyado este proyecto de crear la Sociedad Española de Biología Evolutiva, muy especialmente a Andrés Moya, que se involucró en la solución de problemas y en la organización mucho más de lo que le exigía su cargo de vocal de la junta directiva pre-fundacional y, sobre todo, a todos vosotros que os habéis inscrito como socios.

Ya estamos dando nuestros primeros pasos como sociedad, esperemos que la posible "pesadilla" también se transforme en un buen sueño y que la SESBE contribuya a que el futuro de la biología española sea bastante más prometedor gracias a la promoción y a la difusión de la Teoría Evolutiva.

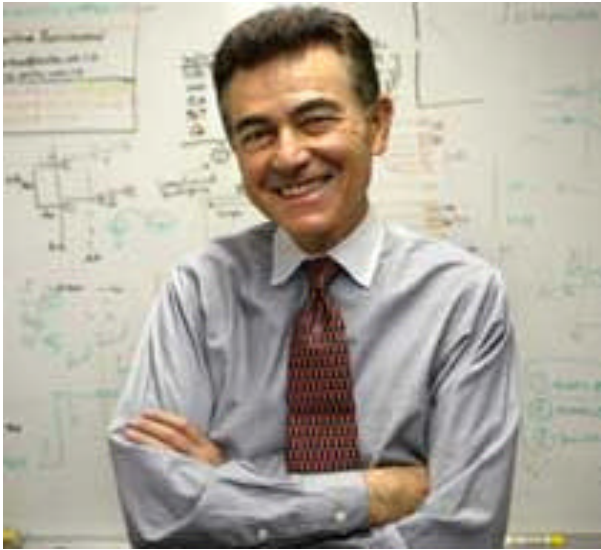
Manuel Soler
Presidente de la SESBE

Entrevista a Francisco J. Ayala

por Andrés Moya

Catedrático de Genética, Director del Institut Cavanilles de Biodiversidad i Biología Evolutiva, Universitat de València.

<<La Teoría Evolutiva está avanzando más rápido que nunca y cada vez va siendo más aceptada como el fundamento de toda la biología>>



Permítaseme que indique primero la posición académico-docente del profesor Francisco J. Ayala en la Universidad de California en Irvine (EEUU) y el motivo de hacerlo. Francisco Ayala es profesor 'Donald Bren' de Ciencias Biológicas, Ecología y Biología Evolutiva en la Escuela de Ciencias Biológicas, profesor de Filosofía en la Escuela de Humanidades y profesor de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Escuela de Ciencias Sociales. Probablemente son pocos los científicos, tanto de habla hispana como de cualquier otra, que concentren en una sola persona los objetivos que persigue la Sociedad Española de Biología Evolutiva: promover el conocimiento científico de la evolución biológica, es decir pensando la biología desde el prisma de la evolución, y poner en marcha programas de trabajo para llevar el conocimiento evolutivo a los diferentes agentes sociales, fundamentalmente los educativos.

1. Estás organizando una serie de reuniones en la US Academy of Sciences relacionados con la Teoría Evolutiva. ¿Cuál es tu visión sobre el pasado,

presente y futuro de la Teoría Evolutiva comparada con otras disciplinas de la biología?

R: La Teoría Evolutiva está avanzando más rápido que nunca y cada vez va siendo más aceptada como el fundamento de toda la biología. Los avances en áreas relacionadas están contribuyendo a éstos efectos, por ejemplo, los descubrimientos en evo-devo, paleontología humana, neurobiología, ecología, y por supuesto las investigaciones en genómica y expresión genética.

2. Autores como Kirschner, Gerhart o Carroll son críticos con la visión clásica de la evolución. ¿Necesitamos, de nuevo, una "nueva síntesis"?

R: Los trabajos en evo-devo de Kirschner, Gerhart y Carroll son importantes contribuciones a la teoría evolutiva. Yo no los veo como "críticas" en sentido negativo. Por supuesto, el trabajo de éstos y otros autores se presenta como revolucionario, o casi, principalmente por motivos de publicidad. Yo veo sus contribuciones como incrementales, aunque importantes, más que como revolucionarias.

3. ¿Cuál es tu opinión sobre la "auto-organización" como una fuerza evolutiva, como defienden gente como Kauffman y muchos otros?

R: Kauffman también ha contribuido de manera importante al llamar nuestra atención sobre la "self-assembly", algo que los evolucionistas tomaban como una cosa segura. A él también le gusta presentar su trabajo como "revolucionario," lo que no es verdad.

4. A veces se critica que en algunos libros escritos por científicos la teoría evolutiva es presentada como un dogma. ¿Crees que se corresponde con el estatus real de la teoría?

R: Sería muy malo que los evolucionistas presentaran su ciencia como un dogma,

entre otras razones porque eso (1) tiende a cerrar, más que a abrir, las mentes, y (2) es contraproducente para la educación. Yo no se que evolucionistas hacen eso. Pero, en cualquier caso, toda la ciencia está sujeta a la posibilidad de revisión.

5. ¿La llegada de la era de la genómica y la post-genómica, ha abierto nuevas vías para testar predicciones antiguas de la teoría evolutiva?

R: La genómica (y la transcriptómica, que avanza rápidamente) tienen mucho que contribuir a testar las teorías actuales de la evolución, iseguroi, pero también llevarán a nuevos y significativos descubrimientos.

6. Con el nivel actual de conocimientos evolutivos, ¿Qué puede decirse del origen de los humanos?

R: Los descubrimientos y la comprensión de este tema están avanzando a pasos agigantados. Ver, por ejemplo, T.D. White, et al. (2006) Nature 440: 883-889, y otros artículos y comentarios relacionados. (En este trabajo se describen nuevos restos fósiles de Australopithecus anamensis - de unos 4.1-4.2 millones de años - que arrojan nuevas evidencias sobre que Ardipithecus pudo ser el ancestro de Australopithecus.)

7. ¿En qué sentido es el Diseño Inteligente (ID) un problema? ¿Es un problema porque supone un incremento del movimiento anti-científico? ¿Es un problema científico, teológico, o político?

R: Acabo de finalizar mi segundo libro sobre el ID y la evolución (Darwin's Gift), que será publicado por Joseph Henry Press de la NAS. El primer libro sobre Darwin y el ID aparecerá publicado a finales de año (Fortress Press). Este es un tema muy candente aquí en Estados Unidos. En los últimos dos años he dado 4-5 conferencias al mes en organizaciones religiosas, congresos científicos, universidades (y en países como Italia, Mexico, Serbia, China, etc.). El movimiento de el ID en Estados Unidos está promovido por una campaña muy bien financiada, pero equivocada, que ve la evolución como contraria a las creencias cristianas, lo que no tiene porque ser así: la ciencia y la religión se preocupan por diferentes aspectos de la realidad

8. Recientemente escribistes, junto con otros dos científicos, una carta al Papa donde declarabais vuestra preocupación sobre algunos movimientos dentro de la iglesia católica a favor del ID. ¿Hay algún movimiento que apoye el ID que

haya traspasado las fronteras de los Estados Unidos?

R: Queríamos alertar al Papa Benedicto XVI que las declaraciones públicas del Cardenal Schoenborn eran contrarias a (1) las declaraciones de Juan Pablo II; (2) a las ideas actuales entre los teólogos y (3) científicamente inútiles. Si debido a nuestra carta o (más probablemente) independientemente de ella, el Cardenal retiró sus declaraciones anteriores, asumo que el Papa estaba involucrado, porque sólo el Papa conseguiría que un importante cardenal cambiara publicamente sus opiniones.

9. La Sociedad Española de Biología Evolutiva (SESBE) tiene, entre otros, el objetivo de promover el pensamiento evolutivo en nuestra sociedad. ¿Podrías aconsejarnos como conseguirlo?

R: Es un buen objetivo. Trabajad duro para que la SESBE tenga éxito y consiga sus objetivos.

10. ¿Alguna otra sugerencia para nuestra recientemente creada Sociedad Española de Biología Evolutiva?

R: Podrías tratar de forma activa, e incluso "agresivamente", de incorporar a la SESBE a evolucionistas de América Latina.

Durante los últimos años, alrededor de grandes obras emblemáticas de biólogos evolucionistas del siglo pasado, la Academia de Ciencias de Estados Unidos, en su sede de la Universidad de California en Irvine, ha venido organizando una serie de conferencias de alto nivel sobre el estado de la teoría evolutiva. En breve se celebrará uno sobre 'Complejidad y Evolución'. El profesor Ayala ha jugado un papel fundamental en este ciclo de eventos, y los trabajos presentados han sido publicados, bajo su dirección en los Coloquios de la revista Proc. Natl. Acad. Sci. USA. Las preguntas formuladas, y las respuestas, tratan de mostrar, por un lado, el extraordinario momento creativo en el que se encuentran los estudios evolutivos y, por otro, la preocupación generada por la histórica recurrencia de las formulaciones creacionistas. Sus observaciones, incluidas las relativas a la apertura de nuestra sociedad al ámbito latinoamericano, bien merecen un momento de reflexión.

Evolución y biología del desarrollo: relaciones históricas e influencia recíproca (si la hubo) en la docencia e investigación de ambas en España

Jaume Baguña

Departament de Genètica, Facultat de Biologia, Universitat de Barcelona,
Diagonal 645, 08028 Barcelona. E-mail: jbaguna@ub.edu

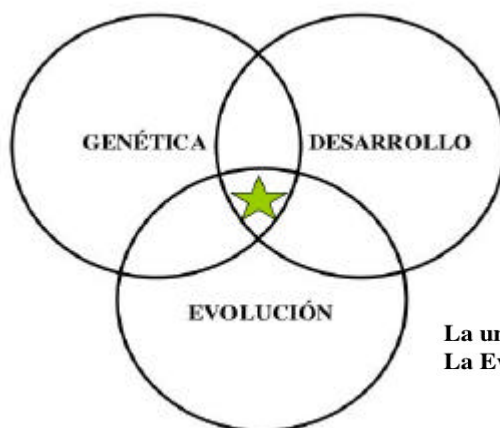
RESUMEN

La historia de las relaciones entre la Biología del Desarrollo (=Embriología) y la Evolución presenta dos etapas muy diferenciadas de interrelación separadas por un largo interregno de profundo desencuentro. La primera surge al confluir la Embriología Comparada con la Teoría de la Evolución de Darwin. Sus logros principales fueron una clasificación más racional de los seres vivos y diversas teorías e hipótesis sobre las principales transiciones evolutivas. Sin embargo, el desconocimiento de los mecanismos hereditarios impide proponer mecanismos específicos de evolución morfológica lo que da lugar a un largo desencuentro (1900-1960) entre Embriología y Evolución coincidente con el redescubrimiento de las leyes de Mendel y el auge y unión entre Genética de Poblaciones y Evolución. La segunda etapa nace en la década de 1970 cuando la Genética del Desarrollo, fusión de Genética, Biología Molecular, y Biología del Desarrollo, revela que la mayoría de organismos utilizan los mismos genes y procesos, aunque de manera diversa, para generar variación. La fusión, hoy en marcha, entre Evolución y Biología/Genética del Desarrollo o Evo-Devo (Evolución y Desarrollo), plantea descubrir las reglas y mecanismos genéticos, celulares y morfogenéticos y los cambios en ellos producidos a lo largo del tiempo para generar la biodiversidad pasada y presente.

En España, la Embriología (Biología del Desarrollo hoy) no tuvo papel alguno en la docencia de Ciencias Naturales y Biología quedando relegada, cuando estaba, a una asignatura optativa o como lección aislada en Zoología y Botánica. Hoy se imparte como obligatoria en solo el 20% de planes de estudio de Biología. Lo mismo sucedió con la Evolución, relegada a la optatividad hasta los planes de 1992, y hoy troncal en solo el 40% de planes de estudio. La Genética del Desarrollo se imparte por vez primera en 1976 y actualmente está presente, como optativa, en un 20% de los planes de estudio de Biología. Finalmente, la Evo-Devo se imparte, como optativa, desde 1994 en solo dos Universidades. En investigación, la situación fue similar: actividad prácticamente nula en Biología del Desarrollo, exceptuando algunos embriólogos en Facultades de Medicina. A su vez, la Evolución floreció en España sólo desde 1950 de la mano de genéticos de poblaciones sin relación alguna con los, en aquel momento, muy escasos biólogos del desarrollo. Por contra, la investigación en Genética del Desarrollo despegó internacionalmente desde 1970 en el Centro de Biología Molecular (CBM-CSIC) de la Universidad Autónoma de Madrid, germen de la mayoría de grupos hoy en día existentes en España. Finalmente, prueba del creciente interés en Evolución y Desarrollo son los aun escasos pero muy activos grupos existentes desde la década de 1990.

Las vicisitudes históricas mencionadas permiten concluir que la influencia en España de la Evolución en el Desarrollo y viceversa, ha sido prácticamente nula. Para subsanar este secular retraso sugerimos algunas pautas tanto en docencia como en investigación. *eVOLUCION 1(1): 7-18 (2006)*.

Palabras Clave: Embriología; Desarrollo; Evolución; Evo-Devo; Genética del Desarrollo; Embriología Comparada.



La unión entre Genética del Desarrollo y Evolución.
La Evo-Devo o 'Evolutionary Developmental Biology'

1. Definiciones de desarrollo y evolución

La historia de las relaciones entre Evolución y Desarrollo, o si queremos Desarrollo y Evolución, es larga y compleja. La primera dificultad estriba en la propia definición de Desarrollo y de Evolución. Etimológicamente hablando, ambos términos son sinónimos ya que refieren a procesos similares sinó idénticos. Así, Evolución se refiere a cualquier proceso de formación o crecimiento (es decir, de desarrollo; Webster 1996) o cambio. Al tiempo, por Desarrollo se entienden aquellos procesos de evolución natural desde estadios previos simples, o desde estadios embrionarios, a estadios más tardíos y complejos, o al organismo o ente completo (Webster 1996). Esta definición abarca también el concepto de evolución. El *leitmotif* común a ambos es que refieren a procesos que van de lo más simple a lo más complejo; es decir, embriones en el desarrollo y taxones en evolución.

Un examen detenido de ambos procesos permite distinguirlos y definirlos con más precisión. Hoy en día, desarrollo es la serie de cambios complejos organizados que van desde la fecundación (formación del cigoto) hasta la muerte del individuo. A su vez, evolución es el desarrollo gradual de organismos complejos a partir de ancestros más simples a lo largo del tiempo geológico. O, más específicamente, el proceso continuo de adaptación genética de los organismos o especies al ambiente mediante mutación, selección, hibridación, etc....

Esta última definición de evolución substituye a la más restringida, pero de mucho predicamento aun, basada en la denominada Síntesis Moderna (p.ej. “cambios en las frecuencias génicas de una población a lo largo del tiempo”; Dobzhansky 1937).

2. El lugar central del desarrollo en biología

La Fig. 1 esquematiza las relaciones del Desarrollo (D) con tres grandes procesos en Biología: Herencia (H), Reproducción (R) y Evolución (E) e ilustra el lugar central del Desarrollo en la Biología. La transmisión de la información genética (Herencia, H) de una generación (G1; parental) a la siguiente (G2; filial), la realiza la Reproducción (R) mientras el Desarrollo (D) es el proceso que produce fenotipos similares a los parentales bajo el control de la información genética. Finalmente, es durante el Desarrollo cuando las variaciones (mutaciones) genéticas producen variaciones en la morfología del embrión y del adulto sobre las que la selección natural actuará dando lugar a adaptación y Evolución (E).

Del esquema de la Fig. 1, se deriva un evidente flujo causal. Mientras que el análisis de los procesos del desarrollo puede ser muy útil para entender el proceso evolutivo de cambio morfológico, del conocimiento a fondo de los mecanismos evolutivos no se desprende necesariamente un mejor conocimiento del desarrollo.

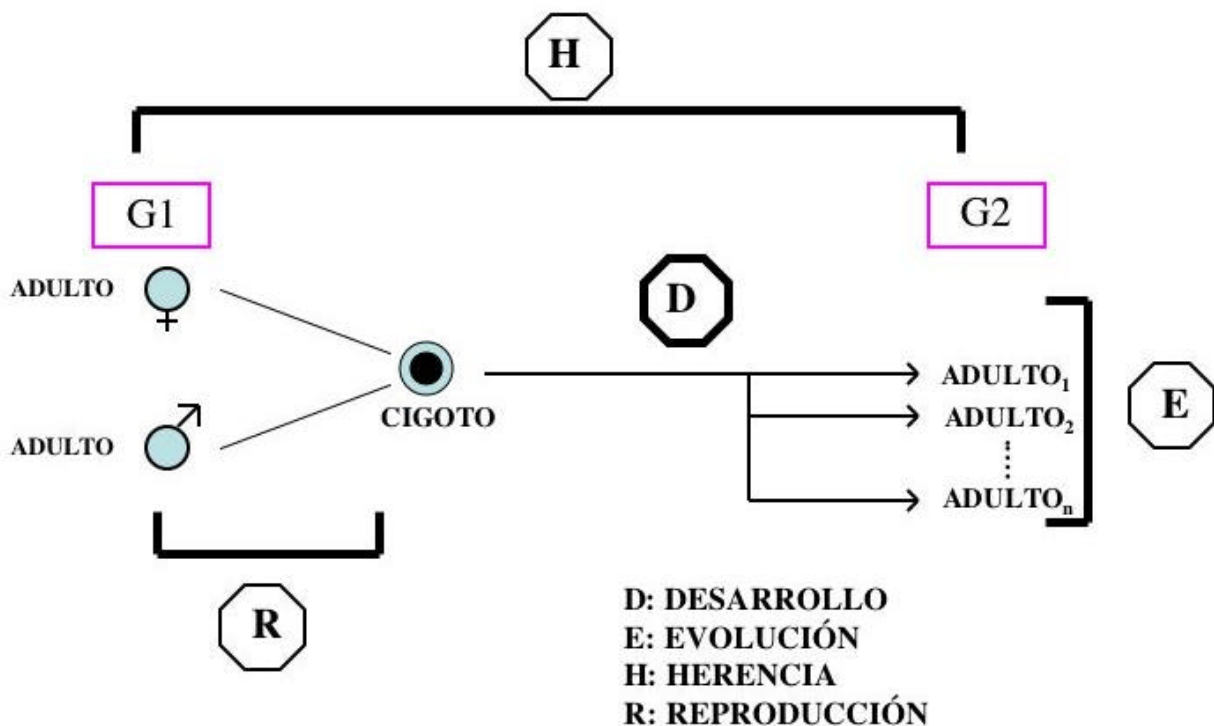


Fig. 1.- Representación de las relaciones entre Desarrollo (D), Evolución (E), Herencia (H) y Reproducción (R) durante el paso de una generación (G1) a la siguiente (G2) en una población de individuos de una especie. Las diferencias en el genotipo unidas a las variaciones producidas a lo largo del desarrollo (genotípicas o no) dan lugar a las diferencias fenotípicas en embriones y adultos sujetas a selección (Evolución, E). Nótese el flujo direccional entre Herencia-Desarrollo-Evolución. Para más detalles, ver texto.

A la vez, entender cómo los genes (la información genética) controlan el desarrollo es clave para entender la causalidad de éste, mientras que una relación inversa no es principio esperable. En consecuencia, cabe esperar que el entendimiento adecuado de la evolución dependa, en primer lugar, del conocimiento de la naturaleza de la información genética y de su transmisión, y en segundo lugar de cómo la variación genética produce cambios en los procesos de desarrollo generando variación fenotípica.

En resumen, la causalidad entre Desarrollo y Evolución va en dirección Gen-Desarrollo-Evolución y no al revés. Como mostraremos a continuación, la historia de las relaciones entre Desarrollo y Evolución demuestra que la dificultad en determinar el primer eslabón, la naturaleza y modo de acción del material hereditario, fue la barrera que dificultó hasta bien entrada la década de 1980 la unión fecunda entre Desarrollo y Evolución, unión mediatizada primero por la Genética del Desarrollo y seguidamente por la Evolución y Desarrollo (Evo-Devo).

3. Historia de las relaciones entre desarrollo y evolución

3.1. La Embriología Comparada descriptiva, la recapitulación y las leyes de von Baer

La Anatomía Comparada predarwiniana de inicios del siglo XIX, detectó un hecho singular: a lo largo del desarrollo, los embriones de organismos superiores parecían recapitular algunas características propias de organismos adultos inferiores relacionados con aquellos.

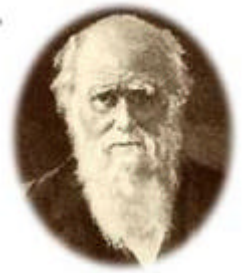
Coetáneamente, muchos recapitulacionistas vieron también en el reino animal una progresión lineal desde los invertebrados inferiores a los superiores y de estos a los vertebrados hasta culminar en el hombre. Finalmente las series del registro fósil también mostraban tal progresión. Para algunos biólogos, estos paralelismos eran prueba irrefutable de la idea de “transformación”, el vocablo pre-darwiniano para referirse a la evolución. Para otros, eran precisamente la prueba de la Creación divina en 6 días.

En 1828, von Baer (1792-1876) formuló sus famosas leyes empíricas del desarrollo embrionario, claramente antirecapitulacionistas. Von Baer demostró que: 1) las características generales de un grupo aparecen en los embriones antes que los caracteres específicos; 2) los embriones de una determinada especie en vez de pasar a través de los estadios de otros organismos, se apartan en realidad cada vez más de ellos; y 3) por lo tanto, el embrión de un organismo superior nunca se parece al adulto de un animal inferior sino solo a su embrión. Aparte de ser antirecapitulacionistas, las ideas de von Baer iban también contra la visión lineal de la

“transformación” evolutiva. A pesar de una concepción tan avanzada, von Baer nunca fue evolucionista y no aceptó la teoría de Darwin. Para él, estas reglas o leyes solo operaban dentro de los 4 grandes grupos de organismos definidos por Cuvier, grupos que en modo alguno estaban relacionados entre sí y entre los cuales no existía posibilidad alguna de transformación.

3.2. La teoría darwiniana de la evolución. La unión entre Desarrollo y Evolución

La teoría darwiniana de la evolución por selección natural (Darwin 1859) introdujo un mecanismo extremadamente persuasivo y explicativo de la evolución morfológica y funcional (adaptación) de las especies a su entorno y de la evolución en general. Darwin sintetizó dos grandes conceptos: ‘*unidad de tipo*’, basado en las semejanzas, las homologías, como prueba de la existencia de un ancestro común; y ‘*condiciones de existencia*’, es decir, modificaciones, diferencias, adaptaciones al entorno por selección natural. Para Darwin, el desarrollo embrionario era la mejor prueba a favor de la transformación o cambios de forma en evolución. Al tiempo, las homologías morfo-lógicas eran prueba de la existencia de un ancestro común, una guía excelente para una clasificación más racional de los organismos, y un método eficaz para inferir las relaciones filogenéticas entre los taxones actuales y extinguidos.



“Asimismo, los embriones de organismos distintos de una misma clase son a menudo extraordinariamente similares: no hay mejor prueba de ello que la circunstancia referida por Agassiz que al olvidarse etiquetar embriones de algunos animales vertebrados no podía ya saber si eran de un mamífero, un ave o un reptil”.

Darwin (1859). “El Origen de las Especies”

“A mi entender, la Embriología es con mucho la mejor prueba a favor del cambio morfológico”

Darwin (1860), Carta a Asa Gray.

Dos ejemplos bastan. Las ascidias o urocordados fueron clasificadas a principios del siglo XIX como moluscos sin concha. En 1866, Kowalevsky descubrió que sus larvas no eran en absoluto similares a ningún molusco ni a cualquiera de sus larvas. Las larvas de ascidias parecían diminutos renacuajos con notocorda y cordón nervioso dorsal. Aunque más simples que los vertebrados, estas larvas presentaban un plan corporal muy similar a aquellos (ref. en Gilbert 2003). Darwin sugirió que un ancestro común a ambos había dado lugar a ascidias y a vertebrados siguiendo sendas divergentes de desarrollo en cada una de ellos. El segundo ejemplo son los cirrípedos o percebes, clasificados inicialmente

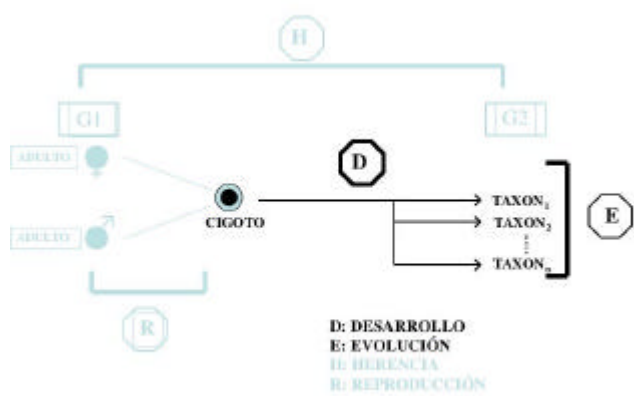


Fig. 2.- Situación (hacia 1860) del esquema de la Fig. 1 cuando surge (en negro) la relación entre Desarrollo (D) y Evolución (E) derivada de la teoría darwiniana. Al desconocerse la naturaleza de los mecanismos de Herencia (H) y Reproducción (R), nótese (en azul pálido) el nulo conocimiento acerca de la génesis de la variación y cómo esta producía cambios morfológicos.

por Cuvier como Moluscos en base a la morfología adulta. Sin embargo, el propio Darwin observó una gran semejanza entre las larvas de cirrípedos y las larvas de crustáceos. De aquí, propuso que los cirrípedos pertenecían a los Crustáceos, propuesta ampliamente confirmada y aceptada con posterioridad.

3.3. Conflicto y divorcio entre Evolución y Desarrollo y entre Herencia (Genética) y Desarrollo

La unión entre Evolución y Desarrollo (Fig. 2) llevada a cabo por la Embriología Comparada y la teoría darwiniana y cuya cima fueron las ideas recapitulacionistas de Haeckel y sus epígonos, presentaba dos grandes escollos.

En primer lugar, el problema de la homología; es decir, similaridad debida a compartir un ancestro común. Determinar si una estructura en el embrión de un taxon A era homóloga a otra estructura en el embrión de un taxon B, se reveló más difícil de lo previsto y generó discusiones y debates a menudo vanos y estériles. En otras palabras, era difícil saber si estructuras similares habían derivado de un ancestro común o eran fruto de la convergencia adaptativa.

En segundo lugar la mera comparación entre los procesos embriológicos de taxones cercanos y/o lejanos no dió pista alguna sobre posibles mecanismos de transformación. La razón básica de este fracaso era el desconocimiento absoluto de las reglas de la herencia y de cómo se producía la variación morfológica. A finales del siglo XIX reputados zoólogos y embriólogos como Bateson, Sedgwick y otros, consideraron, con razón, que la Embriología Comparada no aportaba nada al conocimiento de los mecanismos evolutivos. Esta constatación llevó a los embriólogos a iniciar una aproximación más experimental al desarrollo embrionario cuyo resultado fue la denominada Embriología Experimental. De la mano de nombres señeros como Roux, Driesch, Wilson, Boveri, Spemann, Mangold, y otros la Embriología se transforma en una potente ciencia experimental que domina por completo la Biología del Desarrollo en la primera mitad del siglo XX.

El redescubrimiento en 1900 de las leyes de Mendel no supuso avance alguno para los embriólogos ya que la Genética de la transmisión de caracteres no daba fundamento, ni teórico ni práctico, a la Embriología. La naturaleza de los genes era desconocida, su modo de actuar también, y su expresión dentro de células o embriones no pudo abordarse experimentalmente hasta 1960. Por otra parte, la Embriología experimental, en auge desde 1890, se había centrado básicamente en el citoplasma del cigoto y del embrión y en cómo los factores citoplasmáticos presentes en el cigoto se distribuían diferencialmente durante el desarrollo ‘controlando’ la formación de los distintos tejidos y órganos. No en vano, muchos embriólogos experimentales, con la honrosa excepción de Boveri, consideraban al núcleo irrelevante y, en consecuencia, a los genes también.

Por el contrario, la genética mendeliana fue desde el principio incorporada por los biólogos evolutivos. Al emerger la genética de poblaciones (1910-1920), la biología evolutiva dispuso de una herramienta cuantitativa muy eficaz para predecir la conducta de los genes bajo selección. Para ellos, el conocimiento de la naturaleza de los genes y su expresión eran innecesarios. Estas concepciones culminan en 1930 en la denominada Teoría Sintética de la Evolución (*‘Modern Synthesis’*) de Fisher, Haldane y Wright, donde el desarrollo es ignorado por completo (Fig. 3). La cima de este enfoque poblacional de la evolución es la propia definición de evolución por Dobzhansky (1937) como “cambios en la frecuencia de genes en las poblaciones”.

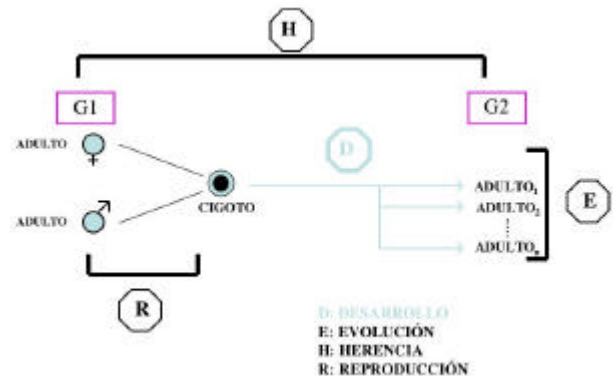


Fig. 3.- Situación del esquema de la Fig. 1 según la Teoría Sintética de la Evolución (hacia 1930). El redescubrimiento en 1900 de las leyes de la herencia (H), enunciadas por Mendel en 1865, y un mejor conocimiento de los mecanismos de Reproducción (R) producen una adecuada comprensión de los mecanismos de herencia y variación entre generaciones (G1 vs G2) dentro de una población. Ello permitió analizar y predecir el papel de la selección y otros factores en adaptación, microevolución, y mecanismos de especiación. Al desconocerse la naturaleza de los genes y su papel durante el desarrollo, el papel de éste queda totalmente postergado (azul pálido). A la vez, ello impidió deducir los mecanismos evolutivos de cambio morfológico y la génesis de las principales innovaciones en Evolución.

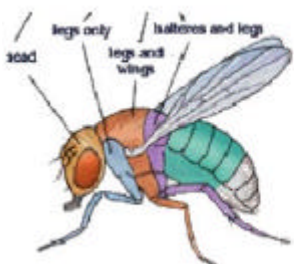
3.4. La larga travesía en el desierto de la Embriología durante la primera mitad del siglo XX

La Embriología experimental es básicamente operacional ya que plantea entender los mecanismos de desarrollo a través de interacciones tisulares y celulares. El ejemplo más relevante son los experimentos de Spemann y Mangold (1924) sobre inducción en embriones de Anfibios a partir de trasplantes ectópicos de una región luego denominada organizador. Pese a su indudable éxito e influencia, Spemann nunca intentó plantear y entender la inducción en términos genéticos y, aunque hubiera querido, tampoco hubiera podido. En la década de 1930 se inicia el análisis bioquímico de la inducción embrionaria. Su objetivo fue aislar el factor o factores (inductores) responsables de dicho fenómeno. Pese a los repetidos esfuerzos de nombres señeros de la Embriología como Holtfreter, Needham, Waddington, y otros, el resultado fue un rotundo fracaso. La razón básica fue la incapacidad técnica de la bioquímica de los años 30-40s en aislar e identificar de manera inequívoca sustancia inductora alguna. Y aunque así hubiera sido, tampoco se hubiera entendido como la señal inductora era recibida y transducida en el tejido receptor para producir la estructura inducida.

Coetáneamente, los embriólogos de la primera mitad del siglo XX, aun aceptando vagamente que los genes debían ser cruciales para el desarrollo, argüían que si la base del desarrollo estaba en los genes antes había de entenderse como un ente constante (los genes) era capaz de controlar un proceso tan cambiante como el desarrollo embrionario. Genéticos con formación embriológica, cuyo máximo exponente fué T.H. Morgan, admitían la imposibilidad de responder una pregunta simple pero clave: saber si todos los genes estaban siempre activos a lo largo del desarrollo o si solo algunos de ellos lo estaban en determinados estadios y otros en estadios distintos. En su libro *Embryology and Genetics*, Morgan (1934) se plantea esta pregunta y le da una respuesta teórica en términos sorprendentemente modernos: ‘actividad génica diferencial’. Sin embargo, como irónicamente comenta Raff (1996), el libro de Morgan podría también titularse *Oil and Water*, dada la curiosa falta de integración en su libro entre ambas áreas.

“Una de las preguntas más importantes para la Embriología relacionadas con la actividad de los genes no puede contestarse hoy en día: si todos los genes están siempre activos, o si algunos son más activos que otros en determinados estadios del desarrollo”

T.H. Morgan (1927) en ‘Experimental Embryology’



3.5. La Genética del Desarrollo: antecedentes y realidades

La unión entre Genética y Desarrollo surge del estudio de mutaciones que alteran el desarrollo. En las décadas de 1940s-50s, E. Hadorn, C.H. Waddington y C. Stern fueron pioneros en este campo. El nuevo enfoque gana más visibilidad con los estudios de E.B. Lewis sobre mutaciones que afectan al desarrollo en *Drosophila* y, muy en especial, con los denominados mutantes homeóticos (1950s-60s). Estas mutaciones transforman segmentos completos con sus apéndices en estructuras correspondientes a otro segmento, generalmente más anterior a lo largo del eje anteroposterior. Lewis demostró que estas mutaciones se producían en genes contiguos a lo largo del cromosoma que especificaban correlativamente la morfología a lo largo del eje anteroposterior.

Sin embargo, la influencia real de la Genética en el desarrollo embrionario se produce al centrar ésta su atención en entender como los genes funcionan dentro de células y embriones. Este viraje conceptual tiene su origen en dos descubrimientos clave. El primero es la publicación del modelo de la doble hélice del DNA por Watson y Crick (1953) que focaliza los procesos genéticos en la estructura del DNA. El segundo, es el modelo del operón de Jacob y Monod (1959) que por vez primera demuestra como la diferenciación a corto plazo en bacterias es regulada a través del control de la expresión génica. De inmediato, el modelo del operón se hace extensivo al control de la expresión génica durante el desarrollo en eucariotas multicelulares (Jacob y Monod 1961).

El gran salto cualitativo en Genética del Desarrollo ocurre con la introducción de organismos modelo y la inducción y estudio de miles de mutaciones que afectan a su desarrollo. *Drosophila melanogaster* y *Caenorhabditis elegans* en animales y *Arabidopsis thaliana* en plantas suministran entre 1970 y 1990 una cantidad ingente de mutantes que permiten identificar, mapear y analizar los efectos en el desarrollo de miles de genes, investigar sus jerarquías e interacciones, y demostrar el papel clave de algunos de ellos (genes selectores) en definir estados alternos de desarrollo. Esta etapa representa la primera Edad de Oro de la Genética del Desarrollo. Ejemplos señeros de ella son, entre otros muchos, la noción de la compartimentalización y los genes selectores (García-Bellido 1975), los genes maternos y cigóticos que establecen los patrones axiales (anteroposterior y dorsoventral) en *Drosophila* (Nüsslein-Volhard y Wieschaus 1980) (Fig. 4), los genes que intervienen en el patrón de desarrollo de la vulva en *C. elegans* (Ferguson *et al.* 1987), y los genes de patrón inicial en *Arabidopsis thaliana*

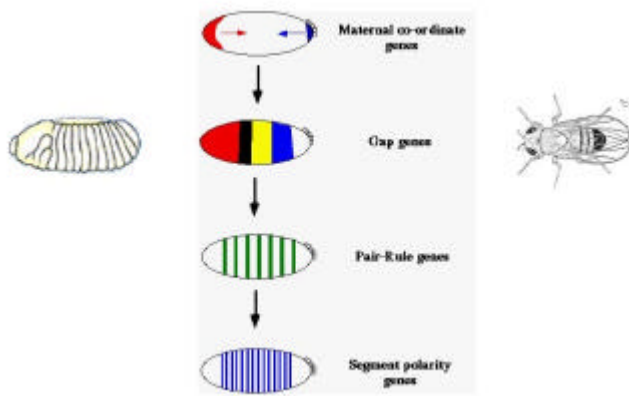


Fig. 4.- Uno de los ejemplos señeros de la aplicación de la Genética del Desarrollo a un problema concreto (la segmentación corporal) en uno de los modelos-clave: *Drosophila*. Entre 1975 y 1980 Nüsslein-Volhard y Wieschaus analizan y descubren que la segmentación en *Drosophila* está controlada por un conjunto de genes de expresión materna y de genes de expresión cigótica que actúan jerárquica y combinatorialmente a lo largo del desarrollo embrionario.

(Jurgens *et al.* 1991). Estos y otros ejemplos demostraron que los genes y las redes de genes son los que, jerárquica y combinatorialmente, controlan las propiedades celulares (proliferación, diferenciación, movimiento, comunicación, muerte, etc.) generando morfologías concretas y, en último término, el fenotipo del adulto (Fig. 5).

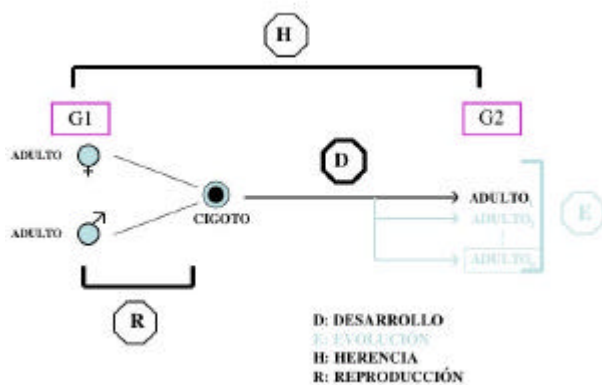


Fig. 5.- La Genética del Desarrollo es el eslabón que une Herencia (H), Reproducción (R) y Desarrollo (D), al demostrar que la semejanza entre una generación G1 y la siguiente (G2) se debe al control de los procesos de desarrollo por parte de los genes. Nótese (azul pálido) que en éste estadio (1970s-80s) se suponía que la morfología de cada especie o taxon se debería a la presencia de genes específicos de especie. Ello tornaba irrelevante el estudio comparado de genes del desarrollo entre especies/taxones para determinar mecanismos comunes.

A mediados de los 80s, la introducción de las técnicas de Biología y Genética Molecular al estudio del desarrollo inauguran la segunda Edad de Oro de la Genética del Desarrollo e, indirectamente, son el germen de la futura y definitiva conexión del Desarrollo con la Evolución. Las nuevas técnicas de aislamiento, manipulación y secuenciación de genes tornan a éstos en entidades físico-químicas que se pueden identificar, analizar y secuenciar y relegan al gen como ente abstracto (solo detectable por cruces), a la Genética de transmisión y a la Genética de

poblaciones. Surgen además métodos diversos para detectar el lugar y el tiempo de expresión de cualquier gen, tanto a nivel de mRNA como de proteína. Aplicadas inicialmente a organismos modelo, estas técnicas se revelan igualmente eficaces en cualquier organismo. El resultado es un aluvión de datos de los que se desprende un hecho inesperado, sorprendente y de enorme alcance: la mayoría de genes del desarrollo detectados en *Drosophila* y *C. elegans* presentan genes homólogos en los demás organismos, desde las esponjas a los Vertebrados, incluido el hombre. Sus secuencias son a menudo similares, y sus expresiones temporal y espacial similares cuando no idénticas. El ejemplo más notorio es el 'cluster' de genes Hox, detectado primero en *Drosophila* (Fig. 6) y demostrado con posterioridad en diversos invertebrados y vertebrados (Fig. 7), entre ellos el hombre. A este primer ejemplo, seguirán multitud de ejemplos que abarcan cualquier estructura y proceso del desarrollo.

3.6. La unión entre Genética del Desarrollo y Evolución: la Evo-Devo (Evolución y Desarrollo)

La sorprendente conservación a lo largo de la escala filética de genes con roles mayores en el desarrollo sugería a su vez una conservación en el programa de desarrollo a lo largo de la escala filética. Esta conservación era análoga a la 'unidad de tipo' darwiniana para con la morfología. Al tiempo, la evidente diversidad morfológica entre taxones requería, pese a esta gran conservación genética, la existencia de variaciones a nivel del tiempo y lugar de expresión, cantidad de producto, e interacciones con otros genes, entre genes homólogos de taxones diversos. Estas variaciones producirían a lo largo del desarrollo diferencias morfológicas y funcionales entre taxones sobre las que la selección natural operaría adaptando los organismos al entorno y generando la enorme biodiversidad pasada y presente. De estas premisas surge el argumento básico de la Evolución y Desarrollo o Evo-Devo: si la evolución es cambio en la morfología, y si la morfología surge del desarrollo embrionario, dado que el desarrollo embrionario está controlado por genes y redes génicas, entender como los genes han evolucionado es la clave para entender la evolución morfológica (para referencias generales, ver Baguña y García-Fernández 2003).

Un requisito previo a cualquier estudio de Evo-Devo dirigido a entender como surgió determinada innovación evolutiva o, a escala menor, cómo un determinado carácter varía o ha evolucionado entre especies próximas, es obtener una filogenia robusta de los taxones objeto de estudio.

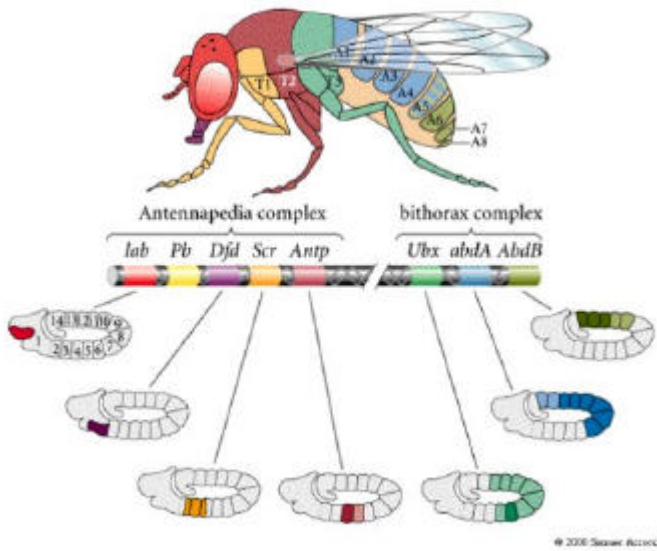


Fig. 6.- 1984 y el descubrimiento del ‘homeobox’ o caja homeótica, pueden considerarse el año y el acta fundacionales de la unión definitiva entre Evolución y Desarrollo (Evo-Devo). El ‘homeobox’ es una secuencia de DNA de 180 pares de bases, extremadamente conservada, descubierta en varios genes de *Drosophila*. Sorprendentemente, estos genes se disponen de manera contigua a lo largo del genoma formando un grupo o ‘cluster’: el cluster de genes Hox (que en *Drosophila* está escindido en dos: el cluster Antennapedia (ANT-C) y el cluster Bithorax (BX-C)). Entre 1985-1990 se demuestra que la disposición de estos genes a lo largo del genoma se corresponde con su expresión espacial y temporal a lo largo del eje antero-posterior (AP). En la parte inferior se esquematiza (en colores) la expresión de estos genes a lo largo del eje AP del embrión.

La filogenia establece la polaridad, la dirección del cambio evolutivo, la dirección de las diferencias que observamos. Aparte de las filogenias clásicas basadas en caracteres morfológicos y embriológicos, las recientes filogenias moleculares basadas en la secuenciación y comparación de genes o/y genomas enteros han aportado un caudal de nuevos caracteres que han modificado substancialmente las filogenias internas de grupos enteros e, incluso, la Sistemática y la Taxonomía general desde procariotas a eucariotas superiores. Otra fuente imprescindible para obtener una buena filogenia es la paleontología. Si el registro fósil fuera completo e interpretable, las filogenias morfológicas y moleculares serían redundantes ya que la historia real ‘de lo que pasó’ estaría ante nuestros ojos. Pese a no ser así, en especial por lo que respecta a los acontecimientos de cladogénesis e innovación evolutiva, no es menos cierto que la paleontología es de enorme utilidad para intentar vislumbrar como fueron en realidad los grupos basales (‘stem groups’), de los que derivaron los grandes filos y otros taxones menores existentes hoy en día, morfológicamente muy alejados de aquellos.

3.7. El futuro de la Evo-Devo

Si dispusiéramos de filogenias y/o series de fósiles razonables para cualesquiera grupo de taxones, qué podríamos esperar del poder explicativo de la Evo-Devo?. Las mayores transiciones evolutivas son las que, lógicamente, despertaron el mayor interés entre embriólogos y zoólogos antes, y despiertan hoy en día entre expertos en Evo-Devo. Ejemplos de ellas son el origen de la multicelularidad, el paso de organismos de simetría radial a bilateral, el origen de los filos durante la denominada ‘Explosión Cámbrica’, el origen de los cordados, y preguntas ya centenarias como el monofiletismo o polifiletismo del celoma, de la segmentación axial, y de las formas larvianas. Lógicamente también, y pese a su indudable atractivo, tales transiciones están muy lejos de poder abordarse aún, y es posible nunca puedan abordarse, en Evo-Devo si exceptuamos meras hipótesis de transformación morfológica derivadas de estudios comparados de expresión de genes mayores del desarrollo entre los taxones actuales filogenéticamente más próximos.

Más sensatas y realistas son las aproximaciones de corte más microevolutivo. Para demostrar el papel causal de una diferencia (variación) genética en el desarrollo, hemos de probar que ésta es su causa proximal y no una mera asociación; es decir, que produzca un carácter morfológico derivado. En otras palabras, habríamos de introducir un cambio genético en el

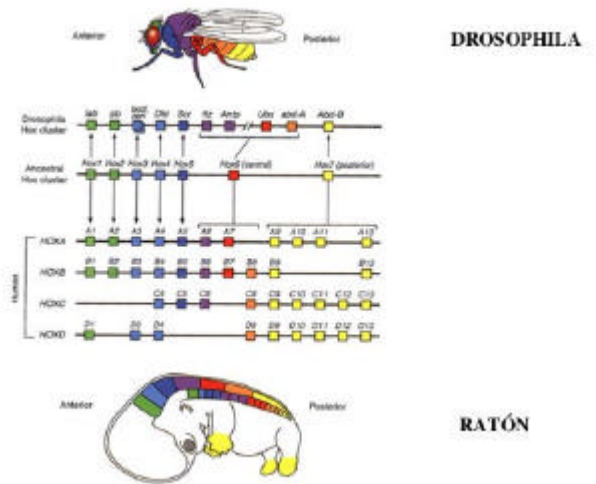


Fig. 7.- Entre 1985 y 1990 se desvela que el número, disposición en el genoma, y expresión anteroposterior (AP) de los genes del cluster Hox en organismos modelo son muy similares. El esquema representa el cluster Hox de *Drosophila* y los 4 clusters (A, B, C y D) homólogos en el ratón, producto de dos duplicaciones en el ancestro de los Vertebrados. Nótese la correspondencia entre genes (código de colores) y su expresión similar a lo largo del eje AP en ambos organismos. Idénticas características mostraron tener los ‘clusters Hox’ en otros organismos. Ello torna al ‘cluster Hox’ en la primera prueba genético-molecular de la ‘unidad de tipo’ darwiniana (semejanza debido a un ancestro común).

genoma de la especie portadora del estado ancestral de un carácter y demostrar que dicho cambio genera el estado derivado del carácter. Para ello se precisan organismos transgénicos en especies que no son modelos habituales en Genética del Desarrollo y Evo-Devo. A pesar de su dificultad, se han iniciado ya experimentos de este tipo utilizando transgénicos de mariposas y de crustáceos anfípodos para estudiar los cambios de coloración en alas de mariposas (Keys *et al.* 1999) y las variaciones del patrón de segmentación (Pavlopoulos y Averoff 2005). Otro ejemplo interesante es el estudio reciente sobre las variaciones en el tamaño y estructura del pico de los pinzones de las Islas Galápagos, ya estudiados por Darwin, empleando transgénicos de pollo que presentan sobreexpresión o represión de genes importantes en la morfogénesis del pico como el *Bone Morphogenetic Protein-4* ó BMP-4 (Abzhanov *et al.* 2004).

Será posible en un futuro no muy lejano una Evo-Devo integral? Es decir, hay manera de unir globalmente y de manera realista al Desarrollo con todas las áreas de la Genética y de la Biología Evolutiva incluyendo la Ecología? Un marco prometedor podría ser el siguiente: identificado un gen responsable del estado derivado de un carácter entre especies o poblaciones próximas, podríamos analizar las regiones reguladoras de este gen, detectar

variantes polimórficas que generen variaciones a nivel del tiempo, intensidad, o localización de la expresión de este gen, y correlacionar la frecuencia en la población de cada variante con el valor adaptativo que presentan en un entorno ecológico definido. Bajo este prisma, aún en estado muy embrionario, la Evo-Devo se haría poblacional, se entroncaría con la Ecología (Eco-Devo; Gilbert 2003), y podría ser el germen de una ciencia integral.

3.8. A modo de resumen

La Fig 8 es una modificación del esquema representado en la Fig 1 sobre la posición central del Desarrollo en la Biología. En la Fig 8, sustituimos la variación existente entre fenotipos adultos de una misma especie resultante de modificaciones a lo largo del desarrollo de la Fig. 1 por la producida entre taxones ancestrales y derivados a lo largo de la evolución.

A tenor del argumento básico de la Evo-Devo, las variaciones producidas a lo largo del desarrollo en taxones ancestrales son las que a lo largo del tiempo geológico generaron variaciones morfológicas sujetas a selección que dieron lugar a la cladogénesis y radiación adaptativa de los taxones derivados.

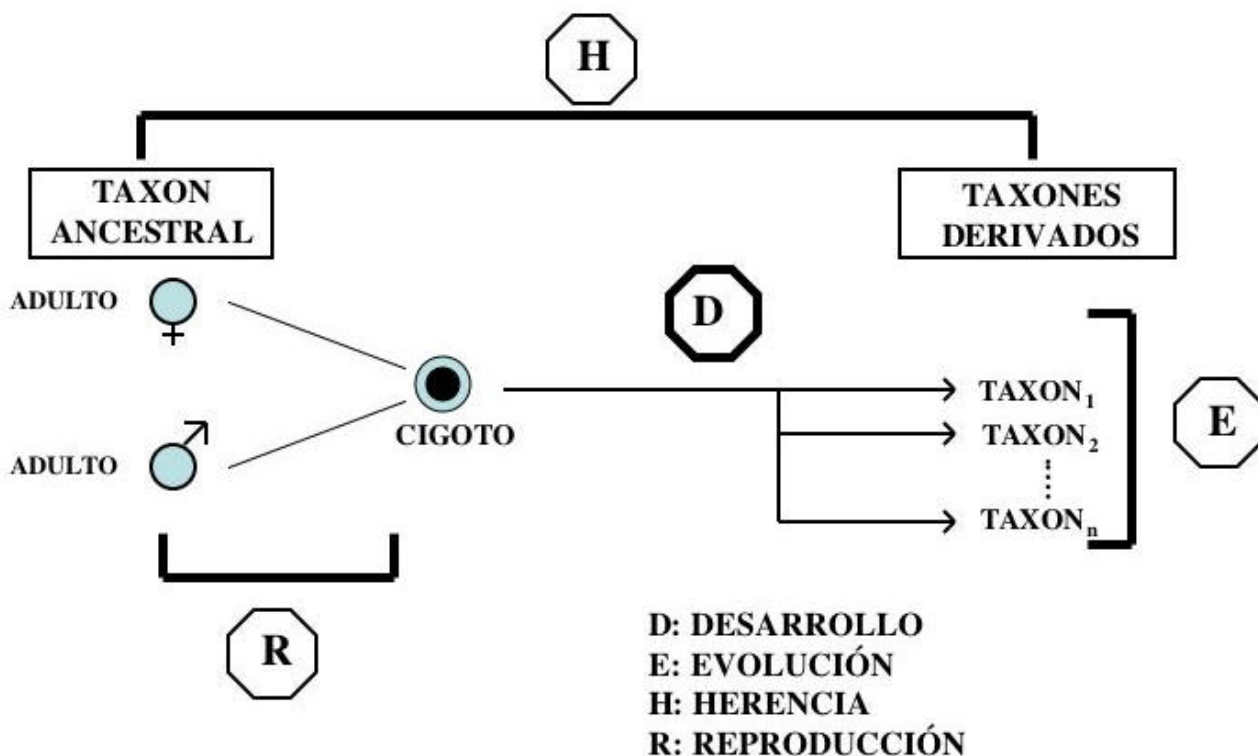


Fig. 8.- Representación de las relaciones entre Desarrollo (D), Evolución (E), Herencia (H) y Reproducción (R) entre un taxon ancestral y taxones derivados durante la evolución de un clado. El esquema pretende resaltar que las variaciones producidas a lo largo del desarrollo (D), debidas a variaciones genotípicas, son las que generan los cambios fenotípicos que conducirán, bajo selección, a la anagénesis y cladogénesis de los taxones derivados. El esquema es forzosamente simplificado al no recoger las relaciones filogenéticas ni la cladogénesis entre los taxones resultantes. Nótese la conservación del flujo direccional Gen (Herencia)-Desarrollo-Evolución. Para más detalles, ver texto.

Al igual que en la Fig 1, el flujo causal entre Desarrollo y Evolución en la Fig. 8 sigue la misma dirección: gen-desarrollo-evolución. Por consiguiente, del conocimiento de los procesos moleculares que generan variación genética y cambios en la expresión de genes que contribuyen al desarrollo de nuevos caracteres morfológicos, y del conocimiento de los patrones de transformación de caracteres, cabría esperar un mejor conocimiento de las transiciones evolutivas. Por contra, no es razonable esperar que del conocimiento profundo de los mecanismos de especiación y del ritmo y tempo de la variación anagenética puedan deducirse inferencias útiles para el estudio de los mecanismos del desarrollo.

De ahí la necesidad de potenciar la docencia y la investigación en Desarrollo, Genética del Desarrollo y Evo-Devo para alcanzar un mejor conocimiento de los procesos evolutivos.

4. Breve historia de la docencia e investigación en biología / genética del desarrollo y en evolución en España y breve análisis de la situación actual

Históricamente, los avances en el conocimiento del desarrollo han implicado un mejor entendimiento o la aparición de nuevos enfoques en el estudio de los mecanismos evolutivos. Bajo esta premisa, no ha de extrañar que, históricamente, el panorama español en Desarrollo y en Evolución fuera, y sea aun en determinados aspectos, muy precario. La Biología del Desarrollo no tuvo el más mínimo predicamento ni en docencia ni en investigación hasta bien entrado el siglo XX. El giro a la Embriología experimental a finales del siglo XIX, originado y cristalizado en las Estaciones o Laboratorios de Oceanografía y Biología Marina de Europa (algunas de ellas muy cercanas como Nápoles, Roscoff, Villefranche-sur-mer, y Banyuls), Estados Unidos y Japón, tampoco tuvo traducción alguna en España a pesar de sus miles de kilómetros de costas y algunos laboratorios oceanográficos. Sólo algunas Facultades de Medicina mantuvieron asignaturas residuales de Embriología Médica y actividades de investigación centradas en estudios marginales usando embriones de pollo como modelo (en Sevilla y Madrid principalmente). En un país como España con estructuras académicas tan rígidas, una consecuencia inevitable de esta miseria intelectual fue la ausencia absoluta de Departamentos y Cátedras de Embriología o Biología del Desarrollo, situación que aun persiste hoy en día.

Tal estado de cosas tuvo y tiene aun su traslación a nivel docente. En el Plan de Estudios 1957 de la nueva licenciatura de Biología y en el siguiente de 1973, la Embriología sólo aparece, si lo hace, como optativa en un puñado de Universidades españolas. No es hasta el Plan de Estudios de 1992, y pese a no ser propuesta como asignatura troncal por la Comisión Estatal, que el

número de Universidades que la imparten incrementa significativamente: de un total de 25 analizadas para el curso 2005-2006, 5 la ofertan como troncal (obligatoria) y 15 más como optativa (Ver Tabla 1). Es de lamentar que en el año 2005 el 80% de Facultades de Biología de España consideren innecesario, pese a su papel central en la Biología (Ver Figs. 1 y 8), que los futuros licenciados en Biología sepan obligatoriamente algo de Biología del Desarrollo.

La situación de la Evolución es paralela, aunque ligeramente mejor. Sin entrar en consideraciones sobre la recepción (en general, oposición) en España a la teoría darwiniana, la Evolución tuvo también un rol muy menor en investigación hasta la década de 1950. En este período surgen, tanto en Agrónomos como en Biología, tímidas investigaciones de corte evolutivo de la mano de genéticos de poblaciones. A partir de ellos se forman y expanden a lo largo y ancho de España, básicamente en Departamentos de Genética, los primeros grupos de investigación que tienen en el estudio de los mecanismos evolutivos su objetivo básico. La introducción de técnicas moleculares a finales de los 60s confiere un cierto relieve, incluso internacional, a algunos de ellos desde finales de los 70s y hasta la actualidad. Pese a ello, es pertinente destacar la total ausencia, aun hoy en día que sepamos, de Departamentos o Cátedras de Evolución en España.

Dado este estado de cosas, no extraña que la Evolución tuviera también un papel residual en la docencia de la Biología. En aquellas Universidades que la cursaban (que no eran todas) fué optativa en los planes de estudio de 1957 y 1973. Inexplicablemente, la Comisión Estatal que estableció la troncalidad en el Plan de Estudios de 1992 no propuso a la Evolución como tal. Pese a ello, de 25 Facultades de Biología analizadas para el curso 2005-2006, 10 la ofertan como obligatoria y 11 más como optativa en una u otra variante (Ver Tabla 1).

Sin embargo, sorprende y descorazona que hoy en día, año 2005, casi 150 años después de la publicación del Origen de las Especies, un 60% de Facultades de Biología de España consideren innecesario que un licenciado en Biología sepa obligatoriamente algo de Evolución. Lamentable.

Como no podía ser de otra forma, el número de Facultades que ofertan subdisciplinas de la Biología del Desarrollo es menor. La Genética del Desarrollo se imparte por vez primera en 1976 como optativa (Universidad de Barcelona) y no es hasta el Plan de Estudios de 1992 que se expande ligeramente a otras Facultades. Hoy en día es optativa en 5 Universidades (Ver Tabla 1). La Evolución y Desarrollo (o Evo-Devo), al ser mucho más reciente, se imparte hoy en día como optativa, y bajo la denominación más clásica de Embriología Comparada, en sólo dos Universidades (Barcelona y Málaga) de un total de 25.

TABLA 1. UNIVERSIDADES ESPAÑOLAS DONDE SE IMPARTEN COMO OBLIGATORIAS ASIGNATURAS DE EVOLUCIÓN, Y DE EMBRIOLOGIA/ BIOLOGIA DEL DESARROLLO, Y COMO OPTATIVAS ASIGNATURAS DE GENÉTICA DEL DESARROLLO, Y DE EVOLUCIÓN Y DESARROLLO (CURSO 2005-06) (N=25).

EVOLUCIÓN		
<i>Universidad</i>	<i>Asignatura</i>	<i>nº créditos</i>
Autónoma de Madrid	Modelos y Procesos Evolutivos	6
Barcelona	Origen de la Vida y Evolución	7,5
Girona	Evolución Biológica	10
Illes Balears	Evolución	6
Málaga	Taxonomía y Evolución Vegetal	4,5
	Teorías de la Evolución	4,5
Murcia	Evolución Animal	4,5
	Evolución Vegetal	4,5
Oviedo	Diversidad y Evolución Animal	7
	Genética de Poblaciones y Evolución	7
Pompeu Fabra	Evolución	4,5
Valencia	Introducción a la Teoría de la Evolución	4,5
Vigo	Genética de Poblaciones y Evolución	5,5
EMBRIOLOGIA		
Alicante	Biología del Desarrollo	4,5
Barcelona	Desarrollo Embrionario (Espec. BOS)	6
Murcia	Embriología	4,5
Oviedo	Embriología	7
Pompeu Fabra	Embriología y Anatomía Descriptiva	4,5
	Biología del Desarrollo	4,5
GENÉTICA DEL DESARROLLO		
Barcelona	Genética y Biol.Mol. del Desarrollo	9
Complutense de Madrid	Genética del Desarrollo	5,5
Illes Balears	Genética del Desarrollo	6
Oviedo	Genética del Desarrollo	5
Valencia	Genética del Desarrollo	4,5
EVOLUCIÓN Y DESARROLLO		
Barcelona	Embriología Comparada	6
Málaga	Embriología Animal Comparada	6

La investigación en Genética del Desarrollo en España fue prácticamente inexistente hasta 1960-70. El primer paso no lo da la Universidad sino el Centro de Biología Molecular del Consejo Superior de Investigaciones Científicas sito en la Universidad Autónoma de Madrid, y más en concreto el Laboratorio de Genética del Desarrollo fundado y dirigido por Antonio García-Bellido. Desde 1970 se convierte en uno de los centros de referencia internacionales de la genética del desarrollo de *Drosophila*. Fruto de esta explosión surgen, básicamente del CBM-UAM, numerosos grupos de biólogos y genéticos del desarrollo que pueblan no pocas Univer-

sidades y Centros de Investigación en España y el extranjero. Al calor de esta onda, se añaden más tarde nuevos grupos en universidades y centros de investigación que inician investigaciones paralelas con otros organismo modelo. Desde la década de los 90s y bajo el influjo de las nuevas ideas en Evolución y Desarrollo, un número aun pequeño pero significativo e internacionalmente reconocido de expertos en Evo-Devo se han formado y establecido en universidades y centros de investigación.

Lamentablemente, y pese a ser la Biología / Genética del Desarrollo la disciplina de la Biología española con más proyección internacional,

el hecho que su investigación se centrara inicialmente, y se centre aún, en centros no universitarios, no ha estimulado la creación de Departamentos, Cátedras, y ni tan solo áreas de conocimiento propias, con el consabido déficit docente en los Planes de Estudio de Biología. Es éste uno más de los aspectos que conviene mejorar en un futuro inmediato.

5. Sugerencias finales

Los últimos 10-20 años de los casi 200 años de historia entre Desarrollo y Evolución han generado una explosión de conocimientos que auguran un futuro muy prometedor para el área resultante de la fusión entre ambas: la Evolución y Desarrollo (Evo-Devo). Sin embargo, y como hemos reflejado abundantemente en este trabajo, la situación del Desarrollo y de la Evolución en España, tanto a nivel docente como investigador, es pese a su capital importancia en Biología (Ver Figs. 1 y 8), aun precaria y preocupante. Ambas han sido históricamente olvidadas, e incluso menospreciadas, hasta épocas recientes y, en algunos aspectos, lo siguen siendo aún. Con el propósito de enmienda, sugiero las actuaciones siguientes:

1) Nivel académico

- Implantar la Evolución y la Biología del Desarrollo como Áreas de Conocimiento.
- Estimular la creación de Departamentos en Evolución y en Biología del Desarrollo, así como la dotación de Cátedras específicas de estas áreas, extensivas a las subáreas de Genética del Desarrollo y de Evolución y Desarrollo.

2) Nivel docente

- Ejercer la máxima presión para introducir la Evolución y la Biología del Desarrollo como materias/ asignaturas troncales u obligatorias en los planes de estudio de Biología actualmente en elaboración.
- Estimular la implantación de la docencia en genética del Desarrollo y en Evolución y Desarrollo (Evo-Devo) en todos los planes de estudio de Biología y de otras licenciaturas afines en Biociencias, sea como optativas y, a ser posible, como troncales/obligatorias.
- Estimular la programación de cursos de postgrado y de doctorado sobre las materias antes mencionadas y/o estimular la introducción de estas materias en postgrados y doctorados afines.
- Introducir en la docencia de la asignatura troncal de Evolución ejemplos muy ilustrativos de Genética del Desarrollo como pruebas de la evolución, ejemplos que van más allá de los clásicos ejemplos de la Genética de poblaciones.

3) Nivel investigador

Subnivel organizativo

- Estimular la formación de grupos multidisciplinarios en Evo-Devo que reúnan a expertos en anatomía y embriología comparadas, genética molecular, genética del desarrollo, genómica, bioinformática, filogenia molecular y filogenómica, 'bioimaging', etc.
- Estimular la formación de grupos potentes en filogenia molecular y filogenómica que desarrollen las metodologías y los estándares necesarios para alcanzar niveles óptimos de verosimilitud y reproducibilidad al inferir las relaciones filogenéticas entre los grupos objeto de estudio.
- Desarrollar la tecnología necesaria para obtener organismos transgénicos en especies no-modelo clave en el análisis de transiciones evolutivas.

Subnivel conceptual

- A nivel conceptual tratar de conectar los conocimientos, hoy en día separados, sobre:
 - 1) patrones de transformación de caracteres;
 - 2) mecanismos de genética de poblaciones;
 - 3) procesos moleculares que generan variación genética; y
 - 4) cambios en la expresión de genes que contribuyen al desarrollo de nuevos caracteres morfológicos.

REFERENCIAS

- Abzhanov, A., Protas, M., Grant, B.R., Grant, P.R., y Tabin, C.J. 2004. *Bmp4* and morphological variation of beaks in Darwin's finches. *Science* 305: 1462-1465.
- Baguñá, J., García-Fernández, J (eds.). Evolution & Development. *Int. J. Dev. Biol (Special Issue)* 47: 465-713.
- Darwin, C. 1859. *The Origin of Species*. John Murray, London.
- Dobzhansky, T. 1937. *Genetics and the Origin of Species*. Columbia Univ. Press, New York.
- Ferguson, E.L., Sternberg, P.W. y Horvitz, H.R. 1987. A genetic pathway for the specification of the vulval cell lineages of *Caenorhabditis elegans*. *Nature* 326: 259-267.
- García-Bellido, A. 1975. Genetic control of wing disk development in *Drosophila*. *Ciba Found. Symp.* 29: 161-182.
- Gilbert, S.F. 2003. The morphogenesis of evolutionary developmental biology. *Int. J. Dev. Biol.* 47: 467-477.
- Jacob, F. y Monod, J. 1961. On the regulation of gene activity. *Cold Spring Harb. Symp. Quant. Biol.* 26: 193-211.
- Jürgens, G., Mayer, U., Torres Ruiz, R.A., Berleth, T. y Miséra, S. 1991. Genetic analysis of pattern formation in the *Arabidopsis* embryo. *Development (suppl 1)*; 27-38.

- Keys, D.N., Lewis, D.L. y Selegue, J.E. 1999. Recruitment of a *Hedgehog* regulatory circuit in butterfly eyespot evolution. *Science* 283: 532-534.
- Morgan, T.H. 1934. *Embryology and Genetics*. Columbia Univ. Press, New York.
- Nüsslein-Volhard, C. y Wieschaus, E. 1980. Mutations affecting segment number and polarity in *Drosophila*. *Nature* 287: 795-801.
- Pavlopoulos, A. y Averof, M. 2005. Establishing genetic transformation for comparative developmental studies in the crustacean *Parhyale hawaiensis*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 102: 7888-7893.
- Raff, R.A. 1996. *The Shape of Life. Genes, Development, and the Evolution of Animal Form*. Univ. Chicago Press.

Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language. 1996. Gramercy Books, New York.

Información del Autor

Jaume Baguñá (Barcelona, 1944) es Catedrático de Genética en la Facultad de Biología de la Universidad de Barcelona. Autor de 100 trabajos de investigación y capítulos de libros sobre regeneración en planarias y en discos imaginales de *Drosophila*, filogenia y filogeografía de planarias de aguas dulces (Platelmintos), y filogenia y Evo-Devo del origen de los Metazoos bilaterales. Introduce por primera vez en España la Genética del Desarrollo (1976) y la Evo-Devo (1994) en la docencia de la Licenciatura de Biología.

La biología evolutiva en la medicina española actual

Juan Brines y Francisco Núñez

Departamento de Pediatría. Universitat de Valencia. 46022 Valencia. E-mail: Juan.Brines@uv.es.

RESUMEN

Con la finalidad de valorar el impacto de la teoría de la evolución biológica en la doctrina y práctica médica general y pediátrica en particular, se ha analizado el número y distribución de artículos y libros publicados en los últimos años en nuestro país. Se ha llevado a cabo una revisión bibliográfica de todas las publicaciones aparecidas en revistas médicas españolas y de los libros editados en España que tratasen sobre la evolución biológica. Se han incluido todo tipo de artículos, libros y monografías en los que el tema de la evolución fuera relevante, tanto desde la perspectiva doctrinal como en sus aplicaciones a la práctica médica. La revisión bibliográfica de artículos se ha efectuado tomando como referencia los números del repertorio bibliográfico Índice Médico Español (IME) desde su fundación en 1970 hasta 2004. La revisión de libros y monografías se ha complementado con la indagación efectuada en la base de datos PubMed. Los resultados muestran que el número de artículos sobre evolución publicados en revistas médicas o paramédicas y de libros de autores españoles sobre medicina evolucionista ha sido muy bajo (14 artículos, uno de cada 17.907, y 13 libros de un total de 1049 libros sobre evolución). Además, para la valoración de los contenidos evolucionistas en la formación de especialistas médicos hemos revisado todos los programas de las especialidades especificadas en la Guía de Formación de Especialistas del Ministerio de Sanidad y Consumo. *eVOLUCION 1(1): 19-24 (2006)*.

Palabras Clave: Medicina; Pediatría; Evolución.

INTRODUCCIÓN

Para facilitar la comprensión de lo que sumariamente se va a relatar parece oportuno efectuar una breve introducción que sirva de marco de referencia a la situación actual de la biología evolutiva en la medicina española. Para ello abordaremos en primer lugar las características más relevantes de la medicina al respecto para seguir con los datos que permitan fundamentar nuestras conclusiones.

La medicina supone una respuesta del principio de división del trabajo a un problema humano, la enfermedad. Los médicos aparecen como el sector social encargado de mantener el estado de salud de la comunidad y de combatir las afecciones de sus miembros. La medicina tiene como misión fundamental, la curación y prevención de la enfermedad y la promoción de la salud de los humanos.

El aspecto asistencial tiene como destinatario al enfermo, al que habrá que curar o al menos aliviar: Es la medicina en sentido estricto o medicina asistencial dirigida a la curación de las enfermedades. El aspecto preventivo tiene como objetivos evitar la enfermedad y promover la salud, entendida ésta, como ya es tópico, como el bienestar físico, psíquico y social del individuo, aspecto que, en muchas de sus facetas, adopta la configuración de medicina social.

Las actividades curativas, las preventivas y las de promoción de la salud pueden analizarse desde la realidad de la práctica médica (el denominado quehacer médico, el arte médico) o desde el contenido doctrinal que anima esta

práctica (el denominado saber médico, la ciencia médica). La medicina se contempla pues, como un arte, esto es como un conjunto de habilidades y actitudes frente al ser humano, enfermo o potencialmente enfermo, y como una ciencia, es decir, como una actividad intelectual de marcado carácter inductivo por la que se elaboran modelos conceptuales sobre el estado de salud de los individuos (hipótesis, leyes y teorías), modelos que adquieren creciente objetividad.

Asumiendo el riesgo de parecer demasiado esquemáticos, podemos afirmar que la doctrina y práctica médicas actuales oscilan entre dos polos, el osleriano (William Osler, 1849-1919) centrado en la práctica médica (técnica) y el garrodiano (Archibald Garrod, 1857-1936) que enfatiza los aspectos científicos del enfermar. El primero acentuaría el “qué” y el “como” de los procesos morbosos, el segundo el “porqué” de los mismos. Pero para no sembrar inquietudes infundadas conviene adelantar que no existe por el momento una concepción unitaria de la enfermedad, dato curioso, pues sobre la misma se asientan la doctrina y práctica médicas. De hecho, los médicos pueden ordenar sus actuaciones basándose en realidades tan dispares como la alteración de la materia (se extirpa un apéndice inflamado), en el trastorno funcional (se administran vasodilatadores coronarios para tratar una angina de pecho), en la causa de la dolencia (se dan antibióticos en infecciones bacterianas), etc. Y aunque se acepta a priori el carácter único de la Medicina, resultan patentes las profundas discrepancias en la interpretación

de esta unicidad cuando un enfermo concreto se estudia desde el ángulo de diversas disciplinas. Baste para confirmarlo las eternas discusiones entre clínicos y básicos, entre preventivistas y asistenciales, entre internistas y quirúrgicos, por no presentar más que unos pocos ejemplos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Con estos, y otros antecedentes menos relevantes, hemos efectuado la pesquisa sobre la importancia de la teoría evolucionista y sus derivaciones en la medicina española del presente tomando tres referencias:

1. La valoración de los contenidos evolucionistas en la licenciatura de medicina, esto es, el peso que se le concede en la formación del médico general.

2. La valoración de los contenidos evolucionistas en los programas de formación de especialistas médicos, es decir, su importancia en la formación especializada.

3. La valoración de las publicaciones médicas sobre el tema en nuestro país efectuadas por autores nacionales. De ese modo, y partiendo de los libros y artículos publicados, hemos tratado de percibir el impacto del evolucionismo sobre la producción científica médica.

1) El análisis de los contenidos evolucionistas en la licenciatura de medicina ha incluido los aspectos biológicos, psicológicos y sociológicos de la doctrina y práctica médica. Nos hemos limitado al plan de la licenciatura de la Facultad de Medicina de Valencia por su mayor accesibilidad dado que los principios legales en los que se basa son los mismos que para el resto de las facultades públicas y porque además, ofrece gran similitud en sus contenidos con los de otras universidades.

Hemos diferenciado los dos ciclos académicos de la medicina, el básico y el clínico. Hemos diferenciado también las asignaturas troncales, u obligatorias, y las optativas, o de libre elección por el estudiante.

- 2) Para la valoración de los contenidos evolucionistas en la formación de especialistas médicos hemos revisado todos los programas de las especialidades especificadas en la Guía de Formación de Especialistas del Ministerio de Sanidad y Consumo (1996).

- 3) Con el propósito de evaluar la importancia del evolucionismo en la producción científico-médica se ha efectuado una revisión bibliográfica de los artículos publicados en revistas médicas españolas y de los libros de autores españoles editados en el país cuyo tema principal fuera la evolución.

La revisión de artículos médicos se ha efectuado tomando como referencia los números del repertorio bibliográfico Índice Médico Español (IME) desde su fundación en 1970

hasta el 2004 inclusive, lo que ha cubierto toda la información de los últimos 34 años. No se han incluido artículos evolucionistas de autores españoles publicados fuera del país. Para la valoración de los libros se ha recurrido a los repertorios bibliográficos del Centro de Documentación e Informática Biomédica “López Piñero” del CSIC de Valencia, al fondo bibliográfico de Historia de la Ciencia y de la Técnica de la Universitat de Valencia y a los fondos bibliográficos de la Biblioteca Nacional desde 1831 a 2004. Los detalles de esta revisión se incluyen en un trabajo aparte presentado en este congreso (Núñez y Brines 2005). Se han excluido de la revisión las revistas de antropología, arqueología, biología, filosofía, genética, historia, historia natural, paleontología, pedagogía, psicología y sociología. Igualmente se han omitido toda referencia a los artículos recogidos en las actas y publicaciones de congresos médicos. La revisión de libros y monografías se ha complementado con el análisis de la base de datos PubMed que recoge la mayoría de publicaciones médicas mundiales.

RESULTADOS

1. Respecto a los contenidos evolucionistas del plan de estudios de la licenciatura médica y tras el análisis de los contenidos de cada una de las asignaturas troncales de la Facultad de Medicina de Valencia (Tabla 1) sólo se ha podido identificar un capítulo con este carácter titulado “Aspectos evolucionistas de la conducta humana” perteneciente al apartado 3 de la asignatura “Bases Psicológicas de los Estados de Salud y Medicina”. Ninguna asignatura optativa trataba directa o indirectamente de problemas evolucionistas.

2. Existen 56 especialidades médicas reconocidas en la Guía de Formación de Especialistas (Tabla 2). Sólo se ha podido encontrar un tema de contenido evolucionista correspondiente al capítulo primero de la especialidad de Otorrinolaringología, titulado “*Bases filogenéticas y ontogénicas de la Otorrinolaringología (ORL)*”.

3. El análisis bibliográfico de revistas nos indica que de un total de 250.735 artículos recogidos en el IME sólo 14 trataban de evolución, todos ellos de carácter teórico, 8 en disciplinas básicas y 6 en disciplinas clínicas. No se ha detectado ningún trabajo experimental o de aplicación clínica.

Los resultados de la revisión bibliográfica de los fondos de la Biblioteca Nacional ofrecen, de un total de 1.049 libros contabilizados sobre evolución, sólo 13 que hagan referencia explícita al saber o quehacer médico, 6 en disciplinas básicas y 7 en disciplinas clínicas.

-

TABLA 1. ASIGNATURAS DEL PLAN VIGENTE DE LA LICENCIATURA DE MEDICINA. FACULTAD DE MEDICINA DE LA UNIVERSIDAD DE VALENCIA

Troncales	Créditos	Optativas	Créditos
1º CURSO			
Anatomía del Aparato Locomotor y Esplacnología	16		
Introducción a la Medicina	6		
Biofísica Médica	6		
Bioestadística	4,5		
Anatomía General y Desarrollo	6		
Biología Humana General	10		
Bioquímica y Biología Molecular	20		
Fisiología General y Celular	12		
2º CURSO			
Neuroanatomía y Extremidad Cefálica	13	Biomecánica del Sistema Musculoesquelético	4,5
Histología Humana	15	Anatomía Clínica	4,5
Fisiología Humana de Aparatos y Sistemas	16	Física Médica Radiológica	4,5
Integración de las Funciones Fisiológicas	10	Fisiología del Ejercicio Físico y Deporte	4,5
Epidemiología General y Demografía Sanitaria	4,5	Genética Médica	4,5
		Fundamentos Bioquímicos y Moleculares del Diagnóstico Clínico	6
		Salud, Enfermedad y Cultura	4,5
		Fundamentos Históricos de la Medicina. Historia de la Medicina	4,5
		Métodos y Técnicas Documentales de la Actividad Medicocientífica	4,5
3º CURSO			
Bases Psicológicas de los Estados de Salud	8	Id. Id. 2º Curso	
Patología General	19		
Anatomía Patológica General	12		
Microbiología y Parasitología Médicas	10		
Farmacología General y Especial	11		
Radiología General y Medicina Física	8		
4º CURSO			
Medicina y Cirugía del Aparato Digestivo	7,5	Id. Id. 2º Curso +	
Medicina y Cirugía del Aparato Circulatorio	6,5	Farmacoepidemiología	4,5
Medicina y Cirugía del Aparato Respiratorio	6	Urgencias Pediátricas	4,5
Medicina y Cirugía del Sistema Excretor y Aparato Genital Masculino	5	Medicina Psicológica: Patología Psicosomática y Psicología de Enlace	4,5
Medicina y Cirugía del Aparato Locomotor	7,5	Dietoterapia	6
Oftalmología	4,5	Urgencias Médicas	6
Anatomía Patológica Especial	5	Atención Primaria	6
Obstetricia y Ginecología	18	Anestesiología, Reanimación y Medicina de Catástrofes	6
Psiquiatría	5,5	Tratamiento de Soporte y Paliativo	4,5
		Dolor: Fisiopatología Clínica y Tratamiento	4,5
		Salud Mental Pública: Psiquiatría Social y Epidemiología	6
		Bioética Médica	4,5
		Drogodependencias	4,5
		Reproducción Humana	4,5
		Psiquiatría Infantil y Juvenil	4,5
5º CURSO			
Medicina Legal y Toxicología. Deontología y Legislación Médica	9	Id. Id. 4º Curso	
Medicina y Cirugía del Sistema Hematopoyético, Oncología Médica y Radioterapia	7		
Medicina y Cirugía del Sistema Nervioso	5,5		
Medicina y Cirugía del Sistema Endocrino	5		
Enfermedades Infecciosas	7,5		
Dermatología	6		
Farmacología Clínica	5		
Otorrinolaringología	6		
Pediatría General	10		
6º CURSO			
Medicina Preventiva y Salud Pública y Comunitaria	11	Id. Id. 4º Curso	
Curso Clínicopráctico de Medicina y Cirugía	44		
Curso Clínicopráctico de Pediatría	12		
Curso Clínicopráctico de Psiquiatría	4,5		

TABLA 2. ESPECIALIDADES MÉDICAS OFICIALES EN ESPAÑA

<p>Alergología Análisis Clínicos Anatomía Patológica Anestesiología y Reanimación Angiología y Cirugía vascular Aparato Digestivo Bioquímica Clínica Cardiología Cirugía Cardiovascular Cirugía General y del Aparato Digestivo Cirugía Máxilo-Facial Cirugía Pediátrica Cirugía Plástica y Reparadora Cirugía Torácica Dermatología Médico-Quirúrgica y Venereología Endocrinología y Nutrición Estomatología Farmacia Hospitalaria Farmacología Clínica Genética Geriatría Hematología y Hemoterapia Hidrología Inmunología Medicina Aeroespacial Medicina de Educación Física y Deporte Medicina Familiar y Comunitaria Medicina Intensiva</p>	<p>Medicina Interna Medicina Legal y Forense Medicina Marítima Medicina Nuclear Medicina Preventiva. Salud Pública Medicina del Trabajo Microbiología y Parasitología Nefrología Neumología Neurocirugía Neurofisiología Clínica Neurología Obstetricia y Ginecología Oftalmología Oncología Médica Oncología Radioterápica Otorrinolaringología Pediatría y sus áreas específicas Psiquiatría Psicología Clínica Radiodiagnóstico Radiofarmacia Radiofísica Hospitalaria Rehabilitación Reproducción Humana Reumatología Traumatología y Cirugía Ortopédica Urología</p>
---	---

COMENTARIOS

Con respecto al primer punto analizado parece pertinente ofrecer algunas consideraciones que permitirán valorar con mayor precisión los datos obtenidos. El ciclo básico de los estudios médicos, abarca los tres primeros cursos y tiene como objetivo que los estudiantes aprendan los fundamentos científicos que sirven para entender y combatir la enfermedad así como para preservar el estado de salud, en su triple vertiente biológica (materia, forma y función), psicológica (estructura y funcionamiento psíquicos) y social (demografía sanitaria, etc.). Aquí se incluyen las clásicas asignaturas de biología general, anatomía, citología e histología, bioquímica, biofísica, fisiología, genética, psicología, anatomía patológica, farmacología, radiología y terapéutica física. Por extraño que pueda parecer no aparece

en el plan analizado la genética como asignatura troncal quedando relegada a la categoría de optativa con sólo 4,5 créditos. Este desinterés por la genética resulta aún más llamativo cuando se compara con dos materias clásicas como la anatomía y la fisiología que disponen, sólo en troncales, 35 y 38 créditos respectivamente. La fragmentación de algunas de las materias del ciclo básico y la indefinición de algunos contornos pueden explicarse por los inevitables condicionantes locales.

El ciclo clínico comprende los cursos 4º, 5º y 6º y es donde tiene lugar la enseñanza de la doctrina y práctica clínicas. Este ciclo se centra, en sus aspectos teóricos, en la enfermedad y en sus aspectos prácticos, en el enfermo; en su conjunto conlleva, obviamente, una gran carga asistencial. Es posible que la ausencia de pers-

pectiva evolucionista se deba a la absorbente atención que requiere la práctica clínica dada la complejidad del organismo humano, complejidad manifiesta tanto en su composición química como en la organización, función y comunicación celulares y en las interrelaciones entre órganos, aparatos y sistemas. Por otro lado, la exigencia de resultados rápidos en la mayoría de circunstancias clínicas determina un “presentismo” que no propicia la reflexión sobre el acto médico. Además, la necesidad de memorizar gran cantidad de datos promueve la repetición mental de refuerzo antes que la reflexión indagatoria. En este sentido apunta también el profundo respeto que por lo común se siente y se manifiesta por el maestro, actitud menos usual, en otras ramas científicas.

Esta indiferencia ante los indudables aspectos evolucionistas de la práctica médica (el médico es el agente principal en la lucha contra la selección natural en la especie humana) puede explicarse en parte por la falta de información sobre el tema y también por el hecho de que la medicina proporciona grandes satisfacciones a quienes actúan convencionalmente premiando la habilidad y la constancia más que la originalidad: El médico, por lo común se complace más de la gratitud del paciente que de su contribución a la ciencia.

Los comentarios que acabamos de efectuar sobre las asignaturas clínicas son aplicables, con mayor razón si cabe, a la formación de especialistas médicos (M^o. de Sanidad y Consumo 1996). Efectivamente entre los factores condicionantes de la configuración de una especialidad destacan los de carácter científico y técnico, consistentes fundamentalmente en el crecimiento, tanto de los saberes científicos, como de las técnicas diagnósticas y terapéuticas, de una zona concreta de la medicina (Brines 2002). La complejidad resultante del crecimiento demanda que en el propio seno de la profesión actúe el proceso de división del trabajo y en este proceso, las concepciones holísticas e integradoras tienen poca viabilidad.

Finalmente parece oportuno resaltar la exigua presencia de artículos sobre el tema publicados en revistas médicas o paramédicas: un artículo evolucionista por cada 17.909 del total. Pero además, todos estos artículos han sido teóricos sin que hayamos podido encontrado uno sólo de carácter experimental, publicándose la mayoría de ellos en revistas de historia de la medicina.

No hemos podido identificar más que 13 libros de autores españoles sobre la evolución biológica de un total de 1.049. Aunque débil en su intensidad, se observa en los últimos años un esfuerzo en la publicación de alguna monografía desde una perspectiva evolucionista, especialmente desde el área de la pediatría (Brines 2002) y psiquiatría (Sanjuan 2000; Sanjuan y Cela-Conde 2005).

CONCLUSIONES

El análisis bibliográfico efectuado ofrece un panorama desolador sobre el evolucionismo en la medicina española actual.

A pesar de que la mayoría de tratados científicos aconsejados a los estudiantes durante el ciclo básico se estructuran según los postulados de la biología evolucionista ésta no trasciende a la enseñanza de la medicina en el periodo preclínico como tampoco en el clínico.

Los datos aportados reflejan que la biología evolucionista no existe como elemento individualizado y habitual en la doctrina y práctica médicas de nuestro país. Tampoco se ha podido identificar ningún programa de investigación médica inspirado por esta perspectiva científica.

Al margen de este estudio, hemos podido observar, con cierta asiduidad, el recurso a la evolución en acontecimientos considerados memorables tales como las aperturas de cursos académicos, los discursos en las Reales Academias de Medicina, las conferencias magistrales de apertura o clausura de congresos, etc. Dada la proclividad de estos actos al diletantismo, podríamos concluir concediendo a la evolución, al menos, un papel ornamental en la medicina de nuestro país.

REFERENCIAS

- Brines J. 2002. *An Essay on the Birth and Development of Paediatrics*. Association for Paediatric Education in Europe-Conselleria de Sanitat, Valencia.
- Brines J. 2002. *Lactancia Materna desde una Perspectiva Evolucionista*. Real Academia de Medicina de la Comunidad Valenciana, Valencia.
- Ministerio de Sanidad y Consumo. 1996. *Guía de la Formación de Especialistas*. Madrid.
- Núñez, F, y Brines, J. 2005. Análisis bibliográfico de las publicaciones españolas sobre la evolución darwiniana en Medicina y Pediatría. Pp. 23 *En: Libro de Resúmenes del Congreso Fundacional de la Sociedad Española de Biología Evolutiva*. Granada.
- Sanjuan, J. 2000. *Evolución Cerebral y Psicopatología*. Triacastela. Madrid.
- Sanjuan J, y Cela-Conde C.J. 2005. *La Profecía de Darwin. Del Origen de la Mente a la Psicopatología*. Ars Medica. Barcelona.

Información de los Autores

Juan Brines Solanes es Catedrático de Pediatría de la Universitat de Valencia y jefe del Servicio de Pediatría del Hospital Clínico de Valencia. Autor, coautor o editor de 20 libros o monografías, de 22 tesis doctorales sobre la

especialidad y de unos 150 trabajos de investigación nacionales o internacionales, algunos de ellos sobre Pediatría Evolucionista. Presidente de la European Association for Paediatric Education durante cinco años.

Francisco Núñez es doctor y profesor asociado de Pediatría de la Universitat de

Valencia y pediatra del Servicio de Pediatría del Hospital Clínico de Valencia. Autor de 30 trabajos de investigación sobre Nefrología, Infectología y Cardiología pediátricas orientados algunos de ellos desde la perspectiva evolucionista.

Ecología: su importancia para el estudio de la evolución

Juan Moreno Klemming

Departamento de Ecología Evolutiva, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. E-mail: jmoreno@mncn.csic.es.

RESUMEN

La ecología está en la base misma de la teoría de Darwin al ser la heredera de una buena parte de la historia natural que originó las teorías evolutivas y al tratar las interacciones entre los organismos y su ambiente que determinan procesos de selección natural. Es imposible revisar o rechazar cualquier teoría evolutiva sin tener en cuenta los resultados de la ecología. Aunque el término ecología está actualmente adulterado por un uso popular que se refiere a los efectos humanos sobre el medio ambiente, en términos académicos la ecología cubre una buena parte de la biología de los organismos y sistemas de nivel superior y ha hibridado con la fisiología, la morfología o la inmunología para crear un vasto complejo de teorías y enfoques. Simplificando mucho, podríamos decir que puede dividirse en la ecología que describe interacciones y procesos en los ecosistemas aplicando ideas físicas o de teoría de la información (ecología de sistemas) y aquella que explica el funcionamiento de los organismos en su medio como producto de su historia evolutiva (la ecología evolutiva). La segunda utiliza la única teoría ampliamente contrastada para entender la diversidad de procesos y formas de vida existentes, la teoría de Darwin sobre selección natural. Para ello utiliza una herramienta de gran valor, el adaptacionismo, que consiste en suponer que los procesos y estructuras observadas son adaptaciones a factores ambientales. El adaptacionismo, que ha sido criticado en varias ocasiones, es amplia y crecientemente utilizado por los ecólogos evolutivos. Incluso los críticos se ven obligados a utilizar hipótesis adaptacionistas ante la falta de teorías alternativas en que basarlas. Las restricciones filogenéticas propuestas en ocasiones no son una alternativa real, pues las bases mecanísticas de esas restricciones se suelen ignorar y su posible función adaptativa no es explorada. La idea de que el adaptacionismo y el darwinismo han muerto y han sido enterrados por diversas heterodoxias ha cuajado en amplios círculos científicos, pero sobre todo en profesionales de las humanidades y del mundo editorial, como se puede deducir de sesgos en publicación de obras extranjeras sobre evolución. Estas preferencias están muchas veces basadas en el supuesto peligro para las reformas sociales de cualquier teoría biológica sobre el ser humano. Una visión ecológica de la vida está reñida con el supuesto carácter revolucionario y antidarwinista de la mayoría de los resultados científicos en que se basan las revisiones. La mayoría de dichos resultados son perfectamente compatibles con la teoría de Darwin sobre selección natural. En España, el olvido tradicional de la evolución, excepto de su faceta antireligiosa en el siglo XIX, se ha perpetuado en las facultades de biología a lo largo de una buena parte del siglo pasado. Apenas existen departamentos que unan las palabras “ecología” y “evolución”, y la mayor parte de los ecólogos se identifican con tradiciones históricas limnológicas o de estudio de la vegetación. La ecología animal se suele encasillar en departamentos o asignaturas de zoología. Existen escuelas con un enfoque evolutivo de la ecología, pero algunas basadas en un escepticismo general sobre la validez del adaptacionismo y de la selección natural. El principal campo de acción de la ecología evolutiva en nuestro país se encuentra actualmente en la ecología animal, y especialmente en la ecología del comportamiento, disciplina enormemente pujante a nivel internacional desde los años 60 del pasado siglo. La SESBE puede desempeñar un importante papel en acercar el estudio de la ecología en nuestro país a los enfoques predominantes en los países de nuestro entorno. *eVOLUCION 1(1): 25-42 (2006)*.

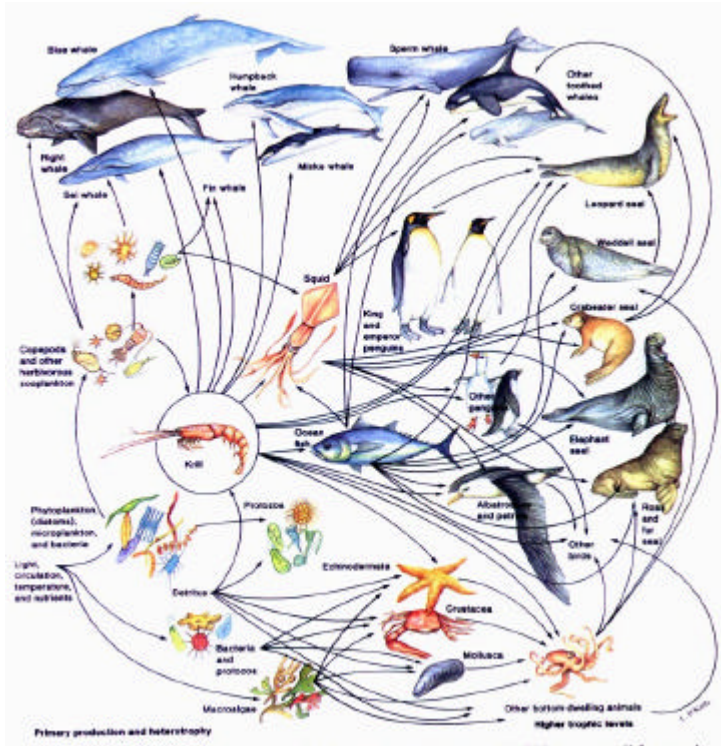
Palabras Clave: Ecología; Adaptacionismo; “Antidarwinismo”; Evolución.

A la memoria de William D. Hamilton (1936-2000), John Maynard Smith (1920-2004) y Ernst Mayr (1905-2005).

INTRODUCCIÓN

La ecología como ciencia está en la base misma de la teoría evolutiva al ser la heredera de una buena parte de la historia natural que dio lugar a las principales teorías evolutivas y al tratar las interacciones entre organismos y su medio que son las que producen la selección natural. El término fue introducido por Haeckel en 1866 para designar

“la economía doméstica de la naturaleza”. Mayr (1998) ha expresado el carácter de la ecología acertadamente como “la historia natural consciente de sí misma”. No es cierto por tanto que el objetivo fundamental de la historia natural fuera la catalogación de los seres vivos como a veces se afirma (Fraga 2002), ya que desde Aristóteles, la



historia natural contemplaba como desarrollaban su vida los organismos en asociación con su medio. Si el estudio de la variación genética es necesario para entender la importancia de la transmisión de caracteres heredables entre generaciones y los estudios del desarrollo son necesarios para comprender la producción de la variación fenotípica sobre la que trabaja la selección, la ecología nos describe la operación misma de la selección sobre los fenotipos en su medio ambiente físico, biológico y social. Es imposible revisar o deconstruir la teoría darwinista como se pretende a veces (Sampedro 2002), sin tener en cuenta los resultados de la ecología.

La principal lección que nos ofrecen los estudios ecológicos es que todos los organismos están implicados en una complejísima maraña de interacciones con otros organismos y con su medio, lo que determina una actuación continua, aunque con intensidad variable, de la selección natural. Como lo expresó Haeckel en 1869 “la ecología es el estudio de todas las complejas interrelaciones que Darwin consideraba como condiciones de la lucha por la existencia”. Según esta información, la estabilidad o estasis que observamos en los fenotipos en tiempo real es la consecuencia de procesos de selección que operan sobre todos los aspectos de su funcionamiento y no la dejación de la selección como algunos paleontólogos interpretan (Eldredge 1995). Por otro lado, los organismos cultivados en laboratorio, base de muchas revisiones del darwinismo (Sampedro 2002), nunca nos ofrecerán una imagen completa de los procesos evolutivos al prescindir de la complejidad de esas interacciones.

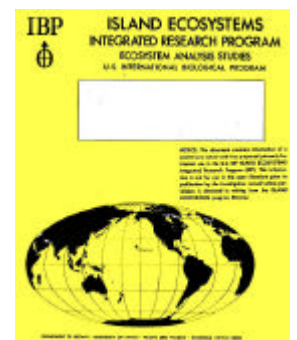
Si la ecología es la heredera de la historia natural practicada durante siglos e incluso posiblemente de la forma de estudiar la naturaleza de

nuestros antepasados y contemporáneos cazadores-recolectores (Mayr 1998), las tendencias recientes en un mundo sobre-explotado por la humanidad han conducido al término ecología a una popularidad peligrosa, al haberse convertido para muchas personas en una actitud política o en la bandera de un movimiento social que sólo en ocasiones se basa en los conocimientos aportados por los ecólogos. La ecología vale actualmente para vender detergentes o para representar utopías políticas sobre benignos equilibrios entre la humanidad y el planeta (la existencia de equilibrios no es precisamente una lección a extraer de la ecología). De hecho, a nivel popular el nombre está tan ampliamente mal utilizado que se puede dar la batalla semántica por perdida. Pero incluso dentro de la ecología científico-académica caben muchos matices, y la amplitud de su campo de estudio la hace propensa a una expansión desbordada (Mayr 1998). Ecología es prácticamente toda la biología de los organismos actuales por encima del nivel molecular, celular o de tejidos, que no es sistemática o taxonomía. Incluso la imbricación de la morfología, la fisiología y la inmunología con la ecología han conducido a subdisciplinas híbridas. La genética de poblaciones y la genética cuantitativa tienen fuertes vínculos con la ecología evolutiva pero mantienen su autonomía conceptual, teórica y metodológica.

La Ecología Evolutiva y el Adaptacionismo

La ecología en cuanto a su marco conceptual puede dividirse en la ecología que intenta describir procesos y funciones de todos los componentes de los ecosistemas y aquella que intenta explicar el funcionamiento de los organismos en su medio como producto de su historia evolutiva. La primera aplica ideas derivadas de la física, de la teoría de la información o de otras disciplinas ajenas a la biología a su intento por sintetizar y describir la enorme complejidad de las interacciones ecológicas e incluye a los componentes abióticos con los que interactúan los organismos. Padece un síndrome que el difunto Mayr (1982) calificó de “envidia de la física”. La aplicación de las teorías de flujos de información (Margalef 1977, 1978) es un ejemplo de esta ecología.

El intento de describir los principales ecosistemas del mundo mediante modelos de flujo de materia y energía en la década de los 60 (el famoso IBP) fue quizás el mayor esfuerzo de la ecología de ecosistemas (1972), que actualmente domina el estudio de la vegetación, la limnología y la oceanografía. En nuestro país esta ecología, bajo la influencia de importantes investigadores como Margalef o González Bernaldez, ha sido la dominante.



El problema conceptual de esta ecología es que como acertadamente ha escrito Mayr (1998):

“un ecosistema no posee el carácter unitario e integrado que cabría esperar de un auténtico sistema”.

Es muy difícil delimitar un ecosistema y cuantificar en él todas las interacciones evolutivas que se están produciendo. Los modelos sobre construcción de nichos e ingeniería de ecosistemas (Odling-Smee *et al.* 2003) ofrecen la mejor oportunidad para brindar un marco teórico evolutivo a la ecología de ecosistemas.



La segunda ecología es la que se define a sí misma como evolutiva y utiliza la única teoría válida en la actualidad para entender la diversidad de procesos y formas de vida existentes, la teoría de la selección natural. Para ello utiliza una herramienta heurística de gran valor, empleada desde Aristóteles y probablemente ya antes por los pueblos que dependían de un conocimiento detallado de su medio para sobrevivir.

Esta herramienta es el adaptacionismo y consiste en suponer que los procesos observados están destinados a cumplir un fin beneficioso para los organismos involucrados, supuesto que Darwin (1859) explicó científicamente muchos siglos después de que influyera sobre la forma de entender la naturaleza de nuestros antepasados.

Las críticas al adaptacionismo no han hecho mella en los que lo practican (Alcock 2001), y de hecho incluso los antiadaptacionistas más acérrimos utilizan continuamente hipótesis adaptacionistas para descartarlas o las emplean por la puerta trasera y sin reconocerlo. Como escribió Richard Lewontin (1978):

“los biólogos están obligados a cumplir el programa adaptacionista extremo por que las alternativas, aunque indudablemente operativas en muchos casos, no son comprobables en casos concretos”.

Existen definiciones operativas y no históricas de adaptación que permiten circunscribir los problemas derivados de la historia evolutiva concreta de cada estructura o proceso. Una es que una adaptación es una variante fenotípica que resulta en la mayor eficacia biológica de entre un conjunto específico de variantes en un determinado ambiente (Reeve y Sherman 1993). Gould y Vrba (1982) han propuesto que muchos rasgos que hoy son estudiados como adaptaciones surgieron en la evolución para cumplir otras funciones que las actuales y han propuesto el término exaptación para dichos rasgos. Sólo rasgos que fueron seleccionados para cumplir sus actuales cometidos serían adaptaciones para ellos. Hochachka y Somero (2002) han argumentado convincentemente que esta distinción depende de cómo se

defina el rasgo. El glicerol probablemente surgió en un contexto de metabolismo energético pero no para permitir tolerancias al frío o desecación como hace actualmente. Pero existe toda una maquinaria celular para controlar la concentración de glicerol en contextos de estrés térmico o hídrico que sólo ha podido ser seleccionada para cumplir cometidos de tolerancia a estrés ambiental. Si definimos el rasgo glicerol como los mecanismos responsables de controlar su concentración y no sólo como la existencia de la molécula en las células, entonces los beneficios del glicerol en resistencia y tolerancia a estrés pueden ser considerados como una adaptación.

Las alas de los pingüinos proceden de alas para volar pero ahora sirven para la natación y el buceo. Si definimos alas como extremidades usadas para volar serían una exaptación, pero si incluimos el concepto de alas de los pingüinos a todas las modificaciones estructurales que han permitido que cumplan su actual cometido, las alas de los pingüinos son adaptaciones para el desplazamiento en el agua.



Es evidente que sin una teoría no se pueden proponer hipótesis científicas comprobables y que actualmente no existe ninguna teoría alternativa a la de la selección natural que nos permita plantear hipótesis en ecología (Mayr 1998). La idea de que se puede basar una investigación en la hipótesis nula, es decir que las cosas son como son por que sí o por simple azar, está reñida con el funcionamiento de la ciencia como nos han indicado los filósofos de la ciencia (Kuhn 1962; Popper 1968). El inductivismo puro no es una forma de hacer ciencia, y de hecho siempre ronda alguna idea de cómo deberían ser las cosas en la mente de cualquier investigador aunque lo niegue. El propio Darwin contestó así a la pregunta de si los naturalistas deberían observar a la naturaleza sin ninguna hipótesis previa:

“Si no tienen una hipótesis es mejor que se metan en una gravera y cuenten las piedras y describan los colores”.

Hay que tener en cuenta que la intención de Darwin (1859) era la de ofrecer el proceso de la selección natural como una explicación de los rasgos y relaciones que pueden ser observados en el mundo aquí y ahora, explicación que es precisamente el campo de la ecología en cuanto a interacciones entre organismos y su ambiente.

Por otro lado, afirmar que lo que se observa es sólo un producto de una restricción filogenética (Los famosos “spandrels” de San Marcos; Gould y Lewontin 1979) sin pasar de dicho nivel de explicación no es contestar a la pregunta planteada sino desviarla hacia un estudio embriológico o del desarrollo que no se pretende realizar (Sinervo y Svensson 1998). Es una postura cómoda y heurísticamente pobre.

Si existen dichas restricciones a la adaptación, veamos cuáles son, cómo funcionan durante el desarrollo, qué procesos fisiológicos o bioquímicos están implicados (Reeve y Sherman 1993). Probablemente en muchos casos nos demos cuenta al abordar dicho estudio que las restricciones filogenéticas tienen una base adaptativa, dado que cualquier alteración en determinados procesos del desarrollo los haría más ineficientes. Es decir, las restricciones en un nivel se deben a adaptaciones a niveles más básicos del funcionamiento de los organismos (Simon 2002). Es difícilmente explicable por qué los biólogos del desarrollo se han mostrado tradicionalmente tan reacios a utilizar una herramienta tan poderosa como el adaptacionismo. Una posible explicación es que muchos suponen que sólo el fenotipo del adulto, la última fase del desarrollo, está expuesta a la selección. En realidad, todas las fases del desarrollo, desde el cigoto hasta la edad madura reproductiva, están constantemente sometidas a selección (McNamara 1997, Mayr 2002).

El Antidarwinismo actual

En cualquier caso, la crítica antiadaptacionista (Gould y Lewontin 1979) ha tenido poco eco en la comunidad científica de los ecólogos, como se demuestra leyendo revistas como *Ecology* o *Evolution*, asistiendo a congresos, o presenciando el florecimiento de disciplinas enteras basadas en el adaptacionismo como la ecología de la conducta (Alcock 2001). La mayoría de los ecólogos no pretenden que haya actualmente otra forma de proceder en ecología que planteando hipótesis adaptacionistas o de inge-



S.J. Gould

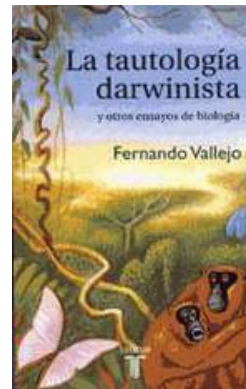
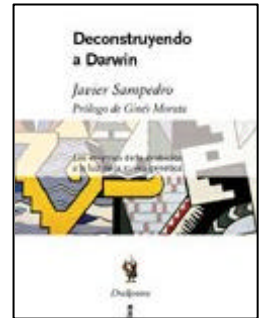
nería a la inversa *sensu* Dennett (1995), y los que lo pretenden se ven obligados una y otra vez a plantear alguna hipótesis sobre adaptación para poder avanzar (Reeve y Sherman 1993). Pero curiosamente, es entre los que practican otras disciplinas biológicas donde dichas críticas prenden con facilidad, e incluso más aún entre humanistas y divulgadores, especialmente en nuestro país. En muchos casos ello se debe a una escasa comprensión de la ecología y de la historia natural de los organismos, en otros, me temo, que a un rechazo cultural o ideológico del darwinismo derivado de las implicaciones del mismo para el estudio de los seres humanos.

La impresión que da al leer a muchos admiradores de las ideas de Gould (Sampedro 2002) es que el adaptacionismo, la selección natural y el darwinismo han muerto y han sido enterrados por un grupo de heterodoxos heroicos que incluyen al propio Gould, a Margulis y a algún profeta de la ciencia de la complejidad como Goodwin.

Aparentemente todo vale en supuesta heterodoxia, desde el “orden gratuito” (Kauffman 1993, Goodwin 1994) y la “adquisición de genomas” (Margulis y Sagan 2003) a los “monstruos esperanzados” (Goldschmidt 1940), el “equilibrio puntuado” (Eldredge y Gould 1972) o la propia “Gaia” (Lovelock 1986). El mundo editorial español es especialmente proclive a publicar textos sobre la defunción del darwinismo, que incluyen mitos desbancados hace décadas como el de la *tautología darwinista* descrito por algún novelista aburrido de escribir relatos de ficción (Vallejo 1998), o estudios de especialistas en antidarwinismo, entre ellos algunos lamarckistas franceses con un cierto tufillo chauvinista (Chauvin 2000). Por cierto, los ecólogos franceses en su gran mayoría se han pasado al adaptacionismo darwinista y a publicar en revistas anglosajonas a pesar de las protestas de sus gobernantes.

Un ejemplo de este sesgo divulgativo es que se traducen y publican rápidamente incluso las obras más técnicas de Gould (Gould 2004), mientras muchas de Mayr, Maynard Smith o Hamilton son olvidadas. Este sesgo cultural es digno de ser estudiado, pero probablemente esté asociado al pecado original del darwinismo social (en realidad debería llamarse lamarckismo social dado el escepticismo del propio Darwin sobre las ideas lamarckistas de Spencer y Haeckel) y al supuesto carácter reaccionario de teorías biológicas sobre la conducta humana.

Hay que decir primero que estos prejuicios nada tienen que ver con la orientación política de los practicantes recientes o actuales del darwinismo (p.ej Haldane y Maynard Smith fueron marxistas



durante gran parte de su carrera científica y Trivers colaboró con los Panteras Negras durante su estancia en California) y recordar que el darwinismo fue muy bien recibido por las corrientes políticas más progresistas del siglo XIX, desde liberales reformistas a marxistas y anarquistas. Desde Marx (1977) a Kropotkin (1902) resaltaron la importancia de la lucha por la vida en la naturaleza pero repudiaron la utilización filosófica y política de supuestos discípulos de Darwin como Spencer y Haeckel, que en realidad estaban profundamente imbuidos de conceptos lamarckistas (Ruiz y Ayala 1999). Como bien resaltó el escritor Bruce Chatwin (1994):

“la presencia de un núcleo de instinto inmodificable en el hombre significa que los lavadores de cerebro deben emprender su trabajo de deformación una y otra vez, con cada individuo y cada generación... y ésta es, al fin, una actividad muy extenuante.”

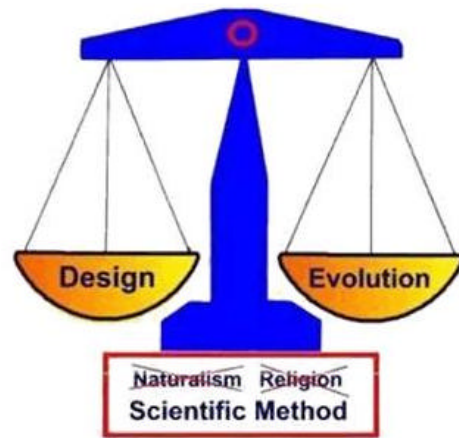
La naturaleza biológica del ser humano puede constreñirnos pero también liberarnos de muchas pesadillas diseñadas por mentes enfermas. Margalef (1977), sin duda nuestro mejor ecólogo hasta la fecha, se refirió así a estos prejuicios:

“Todas las aplicaciones de teorías que proceden del campo de las ciencias naturales a aspectos de la sociedad, de la civilización y de la cultura, despiertan frecuentemente una reacción asociada a la creencia de que el estudio y parcial explicación, con método científico, de formas de comportamiento y de organización humanas es socialmente peligroso, porque se supone que conduce a aceptar como naturales muchas injusticias y a quitar trascendencia a la conducta pecaminosa”.

Hay que mencionar también que la falacia de que “todo lo natural es bueno” fue denunciada por Darwin y Thomas Huxley (1894) en el siglo XIX y

por darwinistas como George Williams (1989) más recientemente. Es curioso que el principio de contradicción y conflicto como motor de los cambios evolutivos e histórico /sociales que propugna el materialismo dialéctico (Marx 1977; Levins y Lewontin 1985) es ampliamente compatible con la visión darwinista de competencia y conflicto y de interacciones ecológicas,

pero muchos marxistas parecen olvidar este mensaje para propugnar un mundo de permanente cooperación (exceptuando, claro está, entre clase sociales humanas) y una visión utópica de un “fin de la historia” sin conflictos ni contradicciones, al igual que las visiones mesiánicas religiosas o el fin de la historia decretado por los neoliberales. Por otro lado, un amplio sector de la derecha en EEUU y Europa ha decidido prescindir de los supuestos



beneficios que le aportaba la teoría darwinista, para rescatar del siglo XIX el “diseño inteligente” por un creador sabio y atacar ferozmente a la teoría, negándole su lugar en la enseñanza pública de la Biología. Si en algún momento fue un instrumento de las clases dominantes, parece que ha dejado de serlo.

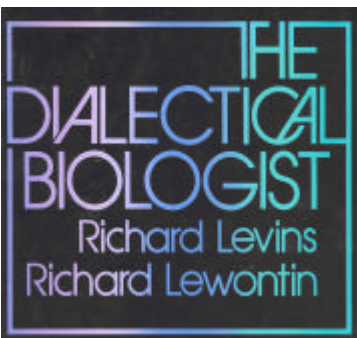
En definitiva, el sesgo en la información sobre la ecología evolutiva y su base darwinista y adaptacionista que se difunde entre amplios sectores del mundo académico y editorial español, ignora la importancia de los descubrimientos y revelaciones de muchos ecólogos para basar sus revisiones exclusivamente en estudios sobre genes en el laboratorio o interpretaciones del registro fósil, y acaban influyendo en la enseñanza de la ecología que se practica en nuestras universidades.

Posiblemente la forma más directa de desmontar este prejuicio es demostrar que la visión biológica sobre el ser humano que subyace en el darwinismo no constituye ninguna amenaza para una visión progresista o reformista de la sociedad como ha demostrado el filósofo Peter Singer (2000), sino una ayuda y una guía orientadora para saber como proceder con las reformas necesarias para reducir al máximo las resistencias debidas a nuestras propensiones biológicas o incluso utilizar dichas propensiones en un sentido que favorezca la solidaridad y el altruismo sin caer en el espíritu de grupo y la xenofobia.

¿Son incompatibles los datos recientes con el Darwinismo?

Frente a las revisiones de la teoría de Darwin basadas frecuentemente en la biología del desarrollo o la paleontología, una visión ecológica de la naturaleza nos indica que la mayoría de los resultados presentados como antitéticos con el darwinismo no son tal y que el papel de la selección natural ha sido deliberadamente obviado por razones diversas.

Voy a exponer aquí algunos de los resultados científicos presentados como contradictorios con el papel de la selección natural como fuerza evolutiva fundamental y argumentos que muestran que correctamente interpretados, son perfectamente compatibles con el darwinismo:



a) Las grandes extinciones son procesos al azar totalmente ajenos a la selección natural y que condicionan profundamente a la evolución subsiguiente (Gould 1989; Ward 1997):

Existe una vulnerabilidad a la extinción que es raramente al azar (McKinney 1997). Por.ej. las diatomeas sobrevivieron a la extinción del final del Cretácico al presentar esporas resistentes que habían evolucionado en ambientes previos de baja iluminación (Kitchell *et al.* 1986), las plantas terrestres que sobrevivieron al mismo evento eran las que debido a presiones selectivas previas habían desarrollado fases de dormancia, bancos de semillas u órganos permanentes (Spicer 1989), además de otros muchos ejemplos de extinción selectiva citados por Simons (2002). Como ha afirmado Raup (1986):

“la mayoría de los episodios de extinción son biológicamente selectivos, y futuros análisis de las víctimas y supervivientes ofrecen la mejor oportunidad de deducir las causas próximas de la extinción”.



La imagen ampliamente divulgada de eventos casi instantáneos a nivel geológico y de loterías de extinción se contradice con las evidencias sobre procesos de extinción prolongados (Archibald 1996) y se corresponde más con un cierto sensacionalismo influido por la ciencia-ficción. Además se habla de las extinciones masivas desde un punto de vista esencialista-tipológico y no poblacional (Mayr 1982), como si de un plumazo desaparecieran “los dinosaurios”, es decir todos y a la vez, y no de lo que todos conocemos como procesos de extinción rápidos como los que se producen en cualquier lugar del mundo ahora mismo, consistentes en la disminución de poblaciones cuando las tasas de fecundidad no compensan las bajas por mortalidad.

La extinción masiva actual demuestra que las extinciones son selectivas, y que la selección natural previa tiene mucho que ver con la desaparición de poblaciones y especies. Por ejemplo la abundancia de ciertas presas en ambientes mediterráneos ha seleccionado a favor de la superespecialización de algunos depreda-

dores (lince ibérico, águila imperial) o la ausencia de depredadores en islas ha condicionado la pérdida de vuelo en muchas aves. La introducción posterior de nuevos patógenos de las presas o de depredadores en islas induce unas presiones selectivas tan fuertes que conducen a la extinción. No hay nada de lotería en las extinciones que presenciamos ni probablemente lo hubo en las del pasado. La selección previa determina la probabilidad de extinción y la selección presente ejerce de ejecutora al operar de forma demasiado drástica para permitir la adaptación en un breve espacio de tiempo. Aunque opere una selección eliminadora brutal a favor de lincees menos selectivos o de aves con capacidad para cortos vuelos, algo que desconocemos pero que depende de la existencia de variación genética favorable, la fuerza de dicha selección es excesiva para permitir la supervivencia de las poblaciones.

A una escala temporal mucho más dilatada que la de la actual crisis de extinciones, los efectos de los impactos de cuerpos celestes o de volcanismo o de cambios climáticos han ejercido sobre muchas poblaciones presiones selectivas demasiado fuertes para permitir la adaptación dada la variabilidad genética existente y los tiempos disponibles. La selección natural puede ser una causa de extinción y no sólo de adaptación y especiación. Un ejemplo de una argumentación antidarwinista confusa en este sentido es que las extinciones masivas no pueden ser anticipadas por los organismos para adaptarse (Gould 1984). Pero la adaptación, aunque juzgada desde el presente, es siempre un legado del pasado. Ningún organismo puede prepararse para futuras presiones selectivas, sólo responden *a posteriori* adaptándose o extinguiéndose.

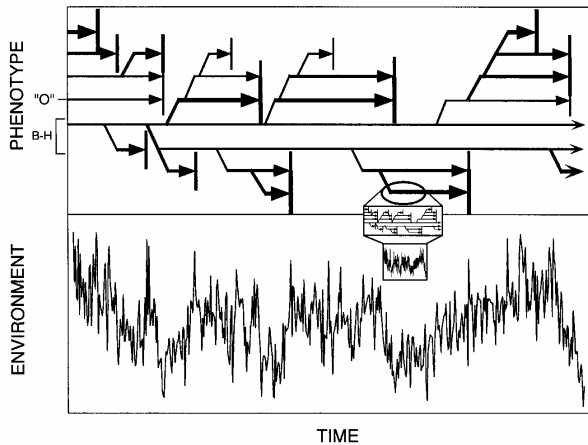
b) Goldschmidt (1940) y Gould (1985) han argumentado que la macroevolución y la microevolución son procesos distintos, y que la macroevolución no se ve afectada por la selección natural en poblaciones sino por diferencias en tasas de extinción entre taxones, un proceso aparentemente distinto. En particular se apoya en tendencias evolutivas inversas a las escalas micro y macroevolutivas :



R. Goldschmidt

En primer lugar no hay que olvidar que cada fenotipo superviviente es el producto de una cadena continua de procesos microevolutivos dentro de un linaje (Van Valen 1988). Además las tendencias evolutivas inversas pueden deberse al funcionamiento de la selección natural a distintas escalas temporales y taxonómicas. Andrew Simons (2002) lo ha demostrado brillantemente utilizando una concepción jerárquica del principio de la maximización de la media geométrica de la eficacia biológica en respuesta a varianza estocástica ambiental. Como la reproducción es un

proceso multiplicativo, la eficacia de un fenotipo a lo largo de varias generaciones es proporcional al producto, no a la suma, de los valores de eficacia de cada generación. La media geométrica es extremadamente sensible a unos pocos valores bajos. En ambientes fluctuantes, este principio implica la eliminación a largo plazo de fenotipos bien adaptados, incluso aquellos con la mayor media aritmética a una escala temporal más corta.



Los fenotipos que multiplican apuestas (del inglés “bet-hedging”) serían más resistentes a cambios ambientales a cualquier escala de cambio, desde fluctuaciones normales a catástrofes planetarias. Los cambios ambientales muestran un gradiente desde imperceptibles (polvo cósmico que penetra en la atmósfera) a dramáticos (el cráter de Chicxulub). Pero además, los fenotipos pueden representar cualquier nivel de la jerarquía taxonómica, considerando a niveles más inclusivos los caracteres más ancestrales. Taxones volátiles con altas tasas de especiación/extinción sufrirán más con los cambios, lo que se expresaría en las extinciones masivas. Los cambios en selectividad durante extinciones masivas representarían una respuesta extrema a un episodio severo de variación ambiental continuada, no un proceso evolutivo distinto a la microevolución (Lee y Doughty 2003). Los rasgos favorecidos por infrecuentes y masivos eventos de extinción no se deben a la suerte por que no hay una única escala temporal correcta para medir la eficacia biológica o la adaptación (Williams 1992; Vermeij 1996). Los caracteres que reducen la volatilidad de taxones o aumentan la resistencia a catástrofes son adaptaciones de grupos inclusivos a una escala temporal larga bajo cualquier definición de adaptación, de la misma manera que las características que hacen aumentar la eficacia biológica de un fenotipo en una población. Las adaptaciones pueden ocurrir no sólo a diferentes niveles jerárquicos (organismo, colonia o especie), sino también temporalmente (tiempo ecológico y evolutivo). Las adaptaciones a largo plazo pueden frenar a aquellas favorecidas a corto plazo, lo que sugiere según esta perspectiva que los caracteres más ancestrales, considerados frecuentemente

como constricciones filogenéticas, son en realidad adaptaciones a procesos selectivos de escalas temporales largas (Simons 2002). Este trabajo, poco citado todavía, ofrece una perspectiva innovadora y unificadora de los procesos evolutivos a todos los niveles de la jerarquía taxonómica y a cualquier escala temporal mucho más satisfactorio que las confusas distinciones entre macroevolución y microevolución favorecidas por algunos paleobiólogos. Un ejemplo de la escasa consideración de algunos paleobiólogos “heterodoxos” por conocimientos bien establecidos en ecología es la supuesta falta de explicación de tendencias macroevolutivas como la regla de Cope sobre aumento de tamaño filético o aumento en linajes en la complejidad o tamaño de rasgos morfológicos como cuernas (Gould 1974, 1982). La selección sexual y social ofrece una explicación perfectamente razonable de estas tendencias (West Eberhard 2003).

c) Eldredge y Gould (1972) han argumentado que la mayoría de las especies surgen abruptamente como formas nuevas en el registro fósil para permanecer inalteradas por procesos de selección natural durante el resto de su existencia. La asociación de cambios evolutivos rápidos exclusivamente con especiación morfológica debida a selección en pequeñas poblaciones aisladas o a deriva genética se contradice con la evolución gradual de fenotipos nuevos o anagénesis propuesta por Darwin:



N. Eldredge

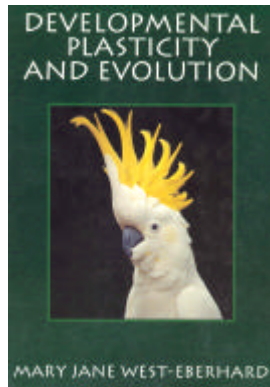
Hay varios argumentos para refutar estas supuestas contradicciones sin entrar en el tema del gradualismo ni de la macroevolución (ver puntos f y b). Un argumento es que los cambios ambientales no siempre son suficientemente bruscos o continuados como para determinar cambios morfológicos marcados detectables en el registro fósil, ya sea por que la selección se mantiene debajo de un cierto umbral de intensidad (Simpson 1984) o por que su dirección fluctúa sin marcar una tendencia sostenida. Los ambientes son los que están puntuados por cambios bruscos, y son esos cambios ambientales los que determinan especiación morfológica detectable (Schilthuizen 2001). Y es la selección natural determinada por las puntuaciones ambientales la que conduce a dicha especiación.

Por otro lado, West-Eberhard (2003) ha propuesto que la plasticidad en la expresión de rasgos antagónicos promueve la estasis en la morfología multifunción, y que el cambio morfológico acelerado ocurre cuando un estado opcional previo incrementa su frecuencia o queda fijado por



M. J. West-Eberhard

selección natural dentro de la especie. La divergencia morfológica acelerada es una causa y no una consecuencia de la especiación como la considera Eldredge (1995). La selección natural es la causa del rápido cambio morfológico cuando las circunstancias cambian drásticamente, pero es también la causa de la estasis al favorecer rasgos expresados en distintas circunstancias cuya combinación antagónica impide los cambios morfológicos.



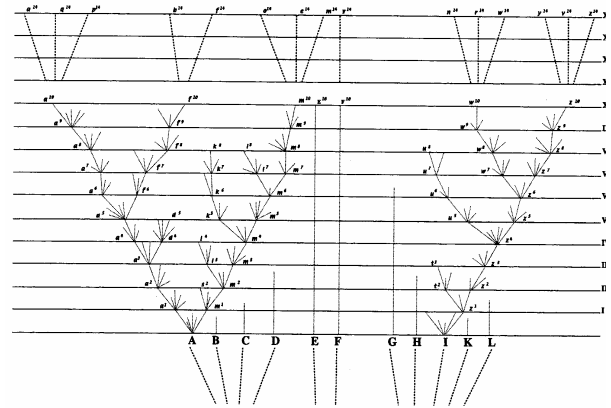
Los paleobiólogos no pueden observar la conducta, la fisiología ni el desarrollo de forma directa, lo que les ha llevado a la creencia de que la divergencia morfológica es igual a la divergencia genética o especiación. Como afirma West Eberhard (2003), las morfoespecies fósiles pueden llevar al convencimiento de que la especiación es importante, cuando los distintos morfos, sexos o fases del desarrollo se confunden con especies. Por otro lado, cierta especiación no asociada a marcados cambios morfológicos puede ser indetectable en el registro fósil (Castro *et al.* 2003). Eldredge y Gould (1972) parecían considerar que el darwinismo se basa en tasas evolutivas lentas y uniformes, cuando hay muchos procesos evolutivos de selección ampliamente reconocidos como rápidos y geológicamente instantáneos (la selección sexual, la colonización de nuevos habitats). La estasis se puede deber a selección estabilizadora dentro de la ortodoxia fisheriana más estricta sin apelar a místicas “leyes de la forma”. La posibilidad de drásticos y rápidos cambios de forma como los que se han producido en nuestras razas domésticas indican que las restricciones del desarrollo no constituyen un límite para acción de la selección (ver punto f).

Las revoluciones genéticas propuestas por Mayr (1988) en poblaciones periféricas y aisladas como base de la especiación instantánea requerida por el puntuacionismo se contradice con la ausencia de estas revoluciones en poblaciones domésticas y experimentales sometidas a endogamia y fuerte selección y al carácter poligénico de las diferencias entre especies próximas, probablemente surgido por evolución gradual (Castro *et al.* 2003). En definitiva, el puntuacionismo no ofrece una alternativa a la selección y el registro fósil no puede ser la base única de una revisión del darwinismo como se ha pretendido.

d) Gould (1989) ha propuesto que la ausencia de aparición de nuevos phyla de metazoa desde el Cámbrico indica que las restricciones del desarrollo impuestas inicialmente han limitado la capacidad de la selección natural para promover la diversificación:

West Eberhard (2003) demuestra que la filogenia puede ser representada como una

ramificación que parte de una raíz común. Dada la clasificación filogenética jerárquica que hemos adoptado, es evidente que las ramas más basales corresponderán a las categorías taxonómicas mayores (reinos, phyla), y que éstas serán necesariamente las más antiguas. El patrón de ramificación, no el origen de importantes rasgos organizativos, ordena nuestra percepción de los principales grupos taxonómicos.



En una clasificación basada en la genealogía, una forma nueva derivada de un fósil reconocido o de un taxón existente no será clasificado como categoría superior por que las variantes se clasifican sobre la base de parentesco y ascendencia, no su grado de distinción o similitud fenotípica. Nunca vamos a ofrecer la categoría de phylum a un grupo reciente surgido necesariamente de uno reconocido más antiguo.

La elevada (e inflada, Gould 1989) reputación taxonómica de los famosos fósiles del Burgess Shale (Morris 1998) se debe sin duda a que no conocemos sus fenotipos alternativos ni todas las fases de su desarrollo para poderlos relacionar adecuadamente con grupos reconocidos. Los argumentos de que la mayoría de los phyla se originaron cuando los genes del desarrollo estaban menos integrados (John y Miklos 1988) predeciría que todavía podrían surgir nuevos phyla de organismos sencillos como bacterias. Sin embargo, la fuerza del principio de clasificación derrotaría los esfuerzos clasificatorios: si surgiera un nuevo plan de organización entre las bacterias, sería reconocido como una bacteria por genealogía. Bonner (1988) cita 10 orígenes independientes de organización multicelular en organismos eucariotas modernos, que son todos clasificados por sus células componentes y no como nuevos phyla.

Tampoco la pérdida de una estructura importante sirve como justificación para un nuevo phylum. Las ascidias que han perdido la notocorda son incluidas en el mismo género del que obviamente derivan. Ningún grado de originalidad morfológica puede superar el poder de las clasificaciones existentes basadas en la jerarquía genealógica. Por la fuerza de la taxonomía sistemática, *systema naturae*, todos los phyla son antiguos (West Eberhard 1983). El argumento de Gould (1989) sobre la incapacidad de la selección

natural sólo representa la obviedad de que hemos eliminado la posibilidad de aparición de nuevos phyla por definición. Dawkins (2003) es aún más sarcástico con las pretensiones de Gould sobre la enorme diversidad de phyla del Cámbrico. Es evidente que si consideramos aquellos animales antiguos a la luz de nuestras modernas categorías, casi todos son phyla por muy parecidos que fueran morfológicamente. En los inicios, los phyla empiezan como simples especies nuevas. El platonismo y esencialismo de Gould le hace ver a los phyla no como divergiendo de parientes próximos sino como formas ideales surgidas totalmente diferenciadas de no se sabe dónde.



e) Otro argumento confuso en torno a la enorme diversidad taxonómica del Cámbrico es que surgió de forma misteriosa y sorprendente, sin relación alguna con la selección natural y probablemente debido a alguna propiedad especial de los genomas tempranos (Sampedro 2002):

Andrew Parker (2003) presenta claramente la evidencia de que la “explosión” del Cámbrico hace 540 millones de años no implica la aparición de 34 phyla de novo de un ancestro indiferenciado sino la evolución simultánea de estructuras fosilizables externas en 34 phyla surgidos previamente durante el Precámbrico hace entre 900 y 600 millones de años (ver también Fortey y Owens 1990; Wray *et al.* 1996; Bromham *et al.* 1998).

La explosión de estructuras fosilizables se debió según la sugerente hipótesis de Parker a la aparición de la visión por selección natural en depredadores que mejoraban así sus capacidades de detección y obtención de presas. Las estructuras fosilizables surgieron por selección natural como respuesta a estos depredadores visuales. ¡Pura ecología evolutiva!



W. Bateson

f) Desde Bateson (1894), muchos contrincantes del darwinismo han argumentado que los aspectos cruciales del diseño ya están presentes en la

variación surgida por procesos del desarrollo antes de que la selección natural actúe. Ello contradice el poder de la selección para moldear pequeños y graduales cambios como proponía Darwin. La importancia de las restricciones evolutivas impuestas por procesos del desarrollo ha sido también la base de las críticas al programa adaptacionista (Gould y Lewontin 1979):

En primer lugar, hay que resaltar que cualquier rasgo adaptativo requiere tanto un origen en variación debida al desarrollo como un aumento de frecuencia debido a selección (West Eberhard 2003). Contraponer variación a selección como alternativas es una falacia. Las restricciones al desarrollo son una fuente de variación evaluada por la selección, y los costes en eficacia biológica son el lado oscuro de la variación que determinan bajo selección cualquier cambio evolutivo (West Eberhard 2003).

Pero tampoco es cierto que el diseño surja bruscamente con la variación debida a procesos de desarrollo. En muchos casos, la variación fenotípica drástica se debe a desplazamientos temporales en procesos del desarrollo (heterocronía) (McNamara 1997). Darwin (1868) propuso el concepto de gradualismo retrospectivo para explicar que estos cambios se debían a rasgos previamente evolucionados por modificaciones graduales previamente evaluadas por la selección. Por ejemplo, la pedomorfosis del axolotl es la retención en la fase adulta de caracteres seleccionados para la vida exclusivamente acuática de las larvas. Los fenotipos cuya expresión se ha modificado temporalmente o espacialmente fueron en su origen productos de evolución gradual bajo selección natural. Como ha señalado Lewontin (1986):

“la naturaleza cuántica del desarrollo es algo engañosa. Un largo proceso de evolución gradual puede estar detrás de la presencia actual de un programa de desarrollo cuántico”.

West Eberhard (2003) señala que la consolidación previa es una razón por la que la recombinación fenotípica funciona: se trata del reordenamiento de componentes del fenotipo previamente favorecidos por selección. Los partidarios de la heterocronía en el desarrollo como determinante de cambios evolutivos independientes de la selección natural (Gould 1979) deben demostrar que los procesos del desarrollo temporalmente alterados no tienen consecuencias para la eficacia biológica de los fenotipos resultantes y que estos no sufren procesos de selección que explican su persistencia o desaparición en el curso de la evolución. El desarrollo es un aliado de la teoría de Darwin al permitir una mayor gama de variantes seleccionables, mientras los mecanismos flexibles ontogenéticos acomodan estas variantes al resto del fenotipo, aumentando así la probabilidad de su persistencia y modificación por selección natural gradual (West Eberhard 2003).

La controversia de selección contra desarrollo se resuelve considerando la enorme variedad de fenotipos posibles producidos durante el desarrollo, mucho mayor que el número inducido por mera variación genética (Nijhout 1991; West Eberhard 2003). Ello significa que la variación producida por el desarrollo como materia prima para la selección no puede ser un factor limitante en la evolución. En lugar de tener que esperar que aparezcan mutaciones apropiadas, la selección tiene siempre a su disposición una enorme diversidad de variantes fenotípicas producidas por rutas alternativas de desarrollo y respuestas de acomodación al resto del fenotipo. Si el desarrollo está virtualmente libre de restricciones como nos enseñan los datos sobre plasticidad fenotípica, entonces la selección natural es la principal responsable del diseño y la forma durante la evolución.

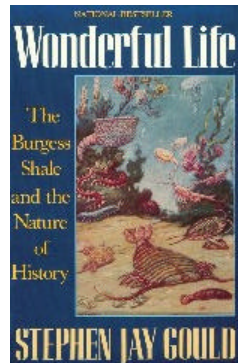
g) A menudo se lee que lo único evolutivamente importante que no trató Darwin fue la especiación y que no explicó el origen de las especies a pesar del título de su obra. Este aserto es falso, pues en toda su obra está implícita su idea de que la divergencia promovida por adaptación a variación ambiental acaba por determinar el aislamiento reproductivo y por tanto especiación. Para Darwin no era necesario aislar geográficamente a poblaciones para permitir la especiación. Variación ecológica a cualquier escala era suficiente para iniciar y sustentar procesos de divergencia simpátrida conducente a la especiación:

El énfasis de Mayr (2001) y de la síntesis neodarwinista en la especiación alopátrida ha dominado el estudio de la especiación hasta muy recientemente, descartando como poco importante la divergencia intraespecífica y la especiación simpátrida como procesos sin importancia. Este paradigma se está desmoronando al surgir creciente evidencia de que mecanismos como la adaptación a nuevas plantas nutricias, nuevos hospedadores o la selección sexual pueden permitir una especiación rápida en simpatria (Schilzhuizen 2001). La plasticidad fenotípica ofrece una inagotable fuente de variación en respuesta a cambios ambientales que propicia la



divergencia adaptativa (West Eberhard 2003). Una vez más, parece que Darwin estaba más acertado que sus seguidores. Esta visión de la especiación contribuye a desmontar la tesis del puntacionismo sobre la especiación como causa y no como consecuencia de cambios morfológicos (Eldredge 1995).

h) Gould (1989) propuso que si se rebobinara la cinta de la historia de la vida y se volviera a pasar, el curso de la evolución tomaría derroteros distintos por causa del azar y no podríamos reconocer a las formas de vida que surgirían, tan distintas serían de las que conocemos. En consecuencia, la selección natural no puede encauzar los procesos evolutivos a gran escala frente a la fuerza del azar:



Este argumento no considera que ha habido muchos experimentos de evolución paralela en nuestro planeta que han llegado a sorprendentes casos de convergencia. La selección natural ha encontrado soluciones similares a problemas parecidos en numerosas ocasiones a lo largo de la historia de la vida. El paleontólogo Conway Morris (2003) ha reunido una impresionante diversidad de casos de convergencia adaptativa que incluyen desde moléculas, órganos sensoriales, estructuras morfológicas, organizaciones sociales y comportamientos a la composición de comunidades de especies. La evidencia que presenta resalta la fascinante capacidad de la selección natural para encontrar soluciones adaptativas similares a los retos de la existencia.

Travisano y colegas (1995) dejaron evolucionar separadamente a 12 poblaciones de *E. coli* durante 2000 generaciones en el laboratorio. Luego las dividieron en tres y dejaron a las 36 poblaciones resultantes seguir su evolución otras 1000 generaciones, después de lo cual las sometieron a un medio nuevo y metabólicamente difícil. ¿Qué sería más importante, el azar (predecible caos en las subsiguientes trayectorias evolutivas), la adaptación (convergencia de trayectorias) o el punto de partida histórico (36 puntos de partida distintos del rebobinado)? El resultado tras otras 1000 generaciones es que todas las poblaciones convergieron en una mayor adaptación al nuevo medio y que las iniciales diferencias entre poblaciones disminuyeron drásticamente. Rebobines las veces que quieras, las bacterias encuentran una forma común de adaptarse al nuevo medio. Joshi (1997) concluyó de experimentos similares con *Drosophila* que:

“las huellas de la historia, al menos en especies sexuales, no serían metafóricamente hablando más que impresiones transitorias sobre el polvo genómico”.

La ubicuidad de la selección conlleva la ubicuidad de la convergencia (Morris 2003). Losos y colegas (1998) han comprobado las conver-

gencias entre las comunidades de lagartos *Anolis* de islas caribeñas llegando a la conclusión de que:

“la radiación adaptativa en ambientes similares puede contrarrestar a las contingencias históricas para producir resultados evolutivos sorprendentemente similares.”

En conclusión, probablemente los organismos que surgieran después de un rebobinado no nos sorprendieran tanto después de todo.



L. Margulis

i) Margulis (1981) ha argumentado repetidamente que los modelos sobre simbiosis entre procariotas para dar lugar a la célula eucariota indican que las importantes transiciones evolutivas no requieren de la selección natural y que los cambios evolutivos por simbiosis constituyen algo no explicado por el darwinismo:

Esta aseveración está reñida con los modelos más elaborados para explicar la evolución celular (Cavalier-Smith 1987; Maynard Smith y Száthmary 1997), los cuales incorporan ventajas selectivas inmediatas para los organismos simbioses en la utilización de ciertos recursos con respecto a procariotas no simbioses. La formación de organismos simbioses como los líquenes o las simbiosis entre insectos y microorganismos que invaden sus células (van Ham *et al.* 2004) permiten visualizar como pudo surgir la célula eucariota como resultado de estrechas relaciones ecológicas de comensalismo, parasitismo o incluso depredación.

La dependencia actual estricta entre todos los componentes de la célula eucariota pudo partir de una inicial explotación parasitaria de un elemento por parte de otro. Por ejemplo Maynard Smith y Száthmary (1997) proponen que las células hospedadoras de las bacterias parásitas que darían lugar a mitocondrias y cloroplastos obtendrían un beneficio inmediato de la asociación mediante depredación intracelular prudente (los proto-eucariotas mantendrían a los proto-organismos como nosotros mantenemos al ganado). Posteriormente se seleccionaría la capacidad de elaborar proteínas que facilitarían el tránsito de metabolitos entre los orgánulos y el citoplasma, una explotación más sofisticada.

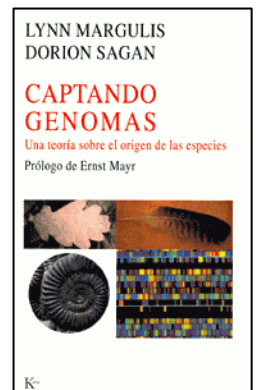
Aunque los endosimbiontes se citan a menudo como mutualistas, las ventajas están mucho más claras para el hospedador que para los orgánulos. Decir que morirían fuera del hospedador eucariota es confundir dependencia obligada con beneficio. Maynard Smith y Száthmary (1995) consideran a estos orgánulos originariamente simbioses como actuales esclavos encapsulados, parte de cuyo genoma ha sido absorbido por el núcleo de la célula eucariota al que ha pasado al control de la relación. En simbiosis actuales entre organismos eucariotas y procariotas está surgiendo la visión de procariotas metabólicamente potentes que son atraídos a asociaciones mutualistas a costa de su

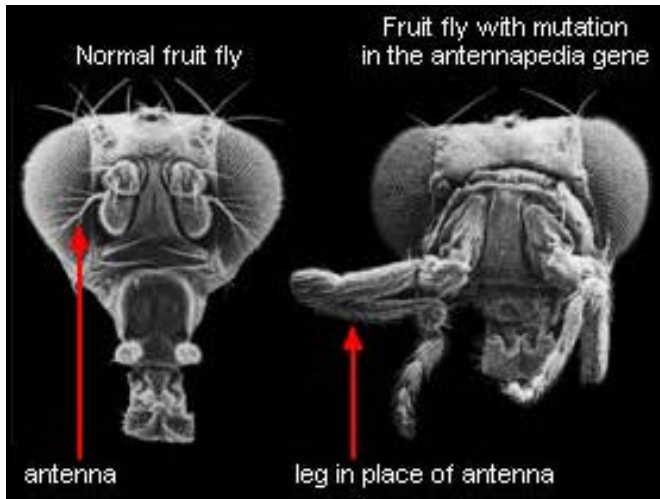
autonomía celular. Una vez que han sido genómicamente agotados, el hospedador eucariota lo sustituye por una nueva especie de procariota, convirtiéndose así en el parásito definitivo (van Ham *et al.* 2004). En cualquier caso es imposible entender la transición a la célula eucariota original sin contemplar las presiones selectivas involucradas. Las simbiosis son interacciones ecológicas que afectan a los costes y beneficios obtenidos por los simbioses en relación con los no simbioses. Una vez la simbiosis es suficientemente estrecha, la selección sobre la parte más débil de la interacción comienza a debilitarse haciendo indisoluble la asociación. La selección natural interviene desde el inicio de la simbiosis hasta su culminación en la formación de un organismo más complejo.

j) La captación de genomas de unos organismos por otros se ha propuesto por Margulis y Sagan (2003) como una forma alternativa de especiación y evolución, independiente aparentemente de la selección natural:

Este argumento no tiene en cuenta que el modelo de Darwin presupone la creación de variación fenotípica sobre la que opera posteriormente la selección natural. Igual que las simbiosis inducen variación fenotípica (bacterias fuera y dentro de otras células en el origen de la célula eucariota), los genomas captados inducen presumiblemente variación fenotípica en el organismo captador (si no la inducen evolutivamente neutros) que se verá indefectiblemente sometida a selección. Hablar de genomas víricos captados por genomas eucariotas como evidencia antidarwinista (Sandín 2004) confunde la realidad con el deseo de contribuir a la “heterodoxia”. Son ejemplos perfectos de interacciones ecológicas de parasitismo favorecidas por la selección (virus parásitos integrados favorecidos sobre virus no integrados) que acaban en una asociación estrecha en que el hospedador pasa a controlar la replicación del genoma parásito (hospedadores que controlan favorecidos sobre hospedadores que no lo logran).

Es difícilmente explicable por que estos procesos de creación de nueva variación genómica son considerados antitéticos con el papel de la selección natural en la especiación, excepto si consideramos que sólo las micromutaciones son compatibles con el mismo. Aunque es cierto que los neodarwinistas y genetistas Fisher y Haldane basaron su apoyo a la teoría de Darwin en la importancia de pequeños cambios genéticos, ésta está basada en el impacto de la selección sobre variación fenotípica gradual sin especificar como se produce dicha variación (plasticidad fenotípica, micromutaciones, transferencia de genes entre organismos).





k) Los descubrimientos recientes sobre la conservación de genes reguladores del desarrollo (entre otros los genes Hox) han llevado a la conclusión por biólogos del desarrollo de que la selección natural no es importante al permitir un conservadurismo tan estricto de la regulación del desarrollo (Sampedro 2002). Si la selección fuera importante, se detectarían cambios genéticos en las señales inductoras asociados a cambios de las estructuras inducidas:

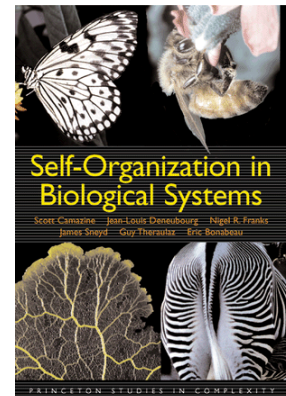
Maynard Smith (2000) explica perfectamente por que la teoría de Darwin nos hace esperar la conservación de las señales durante el desarrollo:

“Si la evolución promovida por la selección natural ha de conducir a cambios adaptativos (en lugar de limitarse a conservar las adaptaciones ya presentes), ha de ser cierto que cada paso mejore las posibilidades de supervivencia aunque sólo sea un poco. No basta con que el resultado final de muchas mutaciones genéticas haya de ser una estructura adaptativa si cada una de las mutaciones no tiene su propia utilidad. La evolución no hace previsiones y no puede incorporar los primeros cambios de no ser adaptativos, o por lo menos no perjudiciales.... Aplicado a los genes señaladores, esto implica que, si se tiene una cascada de genes reguladores, con una A que conecta (o desconecta) los B, C y D, que a su vez conectan a E, F, G y H, etc., con el gen que no hay que tontear es con A. ...En otras palabras, la evolución por medio de la selección natural ha asegurado la conservación de las señales que actúan en los inicios del desarrollo embrionario.”

Esta es una aplicación del principio “si funciona, no lo toques” a las fases iniciales y por tanto fundamentales del desarrollo. El conservadurismo de ciertas fases del desarrollo embrionario que dio lugar a las ideas de Haeckel sobre “recapitulación” de la filogenia por la ontogenia tiene una explicación similar. Para que la evolución proceda a pasos pequeños sin trastocar procesos que funcionan, ha de pasarse por fases del desarrollo en que las células indiferenciadas ocupan deter-

minadas posiciones relativas que van a permitir su futuro desarrollo independiente (Raff 1996). Estas fases son comunes a organismos de desarrollo similar. La evolución ha procedido mediante modificaciones de las posteriores fases del desarrollo de los distintos módulos celulares así creados, de uno en uno, mientras que ha mantenido inalterada la disposición inicial de estos módulos. El conservadurismo de las señales genéticas iniciadoras del desarrollo es una consecuencia del funcionamiento de la selección natural que debe contar con ventajas relativas en cada paso. Alterar inicios que funcionan no es una buena regla. Para comprobar si este conservadurismo es adaptativo habría que provocar cambios en los procesos iniciales del desarrollo y observar como funcionan los organismos resultantes en su medio natural, no en un laboratorio. En definitiva, el conservadurismo de las señales es una mera consecuencia de la teoría de Darwin si se entiende como funciona la selección natural.

l) En los últimos tiempos ha aparecido la idea de que el diseño de los organismos se debería fundamentalmente a las propiedades de auto-organización de sistemas simples para formar sistemas más complejos (Kauffman 1993, Goodwin 1994). Esta idea está basada en la utilización de modelos de ordenador por científicos de la complejidad muy influidos por la física y la teoría de la información o por biólogos del desarrollo que estudian procesos sencillos en organismos unicelulares. Si la variación básica se debe a la autorganización de sistemas dinámicos, poco tiene que hacer la selección natural para producir diseño:



El orden gratuito postulado por la ciencia de la complejidad necesita selección para adquirir cualquier tipo de realismo biológico como bien ha señalado Maynard Smith (2000). La existencia de una ingente cantidad de maquinaria genética y reguladora basada en moléculas en todas las células hace algo pretencioso explicar el funcionamiento de los organismos por auto-organización como en un modelo de ordenador. ¿Para qué tanta maquinaria molecular, para qué tantas interacciones moleculares? ¿Son estos modelos el producto de una búsqueda de algo más profundo y con más sentido que el ciego algoritmo de la selección natural o realmente buenas representaciones del funcionamiento de la evolución?

Los biólogos reduccionistas tan denostados por los holistas y emergentistas científicos de la complejidad, están ya desentrañando los procesos de organización celular y embriológica. Los mecanismos estudiados tienen poco de automático y no requieren de complicados modelos matemáticos para su comprensión sino de arduo trabajo de

laboratorio. La complejidad parece surgir de complicados mecanismos y engranajes en lugar de a partir de elegantes modelos de autoorganización. Estos mecanismos pueden haber estado sometidos a selección natural (Maynard Smith 2000). Los ejemplos de supuesta autoorganización morfológica siempre prescinden de explicar la importancia de proteínas específicas que determinan las propiedades físicas de las estructuras que se organizan, y esas proteínas están codificadas en los genes que pueden experimentar selección. Las proteínas pueden determinar los rasgos morfológicos de forma directa o generando un sistema dinámico con flexibilidad para generar la forma. En cualquier caso, el marco de organización viene codificado por los genes (Maynard Smith 2000). La búsqueda de las bases profundas de la organización de los organismos parece basada en una “envidia de la física” como diría Mayr (2002) o en un ansia vitalista que raya en el misticismo.

m) La discrepancia entre la cantidad de genes que codifican proteínas y la complejidad de los organismos portadores resultante de las secuenciaciones recientes de genomas han llevado a algunos a la conclusión de que los genes no pueden explicar la complejidad ni por tanto la evolución. El ambiente sería la clave para explicar por que un gusano con unas 1000 células tiene casi tantos genes como una persona:

Estos asertos ansiosamente recibidos por los partidarios de la importancia del ambiente para la conducta humana están basados en varios errores. El primero es creer que cuando se habla de 30000 genes para el genoma humano, se está hablando de todo el material genético cuando en realidad se habla de material genético codificador de proteínas. En organismos complejos, la mayor parte del material genético no codifica proteínas (hasta más del 95% en humanos). Además el porcentaje de ADN que no codifica proteínas aumenta con la complejidad del organismo (Mattick 2004).

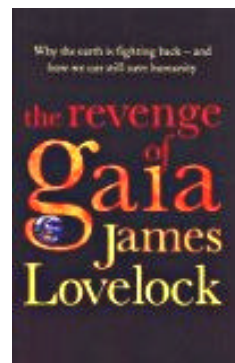
La segunda es que este material genético aparentemente redundante es morralla o basura genética, que no cumple ninguna función y que se puede considerar material parásito procedente de restos ancestrales o de invasiones posteriores por secuencias genéticas móviles. Si la selección natural sobre fenotipos complejos no ha sido capaz de eliminar toda esta cantidad de basura, es por que su poder es débil. Recientemente esta visión de los intrones o segmentos genéticos que se transcriben a ARN pero no se traducen a proteínas ha empezado a cambiar. La regulación de la actividad de los genes codificadores de proteínas se ha considerado como debida exclusivamente a proteínas, pero ahora se piensa que el ARN transcrito por los intrones juega un papel importantísimo en esta regulación, lo que explicaría por que es necesario tanto intron en organismos complejos. La complejidad de una

estructura no depende fundamentalmente del número de distintos componentes proteicos sino de la complejidad del plan arquitectónico determinado por procesos reguladores efectuados tanto por proteínas como por el llamado ADN basura (Mattick 2004). La selección natural habría retenido las mutaciones intrónicas beneficiosas para el organismo hospedador, de forma que el ARN intrónico podría haber evolucionado de forma independiente y paralela a las proteínas (Mattick 2003). En definitiva, el dogma de la función reguladora exclusiva por proteínas y del ADN basura empieza a desmoronarse y muestra que casi todo el ADN es funcional y ha estado expuesto a selección natural. Los organismos complejos tienen por tanto una gran cantidad de ADN que regula al resto y que es imprescindible para el funcionamiento de cualquier fenotipo. Variación pequeña en el funcionamiento de esta maquinaria reguladora ha tenido que estar sometida necesariamente a la selección natural. Tenemos suficiente maquinaria genética para afectar a cualquier aspecto de nuestras vidas y la selección natural ha estado implicada en su desarrollo.

n) La hipótesis de Gaia sobre un planeta cuyo clima está regulado de forma benévola para todos por los organismos que lo habitan (Lovelock 1986) ha recibido mucha atención al plantear procesos de evolución de la vida que no tienen que ver con la selección de variantes exitosas en la lucha por la vida sino en una especie de cooperación entre los organismos a escala planetaria (parece que los humanos ya no quieren colaborar):

Los modelos más avanzados para explicar esta cooperación para mantener condiciones favorables para la vida (los famosos “daisyworld”) pretendían hacer compatible esta idea con cierta selección entre variantes más o menos cooperadoras. Sin embargo, la selección natural sólo opera sobre variación beneficiosa de forma inmediata en relación a variantes contemporáneas, el aquí y ahora. Es muy difícil que pueda beneficiar a variantes beneficiosas a escalas temporales y espaciales tan vastas como pretende la hipótesis de Gaia. De hecho, la extinción de tantas formas de vida se explica por esta incapacidad de la selección natural para ver, metafóricamente hablando, más allá de sus narices.

Además el clima ha fluctuado violentamente a lo largo de la historia del planeta y no ha sido tan benévolo sobre vastas zonas geográficas durante dilatados períodos. Algunos violentos cambios climáticos pueden haber llevado a extinciones masivas nada benévolas con la mayor parte de los organismos entonces existentes. La formación de la atmósfera rica en oxígeno, tan alabada por los partidarios de Gaia, no fue nada beneficiosa para



los numerosos organismos de metabolismo anaerobio entonces existentes. En sus orígenes, la producción de oxígeno por los primeros fotosintetizadores significó una guerra de gases entre distintos tipos de bacterias (Schopf 2000). Si pensamos en algunos planetas en donde pudo haber vida, pero donde hoy reinan condiciones desoladoras, parece que los mecanismos de cooperación no funcionan adecuadamente en otros astros. No existe ninguna evidencia real de que las modificaciones del clima se deban a procesos de selección natural a nivel de los organismos.

Además es un poco pretencioso sacar conclusiones sobre el éxito de la vida en un solo planeta en el que se ha desarrollado una forma de vida capaz de teorizar sobre el problema. Claro que las condiciones han sido lo suficientemente benévolas en la Tierra para permitir la aparición de mentes que piensan en Gaia. Extraer toda una teoría de un solo dato es arriesgado. Es extraer una consecuencia sobre necesidad de un cúmulo de casualidades a posteriori. El brutal experimento realizado sobre el clima planetario sin la menor previsión por ciertas sociedades humanas durante el último siglo sugiere que no ha habido ningún mecanismo de selección en otros organismos que haya operado para mantener algún tipo de homeostasis planetaria.

Los contraargumentos expuestos aquí brevemente indican que sin un conocimiento en ecología o historia natural es muy difícil entender la teoría de Darwin y la importancia de la selección natural. También señalan que hay que saber cuales son las bases de la teoría de Darwin sobre selección natural de fenotipos en ambientes complejos y cargados de interacciones ecológicas.

La Ecología y el Darwinismo en España

Nuestros historiadores de la ciencia han llegado a la conclusión de que la reacción tardía y débil a las ideas de Darwin en España durante el siglo XIX estuvo determinada “por la existencia de una comunidad de naturalistas, que, salvo excepciones, evidenció un irrelevante nivel científico” (Pelayo 2002). Además “estaba pendiente el tema básico de la catalogación de los seres naturales y ello era un obstáculo objetivo para permitir estudios de mayor profundidad y para el desarrollo de disciplinas científicas que en España no existían” (Fraga 2002), como por ejemplo la ecología.

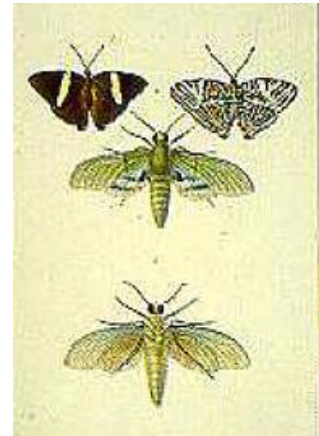
Es desconcertante la irrelevancia de la tradición naturalista española y la escasa incidencia práctica del darwinismo en la comunidad científica en el siglo XIX (Pelayo 1999) teniendo en cuenta que en Cuba se realizaban tesis doctorales a finales de siglo sobre coloración y mimetismo o coevolución entre insectos y plantas con un enfoque claramente darwinista (Pruna Goodgall 1999). El papel de la Iglesia en el siglo XIX puede haber sido fundamental para retrasar el progreso científico en España (Núñez 1977).

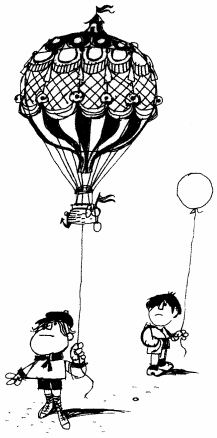
La interminable labor de catalogación de nuestra biodiversidad prosigue en nuestros días sin visos de finalizar, pero afortunadamente ya no es un obstáculo para el desarrollo de la ecología, aunque en ocasiones se escuchan argumentos similares sobre la prioridad de la catalogación sobre otros estudios naturalistas. Ahora es la crisis de extinciones la que justifica la catalogación *ad infinitum*, sin tener en cuenta que además de los nombres en un catálogo desparecen formas de vida, conductas y adaptaciones que apenas son estudiadas por los catalogadores.

Sobre la asimilación de la importancia de las teorías evolutivas para la enseñanza y la práctica de la investigación en ecología, existen evidencias de que sigue existiendo una resistencia sorda en la universidad española a la plena aceptación de dicha importancia. Existe al parecer un único departamento llamado oficialmente de Ecología Evolutiva en nuestro país, y no es de la Universidad sino de uno de los pocos centros donde a principios del siglo XX se intentaron incorporar formas de pensar evolucionistas, el Museo Nacional de Ciencias Naturales (Pelayo 2002). La revolucionaria propuesta del divulgador del evolucionismo Mariano Potó en 1918 de crear cátedras de Evolución y de reformar radicalmente la enseñanza de la Biología en España para incorporar las teorías evolutivas (Pelayo 2002) cayó en saco roto y todavía no ha sido llevada a la práctica. Además no existen en las universidades españolas departamentos de ecología y evolución como en EEUU o muchos países europeos, por que ambas disciplinas históricamente no se han mezclado en nuestro país (Casado 2000).

La ecología como disciplina académica institucionalizada empezó en España con el estudio de los lagos por Celso Arévalo y de la vegetación por Emilio Huguet del Villar durante las primeras décadas del siglo XX, y ambas líneas han seguido dominando su desarrollo durante el siglo pasado (Casado 2000). La fitosociología y la limnología han sido las disciplinas ecológicas más potentes desde la postguerra, y su dominancia ha llegado a redefinir la ecología en las designaciones de plazas de profesor, departamentos o asignaturas hasta el punto de que estudios de las adaptaciones de los animales a su medio han sido considerados como zoología o biología animal, pero no ecología, que es como serían definidos en muchos países de mayor tradición en nuestra disciplina.

Carezco de suficiente información sobre la enseñanza actual de la ecología en nuestras universidades, pero espero que haya cambiado algo desde los años en que yo estudié. En aquellos años el desprecio por las teorías evolutivas era total, y tampoco la ecología contaba entonces con





gran predicamento. La radical propuesta de Potó de hacía más de medio siglo (Pelayo 2002) no había sido obviamente tenida en cuenta y en mi facultad reinaba un ambiente pre-darwinista más de un siglo después de la publicación del “Origen de las Especies”. La mezcla de ciertas ideas basadas en los años del aislamiento y la autarquía (“los anglosajones nos ningunean”, “fuera de España no entienden a nuestros sabios heterodoxos”, ideas fielmente expresadas por el humorista Mingote, ver Valverde 2003) y el aspecto ideológicamente conflictivo del darwinismo desde el siglo XIX (Núñez 1977) han permeado hasta muy recientemente la visión del mundo académico sobre el darwinismo en España como algo ideológico y escasamente relacionado con la ciencia y la investigación biológica. La influencia religiosa durante las décadas de franquismo posiblemente haya contri-buido a atrincherar estas ideas.

Ahora parece que se ha pasado sin transición de ignorar al darwinismo “anglosajón”, liberal y ateo, a alabar a todo tipo de heterodoxias supuestamente incompatibles con el mismo (Sampedro 2002), con lo que la visión de estudiantes y del público en general puede resultar distorsionada por el actual énfasis en subvertir una teoría que en sí misma no era suficientemente importante para incluirse en los currícula universitarios.

En cualquier caso, esta visión distorsionada sobre la importancia del darwinismo, puede haber fomentado el desarrollo en nuestro país de una ecología descriptiva que pretende pasar por alto el estudio de la adaptación para centrarse en los ecosistemas (la escuela de Margalef) o el paisaje (la escuela de González-Bernáldez). Es muy difícil vislumbrar adaptaciones a niveles de análisis tan globales, y el soporte teórico suele ser termodinámico o cibernético (Margalef 1977, 1978). Sin embargo, las teorías de Margalef sobre evolución de ecosistemas y sucesión tienen necesariamente que sustentarse en interacciones entre organismos o entre organismos y componentes abióticos de los ecosistemas (utilización de recursos, ingeniería de ecosistemas) sujetas a procesos de selección (Odling-Smee *et al.* 2003), por lo que la autonomía teórica que propugnaba para dicho nivel de análisis está en entredicho. La importancia de los modelos sobre construcción de nichos por los organismos al modificar su ambiente (Odling-Smee *et al.* 2003) puede contribuir a unificar teóricamente los enfoques de la ecología de procesos y funciones en ecosistemas (Odum 1972; Margalef 1977, 1978) con la ecología de comunidades y poblaciones (Begon *et al.* 1988), con su componente claramente evolutivo.

Por otro lado, la ecología de González-Bernáldez tuvo mucha más relación con utilización humana de los recursos y con procesos económicos que con la evolución biológica. No hay ninguna vinculación efectiva entre la ecología del paisaje y la ecología evolutiva dada la disparidad de conceptos utilizados por los distintos enfoques.

El enfoque más evolutivo entre los naturalistas españoles durante la segunda mitad del pasado siglo fue sin duda el de Valverde (1967) que intentó plasmar las teorías de Elton (1966) sobre redes tróficas y estructura de comunidades en un esquema idiosincrático basado en generalizaciones no siempre acertadas y de escasa aplicación posterior (basobiontes, cenogramas, etc.). El desarrollo que realizó de conceptos como los índices de apetencia entre depredadores y presas estuvo marcado por la polémica por la utilización de conceptos similares por ecólogos evolutivos norteamericanos en la teoría sobre optimización de la obtención de alimento (MacArthur y Pianka 1966). La aparición simultánea de los mismos conceptos en varios grupos de investigación independientes y desconectados es un fenómeno general dado como avanza el conocimiento científico, por lo que la polémica adolecía de un cierto toque de victimismo. Además, ni siquiera el índice de apetencia propuesto por Valverde era el mismo utilizado en modelos de “optimal foraging” al no incluir el tiempo necesario para capturar y procesar presas.

En el instituto del CSIC creado por Valverde, surgió posteriormente una influyente escuela de ecólogos evolutivos cuya principal figura es Carlos Herrera, que estudiaban las interacciones entre plantas y animales, con un enfoque principal sobre procesos donde se pudiera detectar cooperación o mutualismo o se pudiera demostrar falta de adaptación o de coevolución. Algunos de sus miembros como el propio Herrera, gozan de renombre internacional por la calidad e impacto de sus trabajos, y su influencia se ha dejado sentir en la enseñanza de la ecología en algunas universidades. Curiosamente dado su enfoque evolucionista, su efecto aparente sobre la comunidad científica parece haber sido el de incrementar el escepticismo sobre el adaptacionismo como herramienta de trabajo y sobre la importancia de la selección natural en los procesos ecológicos.

Los ecólogos más darwinistas en España se encuentran sin duda en algunos departamentos de biología animal y en algunos centros del CSIC y están fuertemente influidos por la ecología del comportamiento, disciplina que ha experimentado un crecimiento exponencial desde las primeras publicaciones de Wilson, Trivers y Hamilton. Sospecho que la influencia de estos ecólogos sobre

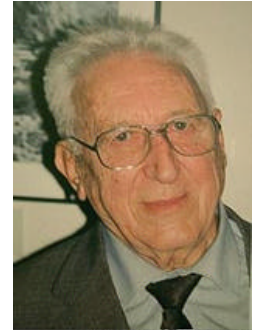
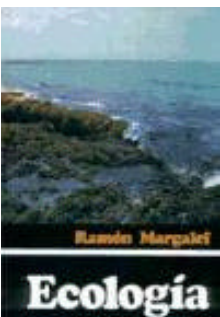


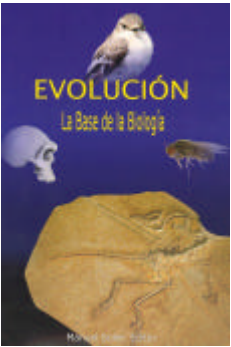
Foto: © Oriol Alamaný

J. A. Valverde





la designación de plazas, denominación de asignaturas y departamentos y traducción y publicación de textos es escasa, aunque su impacto internacional basado en sus publicaciones es creciente. Algunos libros de texto como *Etología* (1994), coordinado por Juan Carranza, o *Evolución: la Base de la Biología* (2002), coordinado por Manuel Soler, han intentado incorporar enfoques darwinistas en los currícula universitarios. La productividad de estos grupos atrae a un cierto número de estudiantes que hacen engrosar sus filas, y quizás permitirán en un futuro acercar los currícula y las asignaturas a los de los países de nuestro entorno.



En cuanto a las sociedades científicas, la única hasta la fecha que ha promocionado una visión evolutiva al menos de la ecología animal es la *Sociedad Española de Etología*, lo que confirma el aserto que es entre los estudiosos del comportamiento animal donde más ha calado la visión evolucionista de los procesos ecológicos. La evolución del comportamiento no se puede entender fuera de un contexto ecológico, lo que ha llevado a la fusión de una buena parte del estudio de la conducta con la ecología (Krebs y Davies 1993).

Creo que la SESBE puede tener un importante papel en acercar a la mayoría de los ecólogos de nuestro país a la evolución y al estudio de la adaptación, ya sea para confirmar o negar su importancia pero en cualquier caso enfocando el papel de la selección natural en un contexto ecológico. Estoy convencido que sin una aproximación entre ecología y evolución en el mundo académico español, la disonancia entre lo que aprenden nuestros biólogos y lo que se puede leer en las revistas científicas seguirá siendo notable.

Agradecimientos

A Manuel Soler por haberme invitado a participar como ponente en el primer congreso de la SESBE y a mi director de tesis Staffan Ulfstrand por haberme inculcado hace décadas el interés por los enfoques evolutivos en ecología.

REFERENCIAS

Alcock, J. 2001. *The Triumph of Sociobiology*. Oxford Univ. Press.
 Archibald, J.D. 1996. *Dinosaur Extinction and the End of an Era. What the Fossils say*. Columbia Univ. Press.
 Bateson, W. 1894. *Materials for the Study of Variation treated with Especial Regard to Discontinuity in the Origin of Species*. MacMillan.

Begon, M., Harper, J.L. y Townsend, C.R. 1988. *Ecología. Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Omega.
 Bonner, J.T. 1988. *The Evolution of Complexity by Means of Natural Selection*. Princeton Univ. Press.
 Bromham, L., Rambaut, A., Forthey, R., Cooper, A. y Penny, D. 1998. Testing the Cambrian explosion hypothesis by using a molecular dating technique. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95: 12386-12389.
 Carranza, J. 1994. *Etología. Introducción a la Ciencia del Comportamiento*. Univ. Extremadura.
 Casado, S. 2000. *Los Primeros Pasos de la Ecología en España*. MIMAM.
 Castro, L., López-Fanjul, C. y Toro, M.A. 2003. *A la Sombra de Darwin*. Siglo Veintiuno de España Ed..
 Cavalier-Smith, T. 1987. The simultaneous symbiotic origin of mitochondria, chloroplasts, and microbodies. *Ann. New York Acad. Sci.* 503: 55-71.
 Chatwin, B. 1994. *Los Trazos de la Canción*. Muchnik Ed.
 Chauvin, R. 2000. *Darwinismo. El Fin de un Mito*. Espasa Calpe.
 Darwin, C.R. 1859. *On the Origin of Species by means of Natural Selection or the Preservation of Favored Races in the Struggle for Life*. Murray, London.
 Darwin, C.R. 1868. *The Variation of Animals and Plants under Domestication*. Murray, London.
 Dawkins, R. 2003. *A Devil's Chaplain*. Phoenix.
 Dennett, D.C. 1995. *Darwin's Dangerous Idea*. Allen Lane, The Penguin Press.
 Eldredge, N. 1995. *Reinventing Darwin. The Great Evolutionary Debate*. Weidenfeld & Nicolson.
 Eldredge, N. y Gould, S.J. 1972. Punctuated equilibria: An alternative to phyletic gradualism. Pp. 82-115. *En: Schopf, T.J.M. y Thomas, J.M., (eds.). Models in Paleobiology*. Freeman,
 Elton, C. 1966. *The Pattern of Animal Communities*. Methuen.
 Forthey, R.A. y Owens, R.M. 1990. Evolutionary radiations in the Trilobita. Pp. 139-164. *En: Taylor, P.D. y Larwood, G.P. (eds.). Major Evolutionary Radiations*. Clarendon Press.
 Fraga, X.A. 2002. La recepción del Darwinismo por los naturalistas españoles del s. XIX, un análisis general. Pp. 267-284. *En: Puig-Samper, M.A., Ruíz, R. y Galera, A. (eds.). Evolucionismo y Cultura. Darwinismo en Europa e Iberoamérica*. Doce Calles.
 Goldschmidt, R. 1940. *The Material Basis of Evolution*. Yale Univ. Press.
 Goodwin, B.C. 1994. *How the Leopard Changed its Spots*. Charles Scribner's Sons.
 Gould, S.J. 1974. The origin and function of "bizarre" structures: antler size and skull size in

- the “Irish elk”, *Megaloceros giganteus*. *Evolution* 28: 191-220.
- Gould, S.J. 1979. On the importance of heterochrony for evolutionary biology. *Syst. Zool.* 28: 224-226.
- Gould, S.J. 1982. Change in developmental timing as a mechanism of macroevolution. Pp. 333-346. *En: Bonner, J.T. (ed.). Evolution and Development*. Springer.
- Gould, S.J. 1984. The cosmic dance of Siva. *Nat. Hist.* 93: 14-19.
- Gould, S.J. 1985. The paradox of the first tier: an agenda for paleobiology. *Paleobiol.* 11: 1-12.
- Gould, S.J. 1989. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. WW. Norton.
- Gould, S.J. 2004. *La Estructura de la Teoría de la Evolución*. Tusquets.
- Gould, S.J. y Lewontin, R. 1979. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigm: A critique of the adaptationist programme. *Proc. R. Soc. Lond. B* 205: 581-598.
- Gould, S.J. y Vrba, E.S. 1982. Exaptation – a missing term in the science of form. *Paleobiol.* 8: 4-15.
- Hochachka, P.W. y Somero, G.N. 2002. *Biochemical Adaptation. Mechanism and Process in Physiological Evolution*. Oxford Univ. Press.
- Huxley, T.H. 1894. *Evolution & Ethics*. MacMillan & Co.
- John, B. y Miklos, G. 1988. *The Eukaryote Genome in Development and Evolution*. Allen & Unwin.
- Joshi, A. 1997. Adaptive evolution and the footprints of history. *Current Sci* 72: 944-949.
- Kauffman, S.A. 1993. *The Origins of Order*. Oxford Univ. Press.
- Kitchell, J.A., Clark, D.L. y Gombos, A.M. 1986. Biological selectivity of extinction: a link between background and mass extinction. *Palaios* 1: 504-511.
- Krebs, J.R. y N.B. Davies. 1993. *Behavioural Ecology. An Evolutionary Approach*. Blackwell Science.
- Kropotkin, P. 1902. *Mutual Aid: A Factor of Evolution*. Heinemann.
- Kuhn, T. 1970. *The Structure of Scientific Revolutions*. Univ. Chicago Press.
- Lee, M.S.Y. y Doughty, P. 2003. The geometric meaning of macroevolution. *Trends Ecol. Evol.* 18: 263-266.
- Levins, R. y Lewontin, R. 1985. *The Dialectical Biologist*. Harvard Univ. Press.
- Levinton, J.S. 1986. Developmental constraints and evolutionary saltations: a discussion and critique. Pp. 253-288. *En: Gustafson, P., Stebbins, G.L. y Ayala, F.J. (eds.). Genetics, Development and Evolution*. Plenum Press.
- Lewontin, R.C. 1978. Adaptation. *Sci. Am.* 239: 212-230.
- Losos JB, Jackman TR, Larson A, de Queiroz, K. y Rodríguez-Schettino, L. 1998. Contingency and determinism in replicated adaptive radiations of island lizards. *Science* 279: 2115-2118.
- Lovelock, J. 1986. Gaia – The World as a living organism. *New Scientist* 112: 25-28.
- MacArthur, R.H. y Pianka, E. 1966. On optimal use of a patchy environment. *Am. Nat.* 100: 603-609.
- Margalef, R. 1977. *Ecología*. Omega.
- Margalef, R. 1978. *Perspectivas de la Teoría Ecológica*. Blume.
- Margulis, L. 1981. *Symbiosis in Cell Evolution*. W.H. Freeman.
- Margulis, L. y Sagan, D. 2003. *Captando Genomas. Una Teoría sobre el Origen de las Especies*. Kairós.
- Marx, K. 1977. *Selected Writings*. Oxford Univ. Press.
- Maynard Smith, J. 2000. *La Construcción de la Vida. Genes, Embriones y Evolución*. Crítica.
- Maynard Smith, J. y Szathmáry, E. 1995. *The Major Transitions in Evolution*. W.H. Freeman.
- Mayr, E. 1982. *The Growth of Biological Thought.: Diversity, Evolution, and Inheritance*. Harvard Univ. Press.
- Mayr, E. 1988. *Toward a New Philosophy of Biology*. Belknap Press, Harvard Univ. Press.
- Mayr, E. 1998. *Así es la Biología*. Debate.
- Mayr, E. 2002. *What Evolution is*. Phoenix.
- McKinney, M.L. 1997. Extinction vulnerability and selectivity: combining ecological and paleontological views. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 28: 495-516.
- McNamara, K.J. 1997. *Shapes of Time. The Evolution of Growth and Development*. Johns Hopkins Univ. Press.
- Morris, S.C. 1998. *The Crucible of Creation. The Burgess Shale and the Rise of Animals*. Oxford Univ. Press.
- Morris, S.C. 2003. *Life's Solution. Inevitable Humans in a Lonely Universe*. Cambridge Univ. Press.
- Nijhout, H.F. 1991. *The development and Evolution of Butterfly Wing Patterns*. Smithsonian Inst. Press.
- Núñez, D. 1977. *El Darwinismo en España*. Castalia.
- Odling-Smee, F.J., Laland, K.N. y Feldman, M.W. 2003. *Niche Construction: The Neglected Process in Evolution*. Princeton University Press.
- Odum, E.P. 1972. *Ecología*. Interamericana..
- Parker, A. 2003. *In the Blink of an Eye: the Cause of the most Dramatic Event in the History of Life*. Free Press.
- Pelayo, F. 1999. La repercusión del evolucionismo en la Sociedad Española de Historia Natural. Pp. 115-132. *En: Glick, T.F., Ruiz, R. y Puig-Samper, M.A. (eds.). El Darwinismo en España e Iberoamérica*. Doce Calles.
- Pelayo, F. 2002. Darwinismo y antidarwinismo en España (1900-1939): La extensión y crítica de

- las ideas evolucionistas. Pp. 267-284. *En: Puig-Samper, M.A., Ruíz, R. y Galera, A., (eds.). Evolucionismo y Cultura. Darwinismo en Europa e Iberoamérica.* Doce Calles,.
- Popper, K. 1968. *Logic of Scientific Discovery.* Harper & Row.
- Pruna Goodgall, P.M. 1999. El evolucionismo biológico en Cuba a fines del siglo XIX. Pp. 69-82. *En: Glick, T.F., Ruíz, R. y Puig-Samper, M.A. (eds.). El Darwinismo en España e Iberoamérica.* Doce Calles,.
- Raff, R.A. 1996. *The Shape of Life: Genes, Development and the Evolution of Animal Form.* Univ. Chicago Press.
- Raup, D.M. 1986. Biological extinction in earth history. *Science* 231: 1528-1533.
- Reeve, H.K. y Sherman, P.W. 1993. Adaptation and the goals of evolutionary research. *Q. Rev. Biol.* 68: 1-32.
- Sampedro, J. 2002. *Deconstruyendo a Darwin.* Crítica,
- Sandín, M. 2004. La réplica de un heterodoxo. *Quercus* 222: 48-49.
- Schilthuizen, M. 2001. *Frogs, Flies and Dandelions.* Oxford Univ. Press.
- Schopf, J.W. *La Cuna de la Vida. El Descubrimiento de los Primeros Fósiles de la Tierra.* Drakontos.
- Simons, A.M. 2002. The continuity of microevolution and macroevolution. *J. Evol. Biol.* 15: 688-701.
- Simpson, G.G. 1984. *Tempo and Mode in Evolution.* Columbia Univ. Press.
- Sinervo, B. y Svensson, E. 1998. Mechanistic and selective causes of life history trade-offs and plasticity. *Oikos* 83: 432-442.
- Singer, P. 2000. *Una Izquierda Darwiniana.* Crítica.
- Soler, M. 2002. *Evolución. La Base de la Biología.* Proyecto Sur.
- Spicer, R.A. 1989. Plants at the Cretaceous-Tertiary boundary. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 325: 291-305.
- Travisano, M., Mongold, J.A., Bennett, A.F. y Lenski, R.E. 1995. Experimental tests of the roles of adaptation, chance, and history in evolution. *Science* 267: 87-90.
- Vallejo, F. 1998. *La Tautología Darwinista.* Taurus.
- Valverde, J.A. 1967. *Estructura de una Comunidad de Vertebrados Terrestres.* Monografías de la Estación Biológica de Doñana.
- Valverde, J.A. 2003. *En el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).* Quercus.
- Van Ham, R.C.H.J., Moya, A. y Latorre, A. 2004. The evolution of endosymbiosis in insects. Pp. 94-105. *En: Moya, A. y Font, E. (eds.). Evolution. From Molecules to Ecosystems.* Oxford Univ. Press,
- Van Valen, L.M. 1988. Species, sets, and the derivative nature of philosophy. *Biol. Philos.* 3: 49-66.
- Vermeij, G.J. 1996. Adaptations of clades: resistance and response. Pp. 363-380. *En: Rose, M.R. y Lauder, G.V. (eds.). Adaptation.* Academic Press,
- Ward, P.D. 1997. *The Call of the Distant Mammoths.* Copernicus.
- West-Eberhard, M.J. 2003. *Developmental Plasticity and Evolution.* Oxford Univ. Press.
- Williams, G.C. 1989. A sociobiological expansion of Evolution and Ethics. Pp. 179-214. *En: Paradis, J. y Williams, G.C. (eds.). Evolution & Ethics.* Princeton Univ. Press,
- Williams, G.C. 1992. *Natural Selection: Domains, Levels, and Challenges.* Oxford Univ. Press, 208 págs.
- Wray, G.A., Levinton, J.S. y Shapiro, L.H. 1996. Molecular evidence for deep Precambrian divergences among metazoan phyla. *Science* 274: 568-573.

Información del Autor

Juan Moreno Klemming se doctoró en ecología animal por la Universidad de Uppsala (Suecia) y actualmente es profesor de investigación del CSIC en el Departamento de Ecología Evolutiva del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Desde 1980 ha estudiado diversos aspectos de la ecología evolutiva y eco-fisiología de aves en Suecia, España, Antártida y Patagonia, especialmente en relación con la reproducción. Ha publicado más de 120 trabajos científicos en revistas internacionales sobre estos temas, además de varios artículos divulgativos y capítulos de libro.

El papel de la teoría evolutiva en la antropología

Marcos Nadal, Miguel Ángel Capó y Camilo José Cela-Conde

Laboratorio de Sistemática Humana, Universidad de las Islas Baleares. E-mail: cjccla@atlas-iap.es.

INTRODUCCIÓN

Goodenough (2002) ha definido el objeto de la antropología como la exploración de dónde y cómo encaja la humanidad en el mundo natural. Esta disciplina se plantea cuestiones como la aparición de los seres humanos y la forma en la que evolucionaron, la aparición de la cultura y el lenguaje y su papel en la evolución humana, la historia cultural, lingüística y social, y, finalmente, qué tienen en común las lenguas y las culturas y qué nos dicen esas coincidencias sobre la humanidad en general. Muchos autores han cuestionado la viabilidad de una ciencia con un objeto tan complejo y amplio, y de hecho, la antropología se encuentra hoy fragmentada en cuatro áreas principales: antropología física, antropología lingüística, arqueología y prehistoria y antropología cultural. En sus reflexiones sobre la situación de la antropología física en las puertas del nuevo milenio, Matt Cartmill (2000) se lamentaba de esta división de la antropología, que ejemplifica a través de su experiencia personal en el departamento de antropología de la Universidad de Chicago. En el momento de su incorporación a dicho departamento, en 1964, éste se hallaba dividido en las mencionadas cuatro secciones. La situación no mejoró con el tiempo, formándose dos nuevos departamentos en 1987, uno de antropología cultural y otro de antropología biológica, sin relación alguna entre ellos.

Si echamos la vista a nuestro país, nos daremos cuenta de que es muy similar a la que acabamos de esbozar: las áreas de conocimiento de antropología física y antropología cultural o social pertenecen a departamentos y hasta facultades distintas. La primera forma parte del departamento de biología, mientras que la segunda se halla mucho más cerca de los departamentos de filosofía o sociología. Esta división obstaculiza enormemente el diálogo y la colaboración que permitiría una antropología integral. Al estudiar las causas de esta división, se hace patente que sus raíces se hunden hasta los inicios de la antropología y están íntimamente ligadas a la influencia de la teoría de la evolución. A continuación expondremos algo más detalladamente el panorama general, para después centrarnos en el caso de España, dado que los antropólogos españoles han bebido de los movimientos teóricos que se producían en otros países.

1. Antecedentes de la antropología

Arturo Valls (1980) ha señalado con acierto que a pesar de que la antropología no se configura como ciencia hasta mediados del siglo pasado, encontramos antecedentes históricos anteriores al siglo XIX, cada vez más numerosos a medida que pasa el tiempo, que demuestran el interés progresivo de los estudiosos, que ya por entonces provenían de campos diversos, por conocer los aspectos de los grupos humanos. Estos antecedentes incluyen los documentos de tipo artístico que representan distintos grupos étnicos enfatizando aquellos rasgos externos, como el color de la piel o la forma del cabello, que mejor identificaban a los ojos del artista a dichos grupos; las descripciones realizadas por los viajeros y geógrafos que se acumularon durante la antigüedad clásica, la consideración aristotélica del ser humano como un animal más y las diversas contribuciones realizadas durante el renacimiento. Durante el siglo XVII los antropólogos se diversifican en especialidades, concentrándose en aspectos concretos como la clasificación racial, los estudios de laboratorio o la comparación del ser humano con otros primates. Se considera que la fundación en 1859 por Paul Broca de la primera cátedra de antropología en París, es la marca del inicio de la antropología científica.

2. La influencia de la teoría de la selección natural de Darwin

El interés por las teorías evolutivas de Darwin y Wallace se hicieron sentir pronto en la antropología del siglo XIX, tanto en países europeos, como el Reino Unido, Francia y Alemania, como en los Estados Unidos. De hecho, el evolucionismo puede considerarse como la primera escuela en el campo de estudio de la antropología. La nueva teoría evolutiva fue interpretada por los antropólogos de esta escuela como una manera de eliminar el azar como fuente explicativa de los fenómenos sociales y como una oportunidad para construir teorías y leyes relacionadas con los mecanismos de la evolución (Calvo Calvo 1993). El origen específico de sus postulados básicos está en la noción de Haeckel de la recapitulación, es decir, en la idea de que los procesos ontogenéticos recapitulan los filogenéticos. Klemm publicó los primeros escritos en los que se planteaba el

estudio de las etapas de la humanidad. Esta noción estaba estrechamente ligada con las teorías etnocéntricas de la época sobre el progreso y la consideración del ser humano moderno occidental como su máximo exponente. Existía una creencia subyacente, heredada de la Ilustración, de que el cambio cultural tiene una dirección, que va desde lo sencillo y poco elaborado, cercano al estado natural, a lo avanzado, elaborado y complejo.

Como ha señalado Eugenia Ramírez Goicoechea (2005), los pueblos primitivos conocidos fueron concebidos como restos vivientes, reliquias de lo que debió ser el inicio de la humanidad en su progresivo recorrido hacia el progreso y el ser humano de la época, representado por el europeo, cuyas cualidades eran consideradas como las máximas que había producido la evolución, y hacia las que tenderían el resto de los pueblos, que acabarían atravesando por las mismas etapas. La evolución cultural de la humanidad, por lo tanto, se entendía como un progreso lineal hacia un estado civilizado. Algunos de los autores más destacados de esta corriente fueron Morgan, quien formuló una propuesta de secuencia general de periodos étnicos, desde el salvajismo hasta la civilización, pasando por la barbarie, Tylor, quien propuso una secuencia de etapas que reflejaban la evolución de los sistemas religiosos, y McLennan, quien hizo lo mismo en relación con los distintos grados evolutivos de la familia. Se consideraba que prácticamente todas las sociedades habían seguido este patrón, debido a que sus necesidades y condiciones habrían sido muy similares. Sobrepuestas a esta pauta evolutiva se podían situar las distintas culturas humanas conocidas en aquel tiempo.

Las teorías evolucionistas de Tylor y Morgan encontraron un rechazo por parte de las escuelas antropológicas posteriores y, a medida que se acumulaba un mayor número de datos precisos sobre las culturas, desde dentro de su propio campo. No se puede subestimar la importancia que tuvo este cambio de orientación en antropología, porque representa el momento en el que se escinden la orientación biológica y la orientación cultural. Calvo y Calvo (1993) ha señalado tres críticas generales: (i) el etnocentrismo, es decir, el planteamiento de que la civilización occidental era superior al resto, (ii) la especulación sin tener en cuenta datos ni hechos concretos, (iii) su esquema mecanicista y lineal.

Ya muy a principio del siglo XX los antropólogos culturales se distanciaron del marco evolucionista de estudio de las diferencias culturales y tendieron hacia un planteamiento histórico, desde el que se criticaría su excesivo esquematismo y simplicidad, su uniformismo intra e intercultural. Para la escuela histórica, el motor del cambio cultural no es

tanto una tendencia inherente en todas las sociedades hacia el progreso, sino los contactos e intercambios que se producen entre unas y otras. Se enfatizó la difusión y se explicó el cambio en las culturas humanas mediante el estudio de la manera en la que los nuevos desarrollos culturales se difundían desde los centros de innovación hacia áreas distantes. Ésta se convirtió en la perspectiva dominante en la etnología alemana, americana y británica. A pesar de las críticas que sobre la perspectiva evolucionista vertieron los autores historicistas, compartían su interés por explicar las diferencias culturales en términos de progreso desde formas de vida primitivas hacia formas más civilizadas. Por otra parte:

“ni el particularismo relativista americano de Boas y su escuela, ni la reorientación moderna de la Antropología como disciplina etnográfica basada en el trabajo de campo tuvieron ningún interés en la evolución, por lo que pudiera significar de biológico y orgánico. Para eso ya estaban la arqueología, la paleoantropología y la antropología biológica” (Ramírez Goicoechea 2005).

Para los antropólogos sociales, la cultura y los aspectos sociales comenzaba con las sociedades cazadoras y recolectoras, una vez ya evolucionados los homínidos al ser humano moderno. Si hay alguna consideración sobre el cambio y la historia será principalmente a partir de las transformaciones sufridas por estas sociedades de bandas y aldeas hacia formas más complejas de estructuras sociales.

Hacia los años 30, y a medida que crecía el número de sociedades estudiadas y aparecieron nuevas perspectivas sobre las diferencias culturales, el énfasis se trasladó desde las cuestiones históricas al examen detallado del funcionamiento interno de las sociedades que se estaban estudiando. La antropología funcionalista británica fue siempre sincrónica. Para Malinowski, la organización de las sociedades humanas se fundamenta en la satisfacción de las necesidades básicas pero su interés no fue nunca histórico. Desde estas perspectivas el ser humano en sus dimensiones biológicas es algo dado, y será lo social lo que ha de investigarse. La investigación de la organización sistémica y de la integración estructural de prácticas y costumbres, llevó a los antropólogos a continuar cuestionando muchos de los supuestos de las escuelas evolucionista e historicista.

Como reacción al particularismo histórico de Boas, Leslie White y Julian Steward retomaron el interés por el cambio a partir de lo que se conoce como escuela de Ecología conductual. White enfatizó la importancia del consumo energético y los sistemas tecnológicos en la determinación de los sistemas sociales. Steward concibió una evolución multilineal, en la que más que universales, se pueden encontrar

ciertos paralelismos, correlaciones entre fenómenos aunque en contextos independientes, enfatizando la adaptación cultural, es decir, la posibilidad de múltiples soluciones a la explotación y aprovechamiento del medio en el que vive una determinada sociedad. Se prefiere conocer las dinámicas evolutivas internas de cada sociedad en particular, en determinados contextos ecológicos. Estos impulsaron un círculo de antropólogos interesados por la evaluación de sistemas productivos y la posibilidad de extraer leyes a partir de su estudio.

3. Influencia de la síntesis evolutiva

En líneas generales, la antropología en su vertiente cultural se había apartado definitivamente de las consideraciones evolucionistas de forma definitiva. La única influencia posterior que pudieron tener los aspectos evolutivos fueron para exagerar más todavía el distanciamiento de los antropólogos de la aplicación de la síntesis evolutiva al comportamiento humano: la sociobiología, teorías del gen egoísta, memética, teoría de coevolución gen-cultura. Con pocas excepciones, la antropología cultural social y cultural se defendió como pudo de esta intromisión en su campo de saber. Todavía hoy es una asignatura pendiente para la antropología social contemplar la dimensión evolutiva como un medio en el que se construye lo sociocultural, asustada todavía por lo que desde su perspectiva han sido los excesos del evolucionismo, del neodarwinismo y de la sociobiología (Ramírez Goicoechea 2005).

En cuanto a la antropología biológica, Ian Tattersall (2000) ha hecho algunos comentarios interesantes. La síntesis evolutiva penetró rápidamente en el campo de la paleo-antropología, al menos en los países angló-fonos. Pero lo hizo en su forma más fundamentalista, en parte a través de los esfuerzos de los propios Dobzhansky y Mayr durante los años 40 y 50, que rechazaron la noción de una evolución humana como un árbol filogenético con muchas ramas, todas de las cuales excepto una se habrían extinguido. Todo lo contrario, argumentaron en favor de la idea de que en cada momento de la evolución humana habría existido nada más que una única especie. Así, todos los fósiles asignados en aquella época al linaje humano podrían ser acomodados fácilmente dentro de único proceso anagenético que llevaba desde los australopitecinos, a través de *Homo erectus* hasta *Homo sapiens*.

Estas opiniones propiciaron muchas propuestas durante los años 60 y 70 de agrupación de todo el registro fósil humano en un único modelo lineal. Después de los hallazgos del lago Turkana durante la década de los 80 se hizo absolutamente imposible mantener bajo cualquier constructo teórico que sólo había

existido un tipo de homínido en cada momento de nuestra evolución. Sin embargo, la teoría de una única especie fue reconvertida en el modelo de continuidad multiregional que siguen sosteniendo hoy en día. Por lo tanto, el legado de la síntesis evolucionista en paleoantropología es mixta. Por un lado, se le debe el primer paradigma evolutivo coherente en la ciencia de la evolución humana, pero por otro, propició una perspectiva lineal que ha favorecido la búsqueda de antepasados y descendientes, restando importancia a la caracterización de la diversidad de los homínidos fósiles y al desenmarañamiento de las relaciones evolutivas que existen entre los componentes de esta diversidad (Tattersall 2000).

4. La antropología en España

En España, el interés antropológico general puede rastrearse hasta la exploración del continente americano y la descripción de sus gentes y sus costumbres. Sin embargo, como señala Lisón (1977), la palabra antropología, en su significado actual, comienza a utilizarse en nuestro país a partir de 1833 cuando Vicente Adam publica en Madrid sus "*Lecciones de Antropología Ético-Política-Religiosa*". El que los estudios antropológicos en España sean iniciados por médicos, apunta Lisón (1977), y dentro del marco de las ciencias naturales, hará que posteriormente sean bien recibidas dentro de este pequeño círculo las teorías positiva y evolucionista llegadas del extranjero. Otro médico con amplia visión, Fabra Soldevila, fue de los primeros en darse cuenta de la importancia de la necesidad del conocimiento antropológico, es decir, completo del ser humano para remediar sus dolencias. En su planteamiento insiste en la necesidad de estudiar lo cultural y social para lograr un entendimiento adecuado del organismo humano.

Otro cultivador solitario de la antropología fue el doctor Varela de Montes, quien subrayó la importancia de los factores sociales y culturales como agentes modificadores de las necesidades, instintos y naturaleza humana en general. Pero quizás la figura más importante de esta primera antropología española fue el doctor González Velasco, creador del actual Museo Etnológico y fundador de la Sociedad Antropológica Española, en 1865. El primer artículo de los estatutos de la sociedad indicaba que su objeto era la historia natural del hombre y las ciencias que con ella se relacionan. Los miembros de la sociedad eran médicos, naturalistas, filósofos y filólogos, de aquí los diferentes puntos de vista de la disciplina en épocas posteriores. Su actividad hasta 1874 fue escasa, año en el que se tienden los puentes hacia las sociedades antropológicas europeas y se nombra como socio honorario a Haeckel

(Verde Casanova 1980). La vida de la sociedad no fue nada fácil, pues la introducción y divulgación de los planteamientos evolucionistas en España adquirió un sentido político y antirreligioso que provocó una fuerte reacción por parte del ala conservadora y católica. Incluso la Universidad española del siglo XIX, caracterizada por el estancamiento de ideas y acciones, rechazó por lo general la teoría de Darwin.

En esa época temprana se entendía ya que la antropología general, o el estudio del hombre en sociedad, se divide en antropología zoológica y en antropología descriptiva o etnología, división que sería secundada a finales del siglo XIX por de Hoyos Sáinz y de Aranzadi. Con la muerte del fundador de la sociedad y el creador del museo, y la pérdida de su sede, la actividad de la sociedad decayó. Sus miembros siguieron trabajando, pero siempre de forma aislada e individual, enfatizando los aspectos que les resultaban más próximos. Algunos de los resultados de su actividad fueron la creación en 1876 de la Sociedad Antropológica Sevillana y la aprobación en 1892 de la primera cátedra de antropología, incluida en la facultad de medicina (Lisón 1975).

Con la excepción del mayor rechazo general a las nociones evolucionistas, la antropología española se desarrolló siguiendo de los esquemas tradicionales de la Europa continental que ya hemos apuntado antes, cosa que no favoreció en absoluto la idea de una antropología general ni la posibilidad de reunir bajo el término antropólogos a profesionales que tenían intereses y objetivos comunes a pesar de sus especializaciones a nivel de métodos, técnicas y áreas. Un hecho que ilustra esto es que en la primera reunión de antropólogos españoles, celebrada en Sevilla en 1972 no hubo ninguna ponencia referida a la antropología biológica. Alfredo Jiménez (1975) alude, hace ya más de tres décadas, a una “tradicional falta de comunicación entre los antropólogos físicos y culturales”. La situación, sin embargo, comenzó a mejorar a partir de entonces, como manifiesta la presencia de 20 comunicaciones en la sesión de antropología biológica del I Congreso Español de Antropología, a pesar de que constituyen una pequeña minoría del total de comunicaciones presentadas en tal evento.

No nos cabe ninguna duda de que el futuro progreso en el campo de la antropología, tanto en España como en el resto del mundo, pasará necesariamente por la reconstrucción de una antropología integral. Esto supondrá que los investigadores de ambos campos deberán plantearse las implicaciones que para sus investigaciones tienen los conocimientos generados desde la otra. Qué duda cabe que la antropología social o cultural se beneficiaría enormemente si estuviera más próxima a los

hallazgos de la antropología física y de la paleoantropología. Y al mismo tiempo, y recogiendo de nuevo las palabras de Eugenia Ramírez Goicoechea (2005), queremos terminar diciendo que también:

“la antropología [cultural] puede ofrecer su experiencia y conocimiento de años para comprender mejor el papel intrínseco de lo cultural en la evolución humana. Aunque la antropología social y cultural ejerza su práctica por medio del trabajo de campo en comunidades vivas aunque con historia, sus análisis, su perspectiva y el tipo de datos y teorías que produce pueden colaborar de forma importante en la comprensión de los complejos procesos evolutivos que han dado lugar a nuestra propia especie”.

REFERENCIAS

- Calvo Calvo, L. 1993. Evolucionismo. Pp. 314-321. *En: Aguirre Baztán, A. (ed.): Diccionario Temático de Antropología.* Boixareu Universitaria, Barcelona.
- Cartmill, M. 2000. A view on the science: Physical anthropology at the millenium. *Am. J. Phys. Anthropol.* 113: 145-149.
- Goodenough, W.H. 2002. Anthropology in the 20th century and beyond. *Am. Anthropol.* 104: 423-440.
- Jiménez, A. 1975. Introducción. Pp. 149-162. *En: Actas de la Primera Reunión de Antropólogos Españoles.* Publ. Univ. Sevilla.
- Lisón Tolosana, C. 1975. Panorama programático de la antropología social en España. Pp. 149-162. *En: Actas de la Primera Reunión de Antropólogos Españoles.* Publ. Univ. Sevilla.
- Lisón Tolosana, C. 1977. *Antropología Social en España.* Akal, Madrid.
- Ramírez Goicoechea, E. 2005. *Evolución, Cultura y Complejidad.* Ed. Universitaria Ramón Areces, Madrid.
- Tattersall, I. 2000. Paleoanthropology: The last half-century. *Evol. Anthropol.* 9: 2-16.
- Valls, A. 1980. La antropología en el contexto histórico de las ciencias biológicas. Pp. 3-16. *En: Actas del I Congreso Español de Antropología, Vol. II.* Univ. Barcelona.
- Verde Casanova A. M. 1980. La primera sociedad antropológica de España. Pp. 3-16. *En: Actas del I Congreso Español de Antropología, Vol. II.* Univ. Barcelona.

Algunos conceptos básicos en el pasado y presente de la paleontología evolutiva española

José Luis Sanz

Unidad de Paleontología, Dpto. Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma. Cantoblanco. 28049 Madrid. E-mail: dinopepelu@gmail.com

INTRODUCCIÓN

Los comienzos de la tradición darwinista (y neodarwinista) en la paleontología evolutiva en España tienen una historia determinada por dos factores principales. Primero, la resistencia de la conservadora cultura española de la segunda mitad del siglo XIX a la llegada de las ideas que Darwin había formulado a partir de 1859. Segundo, el estancamiento científico que supuso el régimen nacional católico del general Franco a partir de 1939. Este artículo intentará plantear un somero repaso a la situación actual de la paleontología evolutiva española. Para ello, se contextualizará la evaluación en dos ámbitos. Primero, en una breve exposición de algunos de los conceptos e ideas básicos de la actual biología evolutiva, pertinentes dentro del ámbito paleontológico. Después, planteando unos antecedentes históricos que sirvan de referencia temporal e ideológica a la situación de nuestros días.

La paleontología evolutiva. contexto conceptual básico

Parece que la paleontología evolutiva ha tenido escasa fortuna a la hora de formular una definición adecuada de sus objetivos y ámbito de investigación. En muchos casos los autores hacen referencia a determinados lugares comunes, como son: examinar los orígenes y destino de los grandes linajes de organismos vivos, tendencias evolutivas y grandes cambios anatómicos a través del tiempo y del espacio. Otros intentos, más rigurosos, suponen no obstante restricciones importantes para el ámbito de actuación de la paleontología evolutiva. Por ejemplo, la definición de López-Martínez y Truyols (1994):

“...de la filogenia y las relaciones de parentesco de los seres del pasado entre sí y con los actuales”.

Es evidente que la paleontología evolutiva puede ser considerada mucho más allá que la mera investigación de las relaciones filogenéticas entre organismos. Una manera más completa de formularla sería: el estudio de los modelos y procesos evolutivos en la evidencia proporcionada por el registro fósil. Entendemos por modelos a los patrones que describen el orden de la naturaleza y procesos a los mecanismos propuestos para explicar los modelos (Grande y Rieppel 1994).

La paleontología evolutiva constituye fundamentalmente una parte de la compleja trama conceptual y metodológica que se conoce con el nombre de macroevolución. Este concepto complementa el de microevolución, considerada como el conjunto de modelos y procesos que operan a nivel específico o subespecífico. Se denomina macroevolución al conjunto de modelos y procesos relacionados con la aparición, radiación y extinción de especies y taxones supraespecíficos en el tiempo. Ambos conceptos tienen en la actualidad un amplio consenso basado en el límite “por encima y por debajo” de la formación de especies (Minkoff 1983; Strickberger 1990; Braga y Rivas 2002; Futuyma 2005).

En definitiva, el conjunto de la biología evolutiva se integra a partir de la suma de la micro- y la macroevolución. Es evidente que las disciplinas más involucradas en macroevolución son la sistemática, paleontología y ecología (Futuyma 1998; Soler 2002). La sistemática genera hipótesis de relaciones de parentesco entre taxones específicos y supraespecíficos que constituyen la base ineludible del estudio macroevolutivo. En los años recientes se ha visto potenciada la relación entre la paleontología y la ecología (ecología evolutiva y macroecología). Por supuesto, la tradición adaptacionista /funcionalista (ambientalista) siempre ha sido decisiva en la paleontología evolutiva darwinista. Su articulación conceptual y metodológica en incremento con la ecología está produciendo sinergias de gran interés. Por ejemplo, la contrastación de hipótesis de “arms race” (carrera de armamento) o “bulldozing” (organismo endobentónicos) en comunidades macrobentónicas a lo largo del Jurásico (Aberhan *et al.* 2005). O bien la generación de un morfoespacio basado en la ecomorfología de las aletas de los plesiosaurios por comparación con las propiedades de los diferentes tipos de alargamiento (relación envergadura/cuerda) alar en aves actuales (O’Keefe 2001). Como indicio de esta sinergia reciente paleontología/ecología podemos referirnos a la inusual inclusión de paleontólogos en el consejo editorial de una revista de ecología evolutiva en 2002 (*Evolutionary Ecology Research*).

Direction of change	Mode of change	Tempo of change	Code	Name and school	Frequency
steady state (S)	environmentalist (E)	punctuational (P)	SEP	D'Arcy Thompson	rare
		gradualist (G)	SEG	early Lyell, part of Darwin, "strict uniformitarianism"	fairly common
	internalist (I)	punctuational (P)	SIP	late Agassiz	very rare
		gradualist (G)	SIG	Lamarck	very rare
directional (D)	environmentalist (E)	punctuational (P)	DEP	Buckland "catastrophism"	common
		gradualist (G)	DEG	late Lyell, part of Darwin	common
	internalist (I)	punctuational (P)	DIP	early Agassiz, Oken, most of "Naturphilosophie"	moderately common
		gradualist (G)	DIG	Osborn "orthogenesis"	common

Fig. 1.- Clasificación de las diferentes escuelas de pensamiento macroevolutivo (según Gould 1977).

Resumiendo, es muy evidente la importancia del factor ambiental (ambientalistas) en la teoría macroevolutiva. En 1977 Gould sugirió una estructuración de los estudios macroevolutivos basada en tres factores explicativos: dirección, motor, y ritmo (Fig. 1). El modo (o motor) se refiere al agente principal que dirige el cambio evolutivo. Las posturas ambientalistas creen, obviamente, que el entorno de los organismos (tanto abiótico como biótico) es único o preeminente sobre otros posibles factores. Naturalmente esta es la posición del neo-darwinismo sintético cuya opinión podemos ver en estas líneas de Dobzhansky en 1951:

"The enormous diversity of organisms may be envisaged as correlated with the immense variety of environments and of ecological niches which exist on Herat. But the variety of ecological niches is not only immense, it is also discontinuous...The adaptive peaks and valleys are not interspersed at random. "Adjacent" adaptive peaks are arranged in groups, which may be likened to mountain ranges in shallow notches. Thus, the ecological niche occupied by the species "lion" is relatively much closer to those occupied by tiger, puma and leopard than to those occupied by wolf, coyote and jackal. The feline adaptive peaks from a group different from the group of canine "peaks"...The hierarchic nature of the biological classification reflects the ascertainable discontinuity of adaptive niches, in other words, the discontinuity of ways and means by which organisms that inhabit the world derive their livelihood from the environment".

Frente a estas posiciones radicalmente ambientalistas, existe en biología una tradición que insiste en la importancia de los aspectos referentes a la naturaleza intrínseca de los organismos vivos. Esta tradición internalista puede rastrearse en conceptos como zootipo o arquetipo que arrancan desde el siglo XIX con personalidades tan notables como Ettiene Geoffroy Saint Hilaire (1772-1844) o Richard

Owen (1804-1892). En tiempos más recientes es necesario destacar la figura de D'Arcy Wentworth Thompson (1860-1948) quien sugirió que la forma de los organismos se autoorganiza según las leyes de fuerzas físicas básicas. Una de las propuestas internalistas más influyente de los últimos años fue desarrollada por Pere Alberch (1954-1998), en el marco de las restricciones de desarrollo. La propuesta neodarwinista sostiene que todas las formas son posibles en la naturaleza, que es básicamente continua. Su ausencia se explica por razones de contingencia histórica, se extinguieron o bien el sistema todavía no ha explorado esa región determinada del morfoespacio fenotípico. Alberch (1989) señala que este morfoespacio es, sin embargo, de naturaleza discontinua (Fig. 2) y no está únicamente determinado por la selección natural.

"Perturbations resulting from genetic mutation or environmental impact are "filtered" through the dynamics of a pattern-generating system. The internal structure of the developmental system defines a finite and discrete set of possible outcomes (phenotypes) even if the sources of perturbation are random" (Alberch 1989).

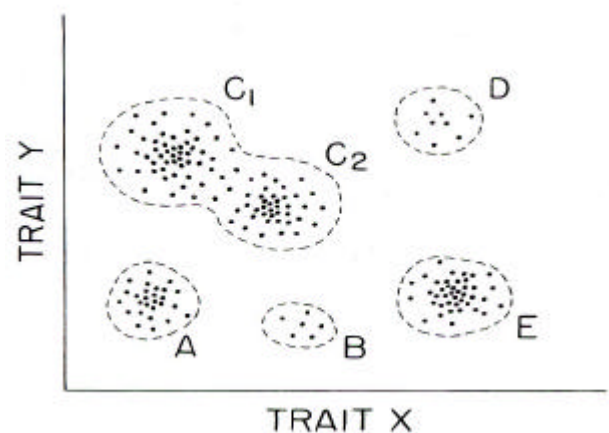


Fig. 2.- Morfoespacio teórico basado en dos caracteres. Cada punto representa un individuo, que se distribuyen de forma discontinua. A y E pueden ser especies, C1 y C2 una especie polimórfica, B y D clases de teratologías (según Alberch 1989).

De modo que no todas las soluciones son posibles. En un ejemplo ya clásico Alberch se pregunta cómo es posible que la estructura esquelética apendicular en tetrápodos se haya conservado de manera tan constante después de millones de años de evolución divergente. Es decir, las unidades estructurales básicas (estilópodo, zeugópodo, autópedo) pueden seguirse desde un tetrápodo basal del Devónico Superior a un murciélago, pasando por un tiranosaurio o un cetáceo. La respuesta neo-darwinista a esta cuestión refiere un factor histórico (todos derivan de un ancestro común) y otro adaptativo (la estructura es tan versátil que no “ha sido necesario cambiarla”, sirve para caminar, braquiar, nadar o volar). Por supuesto Alberch (1989) argumenta restricciones del desarrollo como principal proceso explicativo de esta constancia estructural de más de 300 millones de años de antigüedad.

Esta es la trama conceptual en donde surge una de las propuestas más clarificadoras de los últimos años que afectan a la paleontología evolutiva y, en general, a la comprensión de los fenómenos macroevolutivos. Este planteamiento fue desarrollado por el paleontólogo alemán Adolf Seilacher, con el nombre de “*Konstruktionsmorphologie*” (morfología construccional) en 1970. La propuesta reúne a los tres factores principales que explican la forma de los organismos: el histórico (filogenético), funcional (adaptación) y fabricacional (morfogénesis) (Seilacher 1970, 1991). Es evidente que los dos primeros factores pertenecen claramente al dominio clásico del neodarwinismo sintético y el

tercero (fabricacional) al ámbito de lo que se suele denominar, como hemos visto, aproximación internalista. La morfología construccional ha sido objeto de controversia especialmente durante finales de los años 1970 y comienzos de los 80. Algunos biólogos evolucionistas (como tantas veces) proclamaron que suponía el fin del neodarwinismo. No parece que sea así (Reif *et al.* 1985) sino que lo completa mediante la adición un factor olvidado durante décadas por la teoría evolutiva oficialista.

Desde su nacimiento, el icono de la morfología construccional ha sido un triángulo con sus vértices ocupados por cada uno de sus factores (Fig. 3). La posición de un determinado rasgo fenotípico sobre la superficie del triángulo está condicionada por la contribución de cada factor para explicar la variación de dicho rasgo (Cubo 2004). El vértice fabricacional es denominado estructural por Gould (2004) quien propone para este ámbito dos categorías. Por un lado, aquellas que hacen referencia a la tradición de D’Arcy W. Thompson, procesos de origen físico durante el desarrollo y su expresión morfológica. Por otro, el denominado “*spandrelism*”, es decir, consecuencias necesarias de procesos o desarrollos previos. Gould (2004) cita como ejemplo la aparición de determinadas conchas umbilicadas en gasterópodos, una consecuencia del sistema de crecimiento que implica la aparición de columelas huecas. Esta región aparece como una consecuencia del desarrollo de la concha y puede ser utilizada posteriormente, en casos determinados, como cámara de protección de la puesta (cooptación).

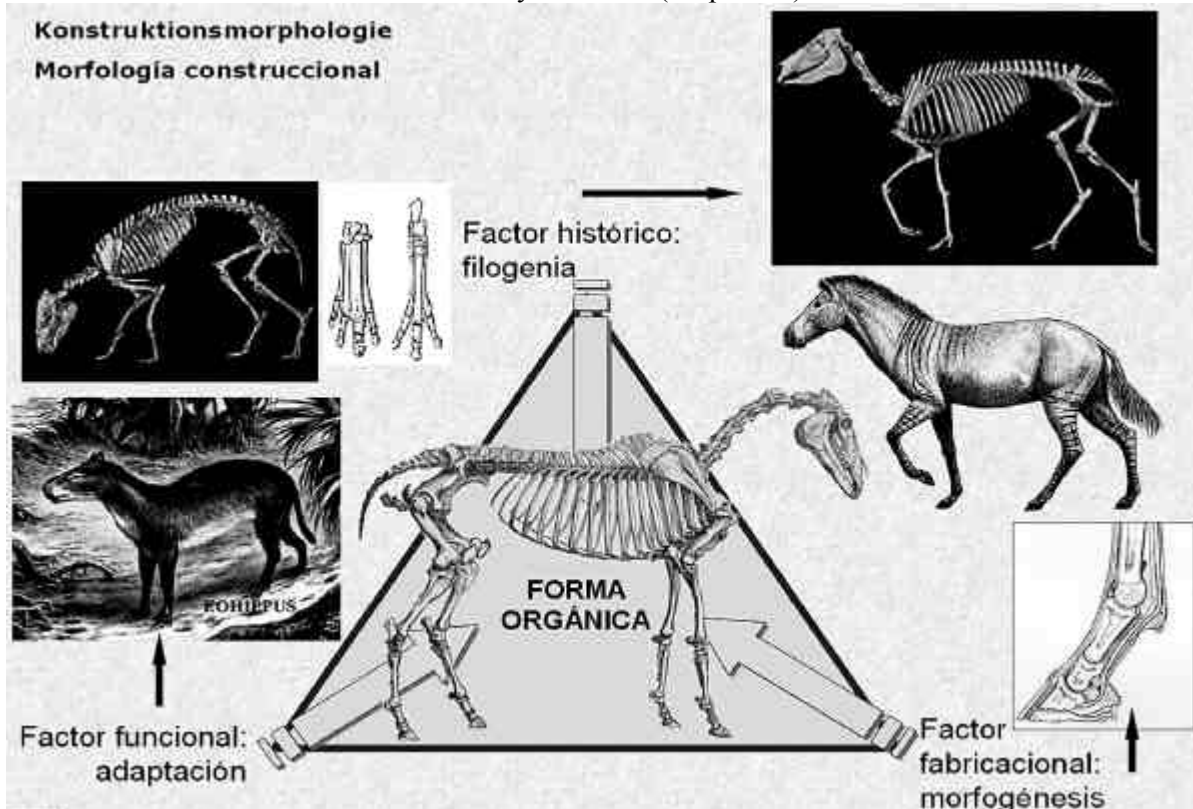


Fig.3.- Aplicación de la morfología construccional a la historia evolutiva de los équidos. El caballo actual procede de un antecesor con un solo dedo funcional (*factor histórico*). La adquisición de esta estructura se supone procede de un cambio adaptativo de hábitat, desde el bosque a la sabana (*factor funcional*). Toda la estructura apendicular tiene que reforzarse al aumentar de tamaño el linaje, generando un autópedo relativamente más robusto (*factor fabricacional*).

Volvamos ahora a la propuesta taxonómica de los estudios macroevolutivos sugerida por Gould en 1977 (Fig. 1). El factor tiempo hace referencia al ritmo del cambio. Dos respuestas son posibles. La posición gradualista (darwinismo y neodarwinismo) supone, como hemos visto, que entre antecesor y descendiente aparecen las más “delicadas” formas intermedias. Pero el propio Darwin advierte de su inexistencia tanto en la actualidad como en el registro fósil. Las actuales pueden haber desaparecido. Su rareza en el registro fósil se debe, según el darwinismo, a la imperfección de este complejo fichero histórico de documentos. La escuela neodarwinista sintética interpretó las discontinuidades de la distribución de los fósiles en el tiempo como un efecto de la ausencia de registro. La propuesta alternativa, denominada puntuacionista, interpreta en gran parte este fenómeno a partir del proceso de especiación, de naturaleza episódica. Esta hipótesis (denominada del equilibrio intermitente, “*punctuated equilibrium*”) fue formulada por Eldredge y Gould en 1972 (véase también Gould y Eldredge 1977).

Las observaciones que la paleontología había realizado por décadas parecían no ajustarse a las predicciones gradualistas del darwinismo. Sampedro (2002) reprocha a los paleontólogos que durante 100 años ignorasen su propia experiencia manteniendo una contradictoria propuesta anagenética para el ritmo del cambio evolutivo (Fig. 4). Mi impresión es que la paleontología oficialista neodarwinista enfrentaba el registro fósil con una cierta ambigüedad. Por una parte, la tradición darwinista (tanto del propio Darwin como de Lyell) estaba fuertemente arraigada, manteniendo la idea de las imperfecciones del registro. Por otro lado, los paleontólogos neodarwinistas sintéticos intentaron reafirmar la importancia de la paleontología dentro del contexto general de la biología evolutiva de varias formas. Una de ellas fue reivindicar la relevancia documental del registro fósil. Una frase de George Gaylord Simpson subraya esta idea: “trust the fossil record”.

La propuesta de Gould y Eldredge desató una gran controversia por parte del neodarwinismo sintético. En realidad, el equilibrio intermitente está esencialmente basado en la especiación alopátrica propuesta por Sewall Wright (1889-1988) posteriormente desarrollada por el zoólogo sinteticista Ernst Mayr (1904-2005). La propuesta formula dos etapas principales para la historia de las poblaciones que componen una especie. Durante la mayor parte de su existencia dichas poblaciones se mantienen con cambios menores en variabilidad (estasis). En un momento determinado una pequeña subpoblación puede generar de un modo relativamente rápido una nueva especie (se debe entender como “rápido” en relación a la escala de tiempo geológico, quizás

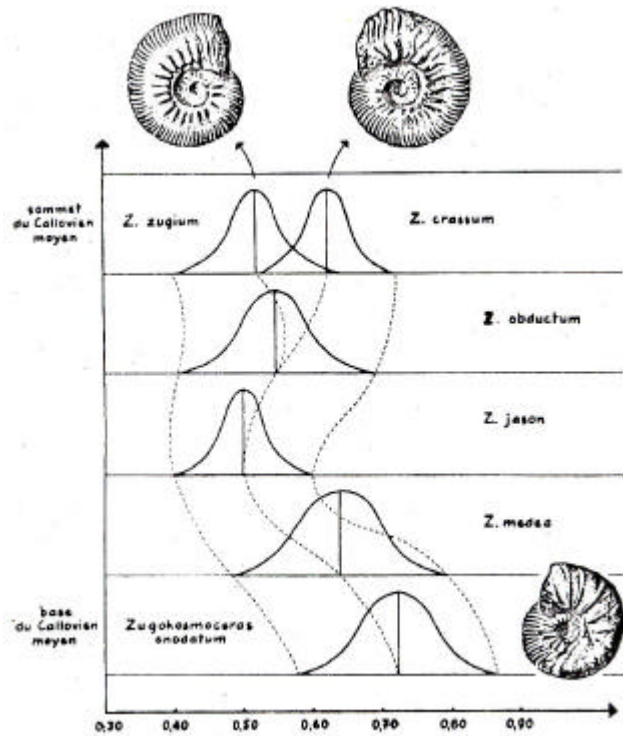


Fig.4.- Variación anagenética en poblaciones sucesivas del género *Kosmoceras* (*Zugokosmoceras*) (Cephalopoda, Ammonitina) durante el Cállovioense (Jurásico). Al final del registro se observa un proceso cladogenético (según Tintant 1963 fide Mahé y Devillers 1981).

unos 10.000-20.000 años, suficientes para que actúe la selección natural). Este fenómeno episódico sería de difícil observación en el registro fósil. No obstante, se han verificado multitud de modelos de estasis en diversos grupos animales durante los últimos cientos de millones de años: entre otros, diversos linajes de microorganismos, de moluscos y de mamíferos (Gould and Eldredge, 1993; Futuyma, 2005).

Regresemos por última vez a la propuesta de Gould (1977, Fig. 1). El factor direccional hace referencia a la posibilidad de que el proceso evolutivo tenga alguna dirección (¿progresa la vida?, ¿es cada vez más compleja?, ¿se ha incrementado la disparidad o la diversidad de modo incesante desde la aparición de los primeros organismos hace casi 4.000 millones de años?). Frente a esta problemática las respuestas de los macroevolucionistas han sido opuestas: los direccionalistas creen que existen tendencias evolutivas claras, con un estadio primitivo y uno o varios derivados que configuran un vector generado por un proceso activo, no al azar. Los estatistas creen que las tendencias evolutivas son pasivas y al azar, desde un mínimo inicial en tamaño, forma, complejidad o diversidad a través de un incremento general de la varianza (Carroll, 2001a). Un punto de intenso debate en la biología evolutiva actual es si estas tendencias evolutivas pueden ser explicadas desde la microevolución. Planteado en términos más generales: ¿los modelos y procesos macroevolutivos se pueden

explicar exclusivamente desde el contexto microevolutivo? ¿Puede la microevolución explicar todas las peculiaridades del devenir de la historia de la vida sobre la Tierra? Carroll (2001b) comienza un jugoso artículo con dos “golpes bajos”. Primero una definición de Futuyma (1998) sobre el concepto de macroevolución:

“...a vague term for the evolution of great phenotypic changes...” (subrayado mío).

No obstante Futuyma escribe en 2005:

“...other processes operating within species (which Dobzhansky termed microevolution) account for the origin of new species and for the major, long-term features of evolution (termed macroevolution)”.

Luego, el artículo de Carroll singulariza una frase del texto, bien visible dentro de un *box* aislado de color verde:

“Many geneticists assert that macroevolution is the product of microevolution writ large, but some palaeontologists believe that processes operating at higher levels also shape evolutionary trends.” (Carroll 2001b).

Parecería como si una abrumadora parte de los especialistas en genética estuvieran por la explicación microevolutiva (lo que puede ser correcto, aunque véase más adelante la propuesta de Fontdevila y Moya 2003) y tan solo algunos paleontólogos sustentaran la postura contraria (lo que está por demostrar y, en cualquier caso, es uno de los objetivos de la encuesta realizada dentro del ámbito de la paleontología española). Parece claro que, en términos generales, la postura paleontológica es que no todo se puede explicar desde el ámbito microevolutivo. Autores como Erwin (2000) enfatizan las discontinuidades entre micro-macroevolución en aspectos como la selección de clados o la aparición de las novedades evolutivas. El dominio de los fenómenos de extinción en masa impone claramente restricciones globales singulares a los procesos microevolutivos.

“The major mass extinctions are a different story. These rare events (five over the past half-billion years, each estimated to have removed more than 60% of marine species) bring not only surges in extinction intensity, but often shifts in selectivity as well. Factors that are apparently significant for 'normal' extinctions (such as local abundance, reproductive mode, body size, feeding strategy, geographic range at the species level and species richness) had little effect on the survival of clades during the mass extinction at the end of the Cretaceous period of 65 million years ago, and were unimportant in one or more of the other mass extinctions as well”. (Jablonski 2004).

Las extinciones en masa constituyen auténticas revoluciones ecológicas que afectan de forma

determinante la configuración de la historia de la vida.

“Theoretical considerations and simulations have suggested that the empty niches created by a mass extinction should refill rapidly after extinction ameliorates. Under logistic models, this biotic rebound should be exponential, slowing as the environmental carrying capacity is approached. Empirical studies reveal a more complex dynamic, including positive feedback and an exponential growth phase during recoveries. Far from a model of refilling ecospace, mass extinctions appear to cause a collapse of ecospace, which must be rebuilt during recovery” (Erwin 2001).

“..los cambios en el medio físico han controlado más la historia de la vida que las relaciones bióticas. Las alteraciones medio-ambientales que desencadenan las extinciones en masa cambian radicalmente el devenir de los procesos evolutivos. La selección natural y el resto de los mecanismos microevolutivos empiezan a adquirir importancia con el tiempo, cuando la “normalidad” vuelve a los ecosistemas.” (Braga y Rivas 2002).

Parece que las posiciones entre macro- y microevolucionistas pueden tener algunos puntos de aproximación en los últimos años. Veamos un par de ejemplos. En 1998 el paleontólogo norteamericano J. Alroy publicó sus resultados sobre la contrastación de la regla de Cope en el rico registro cenozoico de mamíferos norteamericanos. Calculando la masa de las especies mediante el tamaño de los molares, llegó a la conclusión que “...new species are on average 9.1% larger than older species in the same genera”. De manera que, al menos en este caso, el registro fósil es congruente con la debatida regla de Cope. Muchos paleontólogos han interpretado esta tendencia evolutiva dentro de un modelo de selección de especies. Sin embargo, Kingsolver y Pfennig (2004) han verificado en poblaciones actuales presiones de selección natural y sexual que pueden explicar el incremento de tamaño en la historia evolutiva de los linajes de organismos vivos:

“The selective advantage of increased size occurs for traits implicated in both natural selection (e.g., differences in survival) and sexual selection (e.g., differences in mating success). The predominance of positive directional selection on size within populations could translate into a macroevolutionary trend toward increased size and thereby explain Cope's rule.”

Por otro lado, la aparición de los planes corporales en los metazoos (durante el Neoproterozoico superior-Cámbrico) es una evidencia comúnmente aportada por los macroevolucionistas para cuestionar el supuesto

continuo micro-macroevolución. Las famosas macromutaciones de Goldschmidt han sido tradicionalmente desacreditadas por la genética. Sin embargo, algunos genetistas admiten su posible implicación en la generación de los *baupläne* de los animales:

“Actualmente parece descartado que se precisen las macromutaciones para explicar el origen de nuevas especies, pero su papel en el origen de los planes corporales no está totalmente descartado (...). De hecho, muchos neodarwinistas aceptan que mutaciones de gran efecto pueden ser valiosas para la evolución, aunque resultan muy infrecuentes y, como hemos indicado ya, no sean necesarias para explicar los procesos de especiación en la mayoría de los casos” (Fontdevila y Moya 2003).

La paleontología evolutiva en España: breve contexto histórico

La introducción en España del naciente darwinismo generó una disyunción inmediata, a favor y en contra, en el mundo científico, y de la cultura en general. Sequeiros (2002) refiere que Antonio Machado y Núñez (1815-1896), abuelo de los Machado y catedrático de historia natural de la Universidad de Sevilla, ya comentaba a Darwin en sus clases un año después de la publicación de “El Origen de las Especies” (aparecido en 1859). Durante las últimas décadas del siglo XIX la polémica entre paleontólogos darwinistas y antidarwinistas se desarrolló muy especialmente dentro del ámbito de la Sociedad Española de Historia Natural (Perejón, 2001). Entre los primeros se encontraba Salvador Calderón (1851-1991) y en las posiciones contrarias a Darwin, Juan Vilanova y Piera (1821-1893), primer catedrático de paleontología y geología de la Universidad Central (Madrid). Vilanova impartió la asignatura de paleontología desde 1878 hasta 1893 (Sequeiros 2002). Por tanto, es de esperar que, en términos generales, la paleontología académica española tuviera un marcado acento antidarwinista durante esa época.

En las primeras décadas del siglo XX aparecen paleontólogos de marcada posición a favor de la interpretación evolucionista del registro fósil. Uno de los ejemplos más significados es el de José Royo y Gómez (1895-1961) que fue profesor del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid y pionero de los estudios de dinosaurios en España (Sanz 1996). Royo y Gómez (1927) señala tres periodos históricos en la paleontología evolutiva relacionados con las propuestas de reconstrucción filogenética a partir del registro fósil.

Durante el primer periodo (representado por Lamarck, Geoffroy Saint Hilaire, Darwin y Haeckel) el paleontólogo castellanense reprocha a estos autores la propuesta de hipótesis de

relaciones de parentesco sin contar con la evidencia fósil. Durante el segundo periodo, algunos autores, como Gaudry, cometieron “grandes exageraciones al relacionar unas especies con otras... admitiendo para ello como verdaderos caracteres de parentesco lo que en realidad eran simples convergencias” (Royo y Gómez 1927). El tercer periodo, que corrige esos “excesos”, comienza con Zittel e incluye, entre otros, a Von Huene, Abel, Dollo, Déperet, Smith Woodward, Osborn, Willingston y Walcott. Las posiciones evolucionistas de Royo y Gómez pueden rastrearse claramente en estas líneas:

“Estudiando las series de organismos que han poblado la Tierra en diversas épocas, podremos observar que cuanto más antiguos son aquellos más diferentes son de los hoy vivientes (...) el mundo orgánico ha ido evolucionando poco a poco y pasando de las formas más sencillas a las más complicadas.” (Royo y Gómez 1927).

La síntesis neodarwinista se gestó durante un periodo convulso de la historia de España, la posguerra de la guerra civil. El nacional catolicismo profesaba una especial aversión hacia las ideas evolucionistas darwinistas, ligadas a personajes, instituciones e ideologías relacionados con la República (como es el caso del profesor Royo y Gómez antes referido). Además, determinados forjadores de la síntesis neodarwinista, como Julian Huxley y John B. Haldane (miembro del partido comunista inglés) habían expresado claramente su apoyo a la causa republicana (Blázquez 2004).

La represión de las ideas darwinistas fue más acusada en los textos de bachillerato que en la universidad. El “*Tratado de Paleontología*” (1947) de Bermudo Meléndez (1912-1999) incluía un capítulo sobre la temática evolucionista supeditando la ciencia a la religión. Meléndez abiertamente rechazó las propuestas sintéticas a favor de una aproximación finalista-teísta del fenómeno evolutivo:

“Queremos, sí, poner en guardia a nuestros lectores para que no se dejen arrastrar por los espejismos ni por viejas teorías desacreditadas, aunque aparezcan vestidas con nuevos ropajes y con el sello “standard” de un modernismo mal entendido, y una vez más, advertir que es inútil buscar la solución del problema transformista fuera de una *teoría vitalista teísta*, única que tiene la clave de la evolución orgánica, que no es otra que la misma que rige fenómenos vitales, y que para nosotros es la Divina Providencia” (Meléndez 1949).

Durante la década de 1950 la paleontología evolutiva en España estaba marcada por posiciones que procedían del finalismo ortogenetista de Henry Fairfield Osborn (1857-1935) y, sobre todo, del finalismo trascendental, teísta, de Pierre Teilhard de Chardin (1881-1955).



Fig. 5.- Grupo de participantes del II Cursillo Internacional de Paleontología de Sabadell (4-17 de Julio de 1954). A la izquierda, con su mano derecha en la cabeza, José Fernández de Villalta. Detrás de él, a su izquierda, Jacinto Talens. En el centro derecha, con sotana, Emiliano Aguirre (según Truyols 2002).

En este contexto fueron de primordial importancia los llamados “*Cursillos Internacionales de Paleontología*” organizados en Sabadell por Miquel Crusafont (1910-1983). En dichos cursillos (Fig. 5) se reunieron paleontólogos españoles, europeos y norteamericanos que representaban una singular mezcla de paleontólogos finalistas y neodarwinistas. De hecho, estos encuentros plantearon la existencia de una paleontología evolutiva finalista europea, pero también pusieron de manifiesto la importancia de los factores evolutivos procedentes de la escuela sintética, especialmente en los dos últimos cursillos (Truyols 2002; Blázquez 2004).

Crusafont proponía que existe una línea evolutiva principal que se caracteriza por un incremento constante en su independización del ambiente (“ortogénesis de fondo”) que conduce desde el mundo invertebrado hasta los seres humanos (Fig. 6).

“Todo el cortejo de ramas laterales no es más que una cohorte de posibilidades más o menos frustradas en el sentido de la progresión que acompaña el avance indudable del haz central hacia una meta siempre superativa, cohorte que no desperdicia los nichos ecológicos libres en este ya tan fragmentado campo terrestre” (Crusafont 1960).

Las ideas de Crusafont suscitaron gran interés en la Europa continental y menos entre los paleontólogos de lengua inglesa, más generó

interés incluso por parte de los neodarwinistas. El artículo (un estudio biométrico de la evolución de los carnívoros) apareció en uno de los vehículos oficiales de los sintéticos, la revista *Evolution*, en 1956. Se supone que este trabajo apoyaba las tesis finalistas pero, en realidad, tenía sorprendentes semejanzas con los métodos de evaluación biométrica que los paleontólogos sinteticistas, como George Gaylord Simpson, estaban desarrollando.

“El finalismo de los paleontólogos europeos se mostraba a la vez como una alternativa y un complemento a la teoría sintética de la evolución, esta ambigüedad provenía de aceptar los

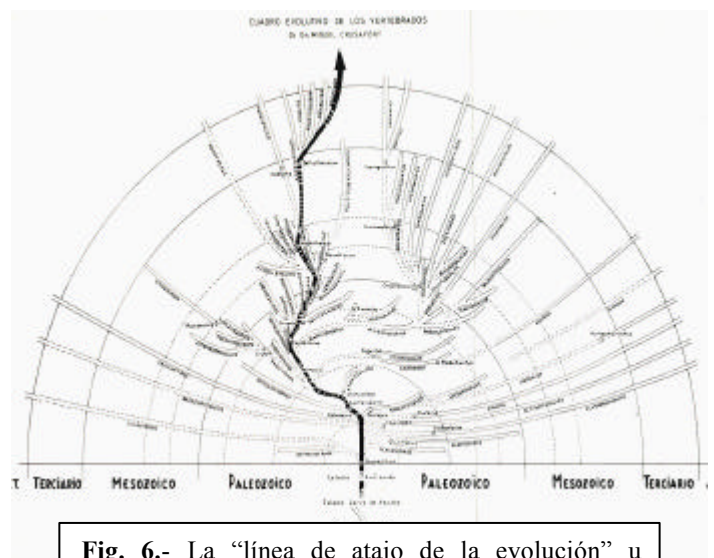


Fig. 6.- La “línea de atajo de la evolución” u “ortogénesis de fondo”. Según Crusafont (1974).

procesos básicos emanados del nuevo darwinismo (mutaciones, selección y aislamiento reproductor), en los que el azar ocupaba un lugar fundamental; pero, al mismo tiempo, no renunciaban a que la evolución fuera un proceso dirigido por el Creador con el ser humano como punto final.” (Blázquez 2004).

La ambigüedad de la paleontología española durante esta época cristaliza en un libro de gran importancia para entender la expansión de la escuela evolutiva sintética en España. Este libro (“*La Evolución*” 1966) es editado por tres paleontólogos (Crusafont, Meléndez y Aguirre). Emiliano Aguirre se había desmarcado claramente años antes de las posiciones finalistas:

“Igualmente debemos dejar de un lado toda explicación metafísica donde caben las explicaciones naturales observables (...) Los trabajos de los últimos cuarenta años en el supuesto neodarwinista han sido numerosísimos, con resultados muy coherentes y consecuencias muy fecundas, y representa un acervo de hechos a su favor ingente y altamente valioso. Ningún otro sistema se presenta a este concurso con tan armónicas y convincentes soluciones (...) Insisto en dudar de un finalismo de tipo vitalista, que me parece ingenuo como solución del problema biológico que nos ocupa. Prefiero afirmar el finalismo sólo en la inteligencia creadora respecto de la obra total e inicial de la creación, y esto en un concepto fuera de la biología, operante en un terreno y disciplina ajenos a ella, inoperante en el de la ciencia experimental...” (Aguirre 1962).

El libro de la “BAC” (Biblioteca de Autores Cristianos), como informalmente se conoce a este volumen, estaba pues liderado por tres paleontólogos (Crusafont inamovible, Meléndez menos insistentemente finalista y Aguirre manifiestamente sintético). Los coautores incluyen a los principales científicos españoles involucrados en la época con la teoría evolutiva: fisiólogos como Salustio Alvarado, zoólogos como Rafael Alvarado y Francisco Bernis, ecólogos como Ramón Margalef y José Antonio Valverde, o genéticos como Antonio Prevosti. Todos manifiestamente evolucionistas no finalistas (la mayoría neodarwinistas sintéticos, con algún rasgo lamarckista en casos concretos). A la paleontología evolutiva española le costó un poco más que al resto de las disciplinas evolucionistas entrar en la modernidad. Finalmente lo hizo, de la mano de Emiliano Aguirre.

La paleontología evolutiva en España: presente

¿Qué ha ocurrido con la paleontología evolutiva española desde que hace 40 años Emiliano Aguirre nos llevó a la modernidad? Desde luego, lo primero que puede decirse es que

ahora los paleontólogos evolucionistas españoles comparten multitud de conceptos, ideas, aproximaciones y herramientas analíticas con un colectivo internacional que podríamos denominar (perdón por la ambigüedad) “normalizado”. Para evaluar en la medida de lo posible esta posición (sobre todo conceptual) del presente de la paleontología evolutiva en España, se ha recurrido a una encuesta.

Dicha encuesta se ha realizado mediante correo electrónico durante los meses mayo-junio de 2005. Se enviaron 90 solicitudes de las que fueron contestadas 22. Se comprende que un número tan exiguo pueda no ser estadísticamente representativo. Hay que indicar, sin embargo, que dentro de este grupo que cumplimentó la encuesta se encuentra gran parte de los paleontólogos españoles profesionalmente involucrados con la paleontología evolutiva.

Por otra parte, este autor es consciente de la mejora que hubiera introducido en los resultados la adición de información procedente de trabajos de investigación de los encuestados pertinentes a este objetivo evaluador. Esta adición permanece como un reto pendiente para el futuro.

La consulta consta de tres apartados. Después de cada uno se incluyen los resultados.

1.- ¿Consideras que el equilibrio intermitente ha sido importante históricamente en los procesos de especiación?

Sí: 50%

No: 9%

Importancia compartida con los procesos anagenéticos: 36,3%

No contesta: 4,5%

¿Conoces algún ejemplo de primera mano?

Ejemplos señalados: multitud de casos conocidos en ammonoideos jurásicos, micro- y macromamíferos del Neógeno/Cuaternario, foraminíferos planctónicos.

2.- ¿Alguno de estos tres factores tiene un mayor poder explicativo como agente determinante de la forma de los organismos vivos?

-Factor histórico (Filogenia),

-Factor funcional (Adaptación)

-Factor fabricacional (Morfogénesis)

El más determinante es:

Histórico: 13,6%

Fabricacional: 9%

Histórico+ fabricacional: 4,5%

Funcional: 4,5%

Los tres igualmente explicativos: 63,6%

No contesta: 4,5%

¿Has trabajado en esta problemática?

Sí: 40,9%

No: 50%

No contesta: 9%

3.- ¿Los cambios macroevolutivos pueden ser explicados por la acción histórica de los procesos microevolutivos?

No: 40,9%.

No todos: 36,3%.

Si: 13,6%.

No contesta: 9%.

En resumen, los resultados de la encuesta indican que una gran parte de paleontólogos españoles aporta su experiencia personal en la observación del modelo de equilibrios intermitentes de Gould y Eldredge en el registro fósil. El equilibrio intermitente es el modelo más citado, aunque se aceptan igualmente los cambios de tipo anagenético. Por otra parte, se reconocen los factores clásicos neodarwinistas (adaptación y filogenia) como agentes explicativos de la forma orgánica, pero se concede también importancia a los factores internalistas (fabricacionales *sensu* Seilacher o estructurales *sensu* Gould).

Por último, la paleontología evolutiva española no manifiesta posiciones macroevolutivas "irreductibles". Se admite un compromiso entre el poder explicativo de la micro- y la macroevolución para nuestra comprensión del fenómeno evolutivo. En definitiva, la paleontología evolutiva española parece ampliamente influenciada por las posiciones conceptuales e ideológicas de Stephen Jay Gould.

REFERENCIAS

- Aberhan, M., Kiessling, W. y Fuersich, F.T. 2005. Jurassic macrobenthic communities: biological interactions, macro-evolution, and the Mesozoic marine revolution. *Geol. Soc. America Abstracts with Programs* 37: 186.
- Aguirre, E. 1962. Problemática paleontológica y selección natural. En: Coloquio Sobre Evolución Biológica (dic. 1959), *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Biol.)* 60: 177-192.
- Alberch, P. 1989. The logic of monsters: evidence for internal constraints in development and evolution. Pp. 21-57. En: David, B., Dommergues, J.L., Chaline, J. y Laurin, B. (eds.). *Ontogenèse et Evolution*, Geobios, Lyon, France.
- Alroy, J. 1998. Cope's rule and the dynamics of body mass evolution in North American fossil mammals. *Science* 280: 731-734.
- Blázquez Paniagua, F. 2004. *El Evolucionismo en España y la Síntesis Neodarwinista (1939-1970)*. Tesis Doctoral. Univ. Autónoma de Madrid.
- Braga, J.C. y Rivas, P. 2002. Macroevolución. Pp. 323-353. En: Soler, M. (ed.). *Evolución. La Base de la Biología*. Proyecto Sur, Granada.
- Carroll, S.B. 2001a. Chance and necessity: the evolution of morphological complexity and diversity. *Nature* 409: 1102-1109.
- Carroll, S.B. 2001b. The big picture. *Nature* 409: 669.
- Crusafont, M. 1960. *Evolución y Ascensión*. Cuadernos Taurus.
- Crusafont, M. 1974. Diferenciación histórica de los vertebrados. Pp 322-366. En: Crusafont, M., Meléndez, B. y Aguirre, E. (eds.). *La Evolución*. Biblioteca de Autores Cristianos.
- Crusafont, M. y Truyols, J. 1956. A biometric study of the evolution of fissiped carnivores. *Evolution* 10:314-332.
- Crusafont, M., Meléndez, B. y Aguirre, E. (eds.). 1966. *La Evolución*. Biblioteca de Autores Cristianos.
- Cubo, J. 2004. Pattern and process in constructional morphology. *Evol. Develop.* 6: 131-133.
- Dobzhansky, T. 1951. *Genetics and the Origin of Species*. Columbia Univ. Press.
- Eldredge, N. y Gould, S.J. 1972. Punctuated equilibria: an alternative to phyletic gradualism. Pp 82-115. En: Schopf (ed.). *Models in Paleobiology*. TJM Freeman, Cooper & Co.
- Erwin, D.H. 2000. Macroevolution is more than repeated rounds of microevolution. *Evol. Develop.* 2: 78-84.
- Erwin, D.H. 2001. Lessons from the past: biotic recoveries from mass extinctions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98: 5399-5403.
- Fontdevila, A. y Moya, A. 2003. *Evolución. Origen, Adaptación y Divergencia de las Especies*. Ed. Síntesis.
- Futuyma, D.J. 1998. *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates.
- Futuyma, D.J. 2005. *Evolution*. Sinauer Associates, Inc.
- Gould, S.J. 1977. Eternal Metaphores of Paleontology. Pp. 1-26. En: Hallam, A. (ed.). *Patterns of Evolution as Illustrated by the Fossil Record*, Elsevier Sci. Publ.
- Gould, S.J. 2004. *La Estructura de la Teoría de la Evolución*. Metatemas. Tusquets Eds.
- Gould, S.J. y Eldredge, N. 1977. Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiol.* 3: 115-151.
- Gould S.J. y Eldredge, N. 1993. Punctuated equilibrium comes of age. *Nature* 366: 223-227.
- Grande, L. y Rieppel, O. 1994. *Interpreting the Hierarchy of Nature. from Systematic Patterns to Evolutionary Process Theories*. Academic Press.
- Jablonski, D. 2004. Extinction: past and present. *Nature* 427: 589.
- Kingsolver, J.G. y Pfennig, D.W. 2004. Individual-level selection as a cause of Cope's rule of phyletic size increase. *Evolution* 58: 1608-1612.
- López-Martínez, N. y Truyols, J. 1994. *Paleontología*. Ed. Síntesis.
- Mahé, J. y Devillers, C. 1981. Stabilité de l'espèce et évolution: la théorie de l'équilibre

- intermittent (punctuated equilibrium). *Géobios* 14: 477-491.
- Meléndez B. 1949. Las nuevas tendencias de síntesis en el transformismo. *Razón y Fe* 139: 70-76.
- Minkoff, E.C. 1983. *Evolutionary Biology*. Addison-Wesley Publ. Co.
- O'Keefe, F.R. 2001. Ecomorphology of Plesiosaur flipper geometry. *J. Evol. Biol.* 14: 987-991.
- Perejón, A. 2001. Aproximación a la historia de la paleontología española. Enseñanza de la historia de las ciencias. *AEPECT* 9: 127-173.
- Reif, W.E., Thomas, R.D. y Fischer, M.S. 1985. Constructional morphology: the analysis of constraints in evolution. Dedicated to A. Seilacher in honour of his 60th birthday. *Acta Biotheor.* 34: 233-248.
- Royo y Gómez, J. 1927. La Paleontología y la evolución de las especies. *Soc. Esp. Hist. Nat., Resúmenes y Conferencias*, pp.189-205.
- Sampedro, J. 2002. *Deconstruyendo a Darwin*. Ed. Crítica.
- Sanz, J.L. 1996. José Royo y Gómez y los dinosaurios españoles. *Geogaceta*, 19. *Bol. Comisión de Historia de la Geología de España*, SGE 6.5.
- Seilacher A. 1970. Arbeitskonzept zur konstruktionsmorphologie. *Lethaia* 3: 393-396.
- Seilacher A. 1991. Self-organizing mechanisms in morphogenesis and evolution. Pp. 251-271. *En: Schmidt-Kittler, N. y Vogel K. (eds.). Constructional Morphology and Evolution*. Springer Verlag,
- Sequeiros, L. 2002. Modernidad y tradición en la historia de la paleontología española. Pp. 558-573. *En: Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre. Vol II, Paleontología*.
- Soler, M. 2002. La evolución y la biología evolutiva. Pp. 21-25. *En: Soler, M. (ed.). Evolución. La Base de la Biología*. Proyecto Sur, Granada.
- Strickberger, M.W. 1990. *Evolution*. Jones & Bartlett Publ.
- Truyols, J. 2002. Los Cursos Internacionales de Paleontología de Sabadell (1952-1958) en el desarrollo de la Paleomastología de España. Pp. 617-623 *En: Miscelánea en Homenaje a Emiliano Aguirre. Vol II, Paleontología*.

Información del Autor

José Luis Sanz es Catedrático de Paleontología de la Universidad Autónoma de Madrid. Autor o coautor de más de 200 artículos técnicos y de divulgación y de trece libros sobre dinosaurios, aves primitivas o historia de la vida. Autor o coautor de ocho nuevos taxones de dinosaurios y aves primitivas. Miembro Correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y adjunto del área de Ciencias de la Tierra de la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva.



José de Acosta
(1540-1600)

y Athanasius Kircher
(1601-1680)

Leandro Sequeiros

Área de Filosofía. Facultad de Teología. Campus Universitario de Cartuja.
 C. Profesor Vicente Callao 15, 18011 Granada. E-mail: lsequeiros@probesi.org.

RESUMEN

En los siglos XVI y XVII, dos autores muy diferentes, José de Acosta (1540-1600) y Athanasius Kircher (1601-1680) pueden ser considerados como precursores de algunas de las ideas biogeográficas actuales. En este trabajo se presenta su vida, su obra y sus aportaciones al pensamiento biogeográfico moderno. *eVOLUCION 1(1): 57-64 (2006)*.

Palabras Clave: Biogeografía; José de Acosta; Athanasius Kircher; Historia de las Ciencias Biológicas; Evolución; Ecología.

INTRODUCCIÓN

La biogeografía se desarrolla como ciencia autónoma en el siglo XIX. Su objetivo era cartografiar y caracterizar las regiones principales de la Tierra en función de sus faunas. Gracias en especial a la labor de dos zoólogos británicos, Philip Lutley Sclater y William Lutley Sclater, padre e hijo, las faunas vivas se adscribieron a seis regiones. Pronto surgieron las preguntas sobre las migraciones de las faunas y de los "corredores" o "pasillos" entre regiones.

Pero en los inicios de la disciplina que estudia la distribución geográfica de los ecosistemas del presente y los del pasado encontramos dos figuras que recordamos en este trabajo: las figuras de José de Acosta y de Athanasius Kircher. A José de Acosta se le ha denominado "Plinio del Nuevo Mundo" y "fundador de la biogeografía". Por su parte, Athanasius Kircher presenta una imagen global de la Tierra que enriquece e ilumina las diversas teorías de la Tierra que fundamentan muchos problemas

biogeográficos que en el caso de Acosta apuntan a ciertas ideas de tipo evolucionista.

1. JOSÉ DE ACOSTA, "FUNDADOR DE LA BIOGEOGRAFÍA"

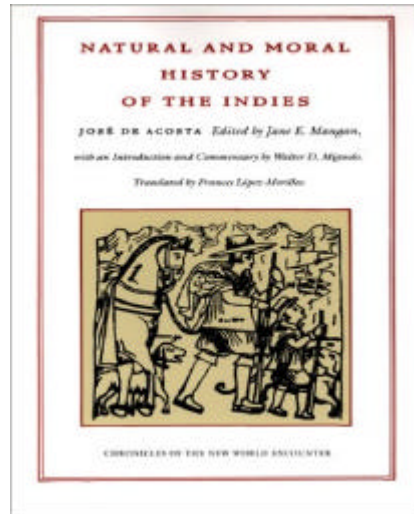
José de Acosta fue un misionero en América Hispana en el siglo XVI y que mereció ser llamado por el gran científico y viajero alemán Alexander von Humboldt "*el Plinio del Nuevo Mundo*". Como reconocía hace ya un siglo uno de sus biógrafos, José Rodríguez Carracido (1899), "en la historia de la ciencia española descuellan, como figuras cuya magnitud no fue superada por las más eminentes de sus contemporáneos extranjeros, las de los tratadistas que se ocuparon de los asuntos de América; y de este aserto son testimonio irrecusable la universal notoriedad, y su persistencia al través de los siglos, de las obras de Fernández de Oviedo y del P. José de Acosta, de Álvaro Alonso Barba y del P. Bernabé Cobo, entre otros muchos".

De las obras del P. Acosta, este trabajo hará referencia preferente a la *Historia Natural y Moral de las Indias, en que se tratan las cosas notables del Cielo, elementos, metales, plantas y animales dellas; y los ritos, ceremonias, leyes y gobierno y guerras de los indios. Compuesta por el Padre Joseph de Acosta, Religioso de la Compañía de Jesús, dirigida a la Serenísima Infanta Doña Isabel Clara Eugenia de Austria*. (Impreso en Sevilla, en Casa de Juan León, año de 1590), por su importancia y, sobre todo, por contener una interpretación transida de modernidad. En ella se plantea la interacción entre naturaleza y sociedad en la América del siglo XVI, postulando la posibilidad de una interpretación tímida pero evolutiva de la realidad animal, vegetal y cultural.

José de Acosta nació en 1540 en la ciudad castellana de Medina del Campo. Muy joven entró en la Compañía de Jesús y en 1571, cuando contaba 31 años de edad, Acosta es destinado a las misiones de los Andes. Un año más tarde, el 28 de abril de 1572, llegaba por fin a Lima. Siendo provincial de los jesuitas en el Perú, realizó al menos tres largos viajes por el interior del país visitando las misiones allí establecidas, lo que le permitió un conocimiento real y exacto de la naturaleza y de la vida social de los indígenas. Enfermo y cansado por los viajes y los enfrentamientos con los poderes políticos españoles, pide volver a la metrópoli. A principios de julio de 1586, José de Acosta llega a Nueva España, residiendo en la capital, México. Allí, su hermano Bernardino, también jesuita, era Rector del Colegio de Oaxaca. Durante su estancia en México, Acosta procuró documentarse lo más posible para la redacción de la *Historia Natural y Moral de las Indias* que había iniciando años antes. Después de haber pasado casi un año en México, el P. Acosta embarcó el 18 de marzo de 1587 camino de España. En 1590, salía de las prensas de Sevilla el libro más famoso de cuantos escribió: la *Historia Natural y Moral de las Indias*.

Las ideas biogeográficas de Acosta

José de Acosta se pregunta en su *Historia Natural y Moral de las Indias*, publicada por vez primera en Sevilla en 1590, "Cómo sea posible haber en las Indias animales que no hay en otra parte del mundo". El profesor Emiliano Aguirre (1957) publicó un documentado trabajo sobre este problema. Muchos capítulos de la *Historia* de Acosta se dedican a la descripción de los animales y plantas americanos. Cómo llegaron hasta allí parece poder tener una solución fácil para Acosta, aunque revolucionaria para su época:



"Halláronse, pues, animales de la misma especie que en Europa, sin haber sido llevadas de españoles. Hay leones, tigres, osos, jabalíes, zorras y otras fieras y animales silvestres, de los cuales hicimos en el primer libro argumento fuerte, que no siendo verosímil que por mar pasasen en Indias, pues pasar a nado el océano es imposible, y embarcarlos consigo hombres es locura, síguese que por alguna parte donde el orbe de continúa y avecina al otro, hayan penetrado, y poco a poco poblado aquel mundo nuevo. Pues conforme a la Divina Escritura, todos estos animales se salvaron en el Arca de Noé, y de allí se han propagado en el mundo" (J. de Acosta, *opus.cit.*, Libro IV, capítulo XXXIV).

Pero el problema más difícil de resolver es cómo explicar la existencia en América de animales y plantas diferentes a los de Europa. Acosta lo formula así en este texto, muy citado por los ecólogos actuales:

"Mayor dificultad hace averiguar qué principio tuvieron diversos animales que se hallan en las Indias y no se hallan en el mundo de acá. Porque si allá los produjo el Creador, no hay que recurrir al Arca de Noé, ni aún hubiera para qué salvar entonces todas las especies de aves y animales si habían de crearse de nuevo; ni tampoco parece que con la creación de los seis días dejara Dios el mundo acabado y perfecto, si restaban nuevas especies de animales por formar, mayormente animales perfectos, y de no menor excelencia que es otros conocidos" (J. de Acosta, *opus.cit.*, Libro IV, cap. XXXVI).

Biogeografía y "evolución" en José de Acosta

Acosta propone tres soluciones posibles a estos problemas biogeográficos observados. En ellas intervienen argumentos naturalistas y filosóficos. De estas soluciones, una se resuelve en el campo de la Teología, pero no despeja la incógnita. Otra de las posibles soluciones tiene un presupuesto teológico, y combina factores biológicos, geográficos y religiosos. Esta es la solución preferida por él. La tercera solución al problema, que no la evade, es sorprendentemente evolucionista, aunque le deja perplejo.

1. Primera solución: "Allá los produjo el Creador": la solución teológica

El P. José de Acosta formula de dos modos diferentes y complementarios la solución teológica: "Allá los produjo el Creador" e "hizo Dios nueva formación de animales". Esta es la solución que exige la creencia en una nueva creación diferente a la original.

Sin embargo, Acosta no está muy de acuerdo con esta solución. Aduce para ello dos razones: la primera, que esto equivale a suponer que no había quedado perfecto el mundo con la creación relatada en el primer capítulo del Génesis; y la segunda razón, es ésta: si se acepta una creación post-diluviana, no habría hecho falta salvar las especies en el arca de Noé. Evidentemente, estos argumentos se entienden perfectamente dentro del paradigma diluvista imperante en el siglo XVI y que se prolonga hasta el siglo XIX.

2. Segunda solución: "Se conservaron en el Arca de Noé...y se fueron a distintas regiones": la solución teológico- geográfica

Textualmente dice Acosta: "Se conservaron en el Arca de Noé", y "por instinto natural y Providencia de cielo, diversos géneros se fueron a diversas regiones, y en algunas de ellas se hallaron tan bien, que no quisieron salir de ellas, o si salieron no se conservaron...".

Esta es la solución aceptada por Acosta. Tiene un carácter teológico-creacionista, pero que se enriquece con la primera formulación histórica de la teoría de la dispersión geográfica y la adaptación biológica de las especies a medios ambientes diversos. Con toda razón se considera a Acosta fundador de la Paleobiogeografía histórica.

Los argumentos del P. Acosta se fundamentan en la hipótesis creacionista y diluvista como paradigma explicativo de la diversidad biológica del planeta. Está persuadido de la creación por Dios de todos los seres vivos al inicio de los tiempos y de la existencia de un Diluvio exterminador para hombres pecadores y animales impuros. De este acontecimiento divino solo se salvan los humanos y los animales protegidos por el Arca de Noé.

El autor de la *Historia Natural y Moral de las Indias* se pregunta sobre lo que ocurrió después del Diluvio. La opinión del P. Acosta puede ser considerada revolucionaria para su época:

"...Por instinto natural y Providencial del Cielo, diversos géneros se fueron a diversas regiones, y en algunas de ellas se hallaron tan bien, que no quisieron salir de ellas, o si salieron no se conservaron, o por tiempo vinieron a fenecer, como sucede en muchas cosas. Y si bien se mira, esto no es caso propio de Indias, sino general de otras muchas regiones y provincias de Asia, Europa y África: de las cuales se lee haber en ellas castas de animales que no se hallan en otras; y si se hallan, se sabe haber sido llevadas de allí. Pues como estos animales salieron del Arca: *verbi gratia*, elefantes, que solo se hallan en la India oriental, y de allá se han comunicado a otras partes, del mismo modo diremos de estos animales del Perú, y de los demás de Indias, que no se hallan en otras partes del mundo" (J. de Acosta, *Historia natural y moral de las Indias*, Libro IV, cap.XXXVI).

Esta hipótesis excluye toda posibilidad de evolución o cambio biológico: la migración y adaptación de los animales a nuevos nichos ecológicos implica sólo

para Acosta supervivencia pero no cambio biológico. Por ello, los animales de América tuvieron en otro tiempo una distribución más amplia y de han extinguido quedando solo confinados al Nuevo Mundo. No es necesario acudir a otras hipótesis como las de las creaciones diferentes en cada continente.

Por lo demás, Acosta sabe que la adaptación y confinamiento en lo que hoy los ecólogos llaman un nicho ecológico no es un caso único de América. Tiene la intuición de extender el paradigma paleobiogeográfico a otras regiones convirtiéndolo en una *ley general biológica*: "y si bien se mira, esto no es un caso propio de Indias, sino general de otras regiones y provincias de Asia, Europa y África". Pero Acosta va más allá en su interpretación. No solo registra el *factum* -la evidencia naturalística y el mecanismo inmediato- sino que aborda la cuestión de los factores profundos, cualitativos: sin dudar, proporciona una respuesta doble, biológica y a la vez religiosa: "por instinto natural y Providencia del Cielo".

Por otra parte, se ha de destacar que Acosta, a finales del siglo XVI, al hablar del hombre americano afirma que pudo pasar "caminando por tierra". Así, intuye la existencia del estrecho de Behring, que no fue descubierto hasta 1741.

3. Tercera solución: "Reducirlos a los de Europa": la solución evolucionista

La hipótesis evolucionista entra en el pensamiento de Acosta con toda espontaneidad, con plena franqueza y honradez no mediatizada ni forzada por solución preconcebida. Para nuestro autor, todos los animales de América no serían otra cosa que una modificación de los originales de Europa. Ello supondría aceptar un cierto "transformismo": la diferencia en distintos caracteres de los animales pudo ser causada por diversos accidentes. Es decir: por un cambio accidental de sus caracteres y que éstos luego pasan modificados a los descendientes. El capítulo XXXVI (Libro IV) de su *Historia* ha sido citado en muchas ocasiones, pese a su brevedad, como uno de los textos más lúcidos y que intuyeron (aunque sin aceptarla) la posibilidad evolutiva que Darwin (1859) describe y acepta dos siglos más tarde. El texto siguiente considera abiertamente esta posibilidad:

"También es de considerar, si los tales animales difieren específica y esencialmente de todos los otros, o si su diferencia accidental, que pudo ser causada de diversos accidentes, como en el linaje de los hombres, ser unos blancos y otros negros, unos gigantes y otros enanos. Así, *verbi gratia*, en el linaje de los simios ser unos sin cola y otros con cola, y en el linaje de los carneros ser unos rasos y otros lanudos: unos grandes y recios, y de cuello muy largo, como los del Perú; otros pequeños y de pocas fuerzas, y de cuellos cortos, como los de Castilla" (J. de Acosta, *Historia natural y moral de las Indias*, Libro IV, cap.XXXVI).

Pero las ideas biológicas de su época así como el peso indudable de la Teología escolástica, impiden dar el paso definitivo. El mérito de Acosta es haber intuido la posibilidad de un cambio morfológico que se prolonga en la descendencia biológica. Sin embargo, sus naturales y comprensibles prejuicios heredados de la filosofía escolástica, le impiden aceptar el hecho de la evolución. El principio "nadie da lo que no posee", obliga a Acosta a aceptar la fijeza de las especies biológicas. Las "especies" en filosofía difieren por algo *esencial* y son, por tanto, irreductibles: de una especie no puede salir aquello que constituye diferencialmente la otra especie.. Su contexto cultural e intelectual le impiden avanzar más: las diferencias no le permiten aceptar la *descendencia*, por la que se define la evolución orgánica:

"Quien por esta vía de poner sólo diferencias accidentales pretendiere salvar la propagación de los animales de Indias, y reducirlos a las de Europa, tomará carga, que mal podrá salir con ella. Porque si hemos de juzgar a las especies de los animales por sus propiedades, son tan diversas que quererlas reducir a especies conocidas de Europa, será llamar al huevo, castaña" (J. de Acosta, *opus cit.*, Libro IV, cap. XXXVI).

El P. Acosta zanja la cuestión con este comentario irónico, que ha de interpretarse -según Aguirre (1957)- como expresión de la perplejidad de Acosta ante una solución que le era muy difícil de aceptar. Pero será necesario avanzar casi un siglo para encontrarnos un pensamiento similar sobre los aspectos de la biogeografía: el pensamiento de Athanasius Kircher.

2. EL GEOCOSMOS, EL ARCA DE NOÉ Y LA BIOGEOGRAFÍA EN ATHANASIVS KIRCHER (1601-1680)

José de Acosta, ya lo hemos visto, aportó interesantes contribuciones a la interpretación de la diversidad de animales y plantas en América respecto a las que se encuentran en Europa. De este modo, se inicia -según los autores- el desarrollo de la biogeografía.

Pero un siglo más tarde se encuentra otro autor, menos conocido que Acosta, y que tiene también interesantes aportaciones a algunos aspectos biogeográficos. Se trata de Athanasius Kircher, del que en 2001 se conmemoró el cuarto centenario de su nacimiento.

Athanasius Kircher, nacido casi un año después del fallecimiento de Acosta, presenta una visión que podemos llamar complementaria a la del autor de la *Historia Natural y Moral de las Indias*. Por los pasajes de dos de sus obras, *Mundus Subterraneus* (1665) y *El Arca de Noé* (1675) sabemos que Kircher conocía la obra de Acosta puesto que lo cita en diversos pasajes.

Athanasius Kircher nació en Geisa (Ghysen), cerca de Fulda (provincia de Hesse-Nassau, en Sajonia-Weimar) un 2 de mayo de 1601 (Sommervogel 1893). El 2 de octubre de 1618 ingresa como novicio en la Compañía de Jesús, y estudia Humanidades clásicas, Filosofía Escolástica, Ciencias Naturales y Matemáticas hasta 1622. Estos estudios los completó un año más en Münster y Colonia (Sequeiros 2001). Fue profesor en Würzburg y en Avignon. Desde 1633, cuando cuenta 32 años de edad, es profesor de Matemáticas, Astronomía y Ciencias de la Naturaleza en el Colegio Romano. Los últimos 47 años de su vida, desde 1633 a 1680, fecha de su fallecimiento, Kircher permanece en la ciudad eterna.

El Geocosmos de Kircher

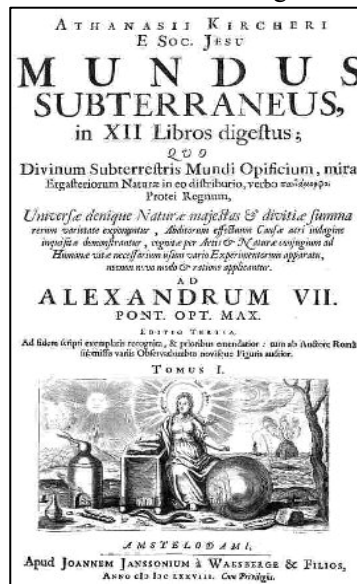
Kircher acuña un concepto nuevo que ha pasado al vocabulario científico: es el concepto de *Geocosmos* que se introduce para interpretar dentro de él los fenómenos naturales globales del planeta Tierra. Pero, ¿cómo surge la idea del *Geocosmos* en la mente de Kircher? El año 1638 hay que considerarlo, según sus biógrafos, fundamental para la obra geográfica y geológica del padre Athanasius Kircher. Según él mismo escribe en el capítulo I del llamado *Prefatio a Mundus Subterraneus* (su obra más brillante), tuvo la ocasión de ponerse en contacto directo con la naturaleza geológica:

"Estaba yo agitado por la gran fuerza de mis pensamientos (sobre el interior de la Tierra) y sucedió que en aquel tiempo y por mandato de mis superiores me incorporé en concepto de confesor al séquito del excelentísimo príncipe Federico, landgrave de Hesse, luego dignísimo cardenal, en

el viaje que emprendía a Sicilia y Malta. Interpreté esta ocasión como suministrada por la providencia de Dios y maravillosamente oportuna para ejecutar mi empresa. Y no me equivocaba". (A. Kircher: *Mundus Subterraneus*, escrita en 1660, publicada en 1665. *Prefacio*, capítulo I).

Kircher, tal como él mismo describe minuciosamente, recorrió en ese viaje las islas de Malta y de Sicilia, ascendió al volcán Etna, estudió las corrientes marinas del estrecho de Messina. De vuelta hacia Roma tuvo la "suerte" (para él) de experimentar directamente el terremoto de Calabria y ascendió para estudiarlo al cráter del Vesubio en

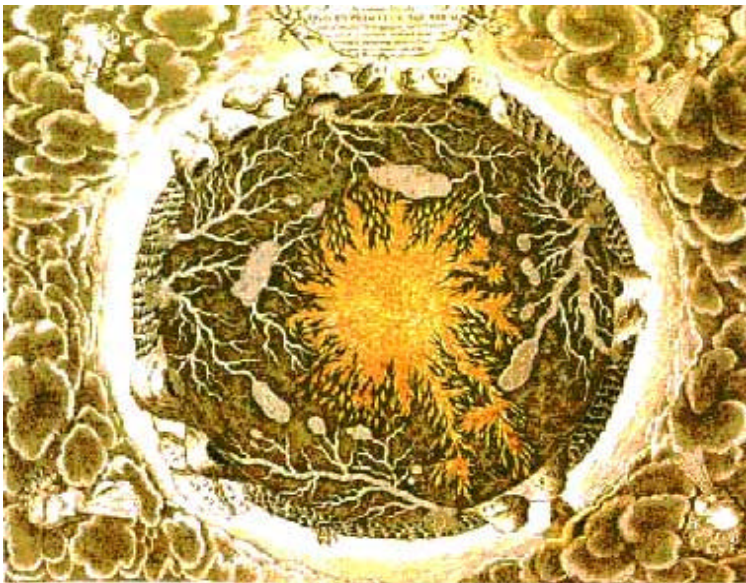
Nápoles. Estas experiencias son las que le movieron a escribir, primero el *Iter Extaticum* en 1654, luego el *Prefatio* de 1660 a *Mundus Subterraneus* (que no llegó a publicarse hasta 1665) y al fin de sus días (1675) *El Arca de Noé*. De igual modo, en 1660 tenía escrito un resumen de su obra a la que llamó *Synopsis*



y que fue publicada en la segunda edición del *Iter Extaticum*.

Las escenas maravillosamente descritas en el *Prefatio* a su *Mundus Subterraneus* muestran la viveza de una experiencia muy intensa, como escribe el profesor Eduardo Sierra (1981). En su mente poderosa se fueron fraguando las ideas que le llevaron a sus estudios de la Tierra o *Geocosmos* (como acostumbra a denominarla). Es entonces cuando concibió el proyecto de publicar una gran obra sobre la Tierra. A su regreso a Roma inicia inmediatamente la redacción de su gran cosmo-visión científica, filosófica y teológica sobre el *Geocosmos*.

Durante muchos siglos, los viajeros y primeros geólogos (hasta la época de Hutton, al final del siglo XVIII) creían en la existencia del "fuego central de la Tierra" y que éste impulsaba la lava hacia el exterior, expulsándola violentamente por las bocas de los volcanes. La idea central de la concepción del *Geocosmos* de Kircher es la de que la Tierra es como un vasto organismo (el Macrocosmos), con una osamenta pétreo constituida por las cordilleras montañosas, con un núcleo central formado de fuego, y con grandes cavidades subterráneas por las que circula el fuego (los *pirofilacios*), otras por las que fluye el agua (los *hidrofilacios*), y otras por las que el viento sopla (los *aerofilacios*).



Los Hidrofilacios de Kircher

Kircher, diluvista convencido

Kircher se declara abiertamente "diluvista". Fiel a los principios religiosos y científicos de su tiempo, la creencia en la historicidad de un fenómeno acuático catastrófico acaecido muy pronto en la historia de la humanidad no era discutible en el siglo XVII. Desde el siglo XVII y adentrándose en el siglo XVIII toma cada vez más protagonismo la idea (que se suele



justificar filosófica y científicamente por los naturalistas y teólogos) de que, tras el pecado de los primeros padres y el Diluvio, la creación entera ha entrado en un proceso de *degradación, de decadencia y de ruina*. Kircher participa también de esta concepción pesimista de un mundo pecador que es culpable de la degradación del *Geocosmos* que no puede alcanzar el estado de magnificencia con que lo creó el sumo Hacedor. La idea de *degradación* orienta la concepción biogeográfica de Kircher. Pero donde las ideas biogeográficas de éste están más establecidas es en el libro escrito en su vejez (1673 y publicado en 1675, cinco años antes de su muerte), *El Arca de Noé*. A él nos referiremos ahora.

La problemática biogeográfica kircheriana de *el Arca de Noé* (1675)

Las ideas de Kircher sobre lo que hoy llamamos biogeografía es mucho más nítida a lo largo de otra de sus obras: *El Arca de Noé* (Kircher, 1675, 1989). Su autor pretende hacer "ciencia" del relato bíblico, y en un intento de buscar una concordancia entre la ciencia y la Biblia hacer coincidir los datos bíblicos con los de las ciencias de su tiempo. Uno de los problemas que, como veremos, se plantean en *El Arca de Noé* es de tipo biogeográfico: ¿cómo explicar el modo de dispersión de los animales y humanos desde un solo punto (el Arca salvadora) hasta todos los lugares más alejados del mundo conocido? ¿Cómo pudieron atravesar cordilleras y mares? Y más aún: ¿cómo explicar que en los continentes lejanos de Europa, como América, Asia y África hay animales y plantas diferentes de los de Europa? ¿Es que todos estaban en el Arca? Son varias las cuestiones que toca Kircher en relación con la biogeografía:

a) **Geografía postdiluviana:** Kircher se pregunta: ¿ha cambiado tras el Diluvio la geografía del *Geocosmos*? Fiel a sus principios establecidos en *Mundus Subterraneus* y que reitera en *El Arca de Noé*, para Kircher es obvio que la geografía del mundo, la distribución de tierras y mares, ríos e islas, es diferente antes y después del Diluvio. El siguiente texto, corolario del capítulo I es claro:



El Arca de Noé

"De este largo discurso se desprende con luz meridiana que la Tierra en nuestros tiempos tiene una constitución que, antes del cataclismo universal, no tenía. Existen islas que antes no existían; ha surgido tierra donde antes se acumulaban los indómitos movimientos de las aguas. Por el contrario, han desaparecido lugares que antes gozaban de una tierra óptima y fecunda, convirtiéndose, bajo el dominio del mar, en guarida de los peces; en unas partes de la tierra sucumbieron los montes, en otras crecieron nuevas montañas, lagos ingentes pasaron su dominio de Neptuno a Rea o transmitieron su jurisdicción a Vesta o, por el contrario, los ríos abandonaron los cauces originales y se buscaron cauces nuevos en las profundidades de los montes" (A. Kircher: *Athanasii Kircheri e Sos. Jesu Arca Noë in tres libros digesta... El Arca de Noé*. Corolario al Libro III, parte III, capítulo I).

b) Cambio geográfico y degradación: Para Kircher, esa modificación de la geografía es una consecuencia del cataclismo del diluvio, a partir del cual la tierra ha ido *degradándose* cada vez más. Y tiene una explicación teológica: el mundo, que fue creado perfecto por Dios, se ha ido *degradando* desde el Diluvio. El texto siguiente, es explícito de su pensamiento:

"A partir del pecado de Adán, la máquina del universo comenzó a alejarse de su perfecta disposición inicial y, por exigencia de la naturaleza, comenzó a sufrir las corrupciones y habituales alteraciones" (A. Kircher: *Athanasii Kircheri e Sos. Jesu Arca Noë in tres libros digesta... El Arca de Noé*. Libro III, parte III, cap. I).

c) ¿Afectó el Diluvio a toda la Tierra? Kircher se pregunta: ¿fue el Diluvio, y por tanto la *degradación* existente desde entonces un fenómeno universal en extensión? La respuesta a esta pre-gunta tiene consecuencias muy trascendentales para la biogeografía. Si no fue universal, pudieron preservarse en algún lugar especies que luego pudieron volver a aparecer.

Kircher, fiel a la ortodoxia teológica de su tiempo, no duda en afirmar la universalidad del Diluvio, así como la condena más enérgica a las posturas contrarias. Veamos algunos textos más esclarecedores del pensamiento kircheriano:

"Muchos se admiran y no pueden comprender cómo los animales pudieron llegar a las islas más apartadas, incluso América, tanto Austral como Boreal, separada de Europa, África y Asia, como suele decirse, por todo el cielo. Muchos ingenuos, extrañamente perplejos, no se atreven a afirmar que América también fuera cubierta por las aguas del Diluvio, y, si lo fue, sus montes, los más altos de toda la tierra, nunca fueron inundados; por consiguiente, en ellos se pudieron salvar los animales" (A. Kircher: *Athanasii Kircheri e Sos. Jesu Arca Noë in tres libros digesta... El Arca de Noé*. Libro III, parte III, capítulo III).

d) Difusión de los animales desde el Arca: entramos ya en el debate biogeográfico: dado que sólo hubo un centro de difusión de los seres vivos postdiluviales, ¿cómo pudieron llegar a zonas geo-gráficas alejadas? ¿Cómo se dispersaron hombres y animales desde el Arca por todo el mundo? Ese será el objeto del capítulo III: Cómo llegaron los animales a todas las partes del mundo, incluso a las islas. La respuesta de Kircher es que tras el Diluvio todas las tierras estaban unidas y abiertas, por tanto, a las migraciones:

"Es completamente cierto, como puede compro-barse en el mapa, que los animales pudieron ocupar sucesivamente todas las partes de la Tierra, tanto continentales como insulares, por la unión existente entre las distintas partes de la Tierra; pues desde Asia pudieron emigrar a las regiones de América Boreal que aún estaban unidas a ella, ya que inmediatamente después del Diluvio muchas regiones permanecieron unidas a otras, es decir, Tartaria estaría unida a la región Ansana y los mismo China, Corea, Japón y Jesso, que es una región descubierta en los últimos tiempos y no sabemos aún si es isla o está unida al continente americano" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Libro III. Parte III. Capítulo III)..

Con posterioridad al Diluvio, al formarse los mares, habría un medio de comunicación similar al que presenta la antigua teoría de los Puentes Intercontinentales:

"Desde Europa y África pudieron llegar sin dificultad a ambas Américas, ya que en el Océano Atlántico hubo una gran isla o continente, como hemos indicado anteriormente siguiendo a Platón, quien afirma que fue muy frecuentado por los expedicionarios griegos y egipcios, lo que ampliamente describimos en *Mundus Subterraneus*" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Libro III. Parte III. Capítulo III).

Para Kircher, los animales pudieron librarse cruzando los estrechos entre las islas, o bien atravesando por istmos:

"En ese sentido, a través del istmo de Aniano, podían pasar de Asia a América, de China a Japón; tal vez después del Diluvio, de China y Corea unidas al archipiélago índico, y todo ello sin necesidad de natación; a Australia, no desconocida para nosotros, pudieron pasar a través del istmo, o bien transportadas allí por los hombres" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Libro III. Parte III. Capítulo III).

e) El problema de la diversidad intercontinental: ¿cómo es posible explicar la diversidad de animales en otras áreas geográficas?. Esta cuestión es largamente debatida por Kircher en este capítulo que comentamos, llegando a conclusiones cercanas al pensamiento de Buffon:

"En lo referente a los animales muy distintos a los nuestros que muchos se sorprenden de encontrar en las regiones de las Indias, éstos dejarán de sorprenderse si entendieran correctamente lo que dijimos sobre la transformación de los animales de las especies primeras en el segundo libro de esta obra, ya que su constitución ha variado en función del cielo y de los climas" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Libro III. Parte III. Capítulo III).

Para Kircher, el clima ha sido el factor más importante y causante de la *degeneración* de los animales. Pero, ¿cómo de unas pocas especies se ha

llegado a muchas diferentes? Al plantearse si todos los posibles animales que hoy existen estaban en el Arca, propone tres posibilidades que describe como supuestos:

a. La primera posibilidad es que se *transforman* por influencia del clima o de la zona geográfica. Veamos algunos textos:

"*Supongamos, primero*, que según la posición del Sol y de los distintos astros del firmamento respecto a la Tierra surgen distintos climas y distinta composición de las zonas terrestres, pues todas las especies naturales, tanto vegetales como sensitivas, al ser trasladadas de un clima o zona a otro cambian de comportamiento e incluso de constitución, de forma que una misma e idéntica especie en los primeros siglos ha sido hallada con una sorprendente constitución en el Nuevo Mundo o en las Indias" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Parte I, Sección III, capítulo III).

Esta primera posibilidad no excluye que algunos (sobre todo, los llamados infectos -que podrían ser "insectos"-, pudieran aparecer nuevos por Generación espontánea. Así aparece en *El Arca de Noé* (Parte I, Sección III, capítulo III).

b. El segundo supuesto: en el Arca solo entró un grupo reducido de animales, bien por ser puros o bien porque podían degenerar. La idea de la *degeneración postdiluviana* está muy bien expresada en nuestro autor. Téngase en cuenta que en esto se adelantó un siglo a las ideas de Buffon, quien en muchas de sus obras (y sobre todo en *Las Épocas de la Naturaleza* de 1779) (Buffon, 1997; Sequeiros, 2000a) habla de la "degeneración" de los animales. La existencia de una modificación por *degeneración* está presente en el pensamiento de Buffon. Oigamos al mismo Kircher:

"*Segundo supuesto*: de lo dicho se desprende que no todos los animales de cualquier especie se concentraron en el Arca desde todas las partes del mundo. (...) Por tanto, pienso que en el Arca



solamente entraron aquellos animales que después, extendidos por toda la superficie de la Tierra, serían capaces de reproducirse independientemente de los cambios climáticos, zonales y de la diferente posición del cielo y aquellos otros que por sí, y según su propia naturaleza, podían degenerar en especies diferentes" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Parte I, Sección III, capítulo III).

c. La tercera posibilidad para explicar la mayor diversidad de seres vivos con posterioridad al Diluvio se explica también aceptando el hecho de que con el tiempo hubo híbridos:

"*Tercer supuesto*: al multiplicarse los animales sobre la Tierra en el transcurso del tiempo y ocupar las selvas, los montes y los campos, surgieron nuevos animales procedentes de la mezcla de varias especies, animales que, lógicamente, no fueron introducidos en el Arca, ya que podían seguir naciendo de la unión de distintos animales, como el mulo del caballo y de la asna, y otros muchos que después diremos. ¿Qué necesidad había de conservar aquellos animales que podían nacer después de la unión de otros?" (A. Kircher: *El Arca de Noé*. Parte I, Sección III, capítulo III).

CONCLUSIÓN

Al recorrer el pensamiento biogeográfico de José de Acosta (a finales del siglo XVI) y de Athanasius Kircher (en la segunda mitad del siglo XVII) constatamos que están insinuados muchos de los problemas biológicos relativos a la geografía que han dado lugar al actual desarrollo de las biogeografía histórica y la paleobiogeografía. Desde categorías culturales muy diferentes a las nuestras, afrontan el problema de la diversidad, la distribución y la evolución de los seres vivos en función de los cambios climáticos y geográficos. Desde la aceptación del Diluvio Universal, ambos se plantean problemas similares: cómo los animales y plantas se distribuyen por el mundo a partir de un punto de origen y cómo esos organismos se van "modificando" geográficamente. Si las soluciones no fueron correctas debido a la falta de un paradigma de referencia de corte evolucionista, al menos intuyeron la posibilidad del cambio de los seres vivos debido a alteraciones de las condiciones ambientales.

REFERENCIAS

- Aguirre, E. 1957. Una hipótesis evolucionista en el siglo XVI. El P. José de Acosta S.I. y el origen de las especies americanas. *Arbor*, CSIC 36n1 134: 176-187.
- Sequeiros, L. 2000a. Teología y Ciencias Naturales. Las ideas sobre el diluvio universal y la extinción de las especies biológicas hasta el siglo XVIII. *Archivo Teológico Granadino* 63: 91-160.
- Sequeiros, L. 2000b. El padre José de Acosta (1540-1600): misionero, naturalista y antropólogo en la América Hispana. *Proyección* 196: 63-74.
- Sequeiros, L. 2001a. El *Geocosmos* de Athanasius Kircher. Un encuentro con la Teología desde la Filosofía y las Ciencias de la Naturaleza en el siglo XVII. *Lección inaugural del curso académico 2001-2002*. Facultad de Teología. Granada, 1-110.
- Sequeiros, L. 2001b. José de Acosta (1540-1600) y sus ideas sobre la Evolución biológica, cuatro siglos después. Pp. 235-248. En: A. Blanch (ed.). *La Nueva Alianza de las Ciencias y la Filosofía. Conferencia en el homenaje a Acosta. XXVII Reunión ASINJA*, Madrid, septiembre de 2000, XXVII.
- Sierra Valentí, E. 1981. *El Geocosmos de Kircher. Una cosmovisión científica del siglo XVII*. Cuadernos GeoCrítica, Barcelona, 33/34: 81.

Información del Autor

Leandro Sequeiros es Catedrático de Paleontología de la Universidad de Sevilla desde 1983 hasta 1986. Desde 1986, en situación de excedencia voluntaria. Desde 1986 a 1990, Director Adjunto de la EU de Magisterio de Úbeda. Desde Octubre de 1991 hasta 1999 es profesor Asociado en el ICE de la Universidad de Córdoba en la plaza de Metodología de la Investigación Científica.

Desde 1997 profesor de Filosofía de la Naturaleza y de la Ciencia, de Antropología filosófica y de Teoría del conocimiento en la Facultad de Teología de Granada. Director del Departamento de Filosofía de la Facultad de Teología desde 2001. Coordinador en España de INHIGEO (Comisión Internacional de Historia de la Geología) Editor desde 1994 del Boletín de la Comisión de Historia de la Geología de la Sociedad Geológica de España. Desde 2002, Académico correspondiente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Zaragoza.

Sujeto colectivo. el concepto de especie humana en la biología evolutiva contemporánea

Vicente Manuel Claramonte Sanz.

Calle Ministro Luis Mayans, 27, 19^a. 46009 Valencia. E-mail: vicente.claramonte@uv.es.

RESUMEN

El presente artículo recoge la segunda parte de un ensayo en el cual el autor investiga, desde la óptica de la Filosofía de la Ciencia, las perspectivas actuales del concepto de especie humana en el ámbito de la Biología Evolutiva contemporánea. Su primer apartado trata, con trazos básicos, el desarrollo histórico de la configuración de los caracteres que suelen considerarse específicos de la especie humana, distinguiendo en subapartados el tratamiento de tres de sus aptitudes más cualificadoras: social —estudiada a través de la selección sexual y la especialización laboral—, cognitiva —estudiada a través del arte y del lenguaje— y moral —estudiada a través del lenguaje y de la capacidad de valoración. Por último, su segundo apartado plantea un análisis crítico de las ideas de “realidad” y “verdad”, dotadas de profunda raigambre en la literatura filosófica y científica e incluso en la vida cotidiana, desde una perspectiva evolutiva de la percepción del entorno. *eVOLUCION 1(1): 65-73 (2006).*

Palabras Clave: Especie humana; Aptitudes social, cognitiva y moral; Lenguaje; Realidad; Verdad; Filosofía de la Ciencia; Biología Evolutiva.

1. La configuración de los caracteres humanos específicos

1.1. Aptitud social: selección sexual y especialización laboral

El episodio del salto adelante producido en África durante el Paleolítico Superior subsigue a una marcada encefalización del *Homo sapiens*. La encefalización supone una disminución del tamaño corporal acompañada de un aumento en el tamaño del cerebro, que generalmente indica una mejora en la operatividad de la inteligencia. Esta encefalización parece resultar del efecto sinérgico producido por la concurrencia de diversos factores coincidentes en un lapso temporal relativamente breve, entre los que destacan el crecimiento de la masa cerebral, la ingesta de carne, la ralentización del desarrollo fisiológico y la conservación neotenizada en la edad adulta de caracteres infantiles (piel lampiña, mandíbulas pequeñas y cráneo abovedado). Factores que, además de ser coetáneos, estaban directamente relacionados, pues sin una verdadera mejora en la eficacia operativa para adaptarse al entorno y aprovechar sus recursos, el cerebro constituye un absurdo en términos evolutivos; sin la ingesta de carne en la dieta habitual, un cerebro ávido de proteínas es un lujo caro pagado en términos de arriesgadas tareas de caza e inútil derroche de energía; sin un cráneo neotenizado, no existe espacio craneal para alojar un cerebro engrandecido; sin un desarrollo lento, no transcurre suficiente tiempo para desarrollar adecuadamente

la red de sinápsis neuronales requerida por el aprendizaje y la interiorización de las ventajas que supone un cerebro mayor.

Coincidencia temporal y coherencia funcional que estuvieron presentes, tanto en el conjunto de causas que incrementaron la encefalización o relación entre el tamaño corporal y el cerebral, como entre esa mayor encefalización, la selección sexual y la especialización laboral. Todo organismo con un cerebro grande precisa comer carne, pues siendo estrictamente vegetariano sólo puede lograr un consumo proteico equivalente ingiriendo una elevadísima cantidad de legumbres. Pero sólo compartir el alimento facilita a un grupo procurarse una dieta rica y habitual en carne, porque esa solidaridad alimenticia evita gran parte del riesgo derivado de la caza; y compartir el alimento exige cerebros considerables, pues sin que los distintos integrantes del grupo que reparte la dieta cuenten con una mínima memoria, un aprovechado podría engañar fácilmente y consumir recursos ajenos sin contribuir con los suyos propios. Por último, la división sexual del trabajo favorece la monogamia, y la vida en pareja, al mejorar la gestión de los recursos disponibles, termina convirtiéndose en una unidad económica; por su parte, esa monogamia optimizadora de los recursos conlleva la selección sexual neoténica, fomentando la juventud de las parejas. Y así sucesivamente, en un centripeto y retroalimentado bucle tendente a reforzar la coherencia entre los diversos factores dinamizadores.

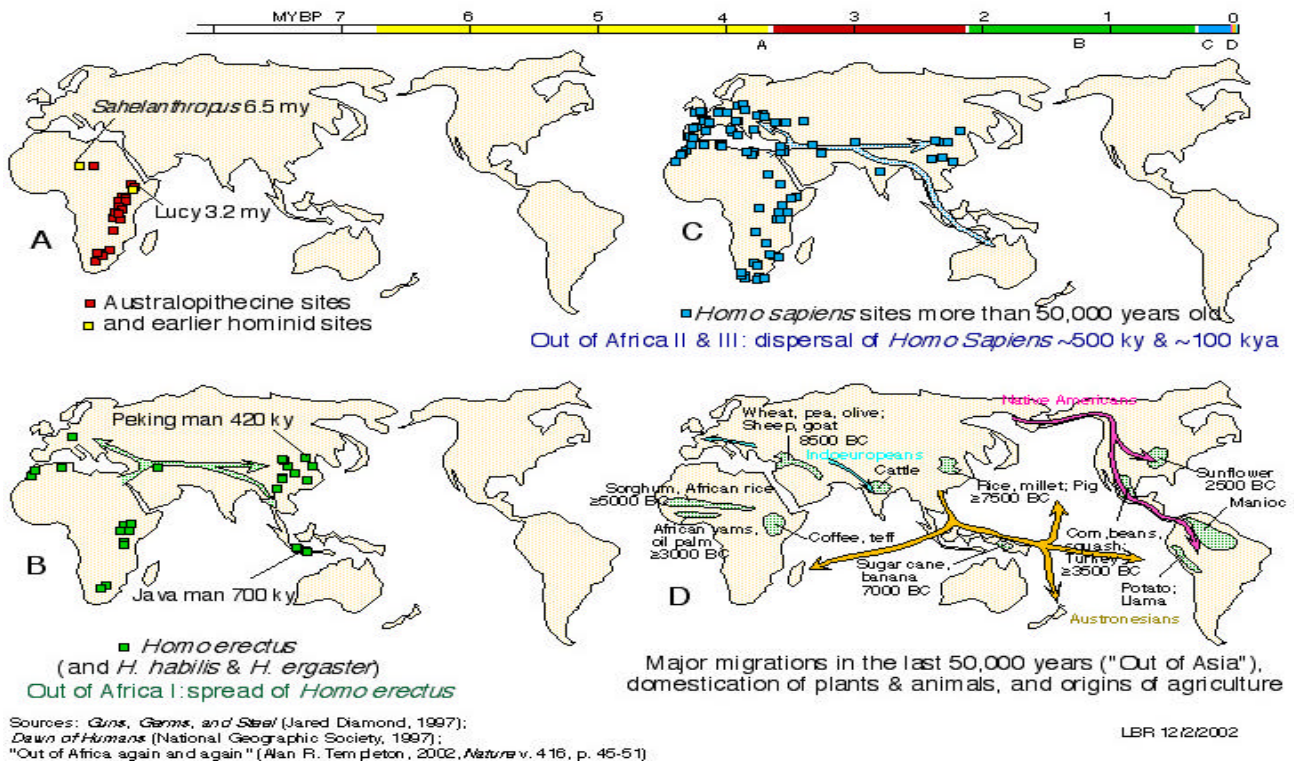


Fig. 1. - Hipótesis "out of Africa" sobre emigraciones de los homínidos.

Por razones evidentes en las cuales resulta ocioso abundar, la selección sexual también contribuyó al aumento de la encefalización. Pero además potenció otra transformación decisiva para la hominización, pues redujo el dimorfismo sexual, y muy particularmente la proporción relativa de crecimiento y tamaño entre machos y hembras. En los fósiles de los primeros homínidos, -chimpancés y australopitecos robustos- el tamaño de los machos es una vez y media el de las hembras, pero en el *Homo sapiens* la proporción es mucho menor. Esta disminución en la proporción del dimorfismo sexual indica un cambio decisivo en el sistema de apareamiento de la especie, pues prueba que tanto la promiscuidad del chimpancé como la poligamia tipo harén del gorila fueron sustituidas por un sistema monógamo, en el cual, puesto que los emparejamientos largos vinculan durante gran parte de la vida reproductiva, se ejerce más presión sobre cada sexo para elegir pareja selectivamente. Lo importante ahora era la calidad antes que la cantidad, y para los machos era vital elegir compañeras jóvenes, pues tenían por delante una vida reproductiva más larga. Por el contrario, en la poligamia sólo la hembra es exigente a la hora de elegir y en la poliandria, viceversa. La elección en los caracteres neoténicos de cada sexo conlleva preferir el cráneo grande y abovedado del joven, lo cual fomentó elegir cerebros grandes, factor que constituyó un elemento clave de la evolución.

La complementariedad sexual del trabajo, propensa a organizar las tareas requeridas por la resolución colectiva de los problemas alimen-

ticios y única entre todas las especies del planeta, fue el principal factor difusor de la monogamia en el *Homo sapiens*. Los últimos trabajos realizados sugieren que la caza, una dieta de calidad con significativo aporte de proteína animal y el empleo de asentamientos tipo campamentos base, influyeron decisivamente en la aparición de la estructura básica del comportamiento humano, entendido como conducta asociativo-solidaria entre machos y hembras que marca una estrategia reproductora monógama diferente a la de los restantes primates. Al compartir los alimentos vegetales recogidos por las mujeres, los hombres podían permitirse las correrías en busca de una carne que mejoraba enormemente la calidad de la dieta, aunque su consecución requería afrontar serios peligros y un gran desgaste físico; por su parte, al compartir la carne cazada por los hombres, las mujeres podían acceder a un alimento fácil de digerir y abundante en proteínas sin abandonar el cuidado de su prole para buscarlo. La especie humana disponía así de un modo de vida en las praderas africanas que reducía el riesgo de hambrunas; cuando la carne escaseaba, los vegetales llenaban el vacío y viceversa, adquiriendo una dieta rica y estable en proteínas sin asumir todos los inconvenientes derivados de especializarse exclusivamente en la caza de grandes presas.

Esta complementariedad sexual del trabajo, destinada a maximizar las tareas requeridas por el grupo para resolver colectivamente la cuestión alimenticia, condujo en última instancia a la especialización laboral. La costumbre de especializarse en las tareas alimenticias se extendió

luego a otros aspectos de la vida, desarrollando el *Homo sapiens* una actitud compulsiva por compartir cosas que fortaleció un solidario tejido de relaciones sociales y permitió refinar la pericia de cada individuo en la realización ciertas tareas concretas, incrementando el rendimiento con la misma inversión de tiempo, energía y recursos materiales. Dicha especialización laboral, característica también única del ser humano, fue clave en su éxito biológico, pues permitió desarrollar y generalizar la tecnología, la genuina estrategia evolutivamente estable del *Homo sapiens* para lograr la adaptación al entorno ecológico.

1.2. Aptitud cognitiva: arte y lenguaje

Frente a los restantes primates, la especie humana se caracteriza, no tanto por semejanzas o diferencias físicas, como por tener procesos mentales exclusivos, pues sólo los humanos emplean lenguaje articulado, utilizan códigos éticos y expresan juicios estéticos, acciones todas especialmente requeridas del uso de las capacidades de abstracción y simbolización. La transformación cognitiva denominada episodio del “salto adelante”, cuyo indicio más claro radica en la explosión artística producida en África hace unos 150.000 años, debió incluir además otras capacidades cruciales para la adaptación de nuestros ancestros. Entre los modelos paleoantropológicos que han establecido secuencias de coevolución de las manufacturas culturales, destaca por su interés la hipótesis formulada por Davidson y Noble, que relaciona el origen del arte con el del lenguaje. El dibujo permite transformar la comunicación en lenguaje, pues, mientras el lenguaje no puede parecerse a lo que representa excepto a través de onomatopeyas, el dibujo sí posibilita esa traslación, por lo cual se

halla a medio camino entre la realidad y el lenguaje (ver pp. 475 en Cela y Ayala 2001). El paso definitivo hacia la humanidad gravita sobre la aparición del primer arte, y con él, del primer lenguaje, pues señala cómo los homínidos se humanizaron, es decir, cómo llegaron a usar cosas —dibujos— para representar cosas —palabras y conceptos. Dada la profusión en representaciones icónicas de objetos reales propia del salto adelante, estos autores subrayan la emergencia cognitiva como frontera entre el “no arte” y el “arte”, y niegan la equivalencia entre los grabados geométricos del Paleolítico Medio y los representativos del Superior: ambos no pueden integrar una misma tradición, pues esto requiere compartir también un mismo significado, algo del todo ausente en los grabados geométricos anteriores.

Por su parte, Sally McBrearty y Alison Brooks también niegan la posibilidad de una “revolución cognitiva” posterior al episodio del salto adelante producido con la explosión artística del Paleolítico Superior (ver pp. 476-478 en Cela y Ayala 2001). Sostienen que el *Homo sapiens* manifestó las diferencias cognitivas desde un principio, aportando para demostrarlo una minuciosa evidencia fósil sobre actividades como la organización socio-económica, producción tecnológica y conducta simbólica (enterramientos deliberados, los adornos en forma de concha, los huesos perforados y los objetos grabados o perforados, etc.) que manifiestan incontestablemente la presencia de la conducta humana moderna. Esto descarta la tesis de una revolución cognitiva posterior, coincidente con el auriñaciense europeo y producida por especímenes de *Homo sapiens* que ocuparon las cuevas del sudeste de Europa tarde y esporádicamente; son los yacimientos africanos más antiguos y sus ejemplares los que marcan el origen, y éstos surgen con la aludida explosión artística producida en África durante el Paleolítico Superior hace unos 150.000 años.

Estas actividades protoartísticas consistentes en la producción de objetos decorativos, pueden datarse cuando se hallan en los yacimientos pigmentos de ocre, generalmente aplicado al propio cuerpo humano, cuyos primeros restos tienen una antigüedad aproximada entre 250.000 y 300.000 años. El uso de pigmentos sólo se justifica con fines decorativos, pues para nada más sirven, aunque la decoración en sí misma pueda tener algún significado añadido a la función puramente estética. De hecho, los dibujos y el colorido que adornaban los cuerpos en numerosos grupos de cazadores-recolectores tienen a menudo una función de símbolo jerárquico que va más allá del mero uso decorativo. Ahora bien, esos yacimientos con restos de almagre no contienen ni pinturas en las piedras ni instrumentos coloreados.



Fig. 2.- Manifestación de arte prehistórico en la denominada “Capilla Sixtina del Arte Cuaternario”, ubicada en las cuevas de Altamira, junto a Santillana del Mar, Cantabria.

Las evidencias proporcionadas por McBrearty y Brooks indican tres hechos. En primer lugar, que los cambios cognitivos del *Homo sapiens* producidos en África con el episodio del salto adelante indican una conducta moderna (manifestaciones tecnológicas, ecológicas, socio-económicas y simbólicas), y señalan el origen de la especie humana como tal. En segundo, que el proceso en el aumento de complejidad de la cultura del *Homo sapiens* fue gradual, y no debido a una “revolución cognitiva” repentina. Por último, que sólo pretiriendo los indicios africanos puede considerarse súbita y primigenia la explosión artística auriñaciense europea. Aunque dicha explosión artística europea se produjo durante todo el lapso de presencia de la especie, sus primeras muestras aparecieron en África. Los murales del sur de Francia y del norte de España son sólo la manifestación final de las nuevas capacidades cognitivas, y las pinturas que aparecen allí pueden obedecer, tanto a nuevos rituales, como a la posibilidad de ocupar las cavernas evacuadas por otros animales. Pero no indican necesariamente un cambio mental de última hora.

La hipótesis de McBrearty y Brooks, más coherente con las evidencias actuales que la de un cambio tardío e inexplicable, y firmemente apoyada en indicios arqueológicos y moleculares, permite negar la revolución cognitiva exclusiva de Europa –cambio brusco y tardío hace unos 30.000 o 40.000 años. Por el contrario, sus estudios muestran que el modelo del origen africano y antiguo de esos procesos cognitivos expresa mejor las reglas de la lentitud, corroborando que la anatomía y la conducta humana se transformaron desde pautas arcaicas a modernas a lo largo de un período que dura aproximadamente 200.000 años y culminó hace unos 150.000.

1.3. Aptitud moral: lenguaje y valoración

El origen y desarrollo del lenguaje es un tema controvertido en el contexto del pensamiento evolutivo ya desde tiempos de su fundador, Charles Darwin, para quien la selección natural fomentó que la capacidad lingüística experimentara un proceso que condujo, desde los gritos inarticulados emitidos por los primeros primates, hasta un lenguaje exclusivamente humano, es decir, conceptual, articulado y provisto de reglas sintácticas. No obstante, quizás debido a la tradición creacionista imperante en la época, la creencia en el lenguaje como un fenómeno sin precedentes en el mundo animal, en la separación entre lenguaje y evolución, no remite hasta que Noam Chomsky postuló la existencia de una capacidad mental innata para el lenguaje. Ésta explicaría la facilidad con la que un niño normal aprende cualquier lengua, y se reflejaría en la presencia de una estructura lógica profunda que es idéntica en las distintas lenguas, de una

gramática común universal común a todas las gramáticas específicas (Para un desarrollo pormenorizado de su teoría al respecto, véase Chomsky 1965, 1972, 1998) Sin embargo, Chomsky sostuvo reiteradamente que esa capacidad innata para el lenguaje no puede ser explicada en la especie humana por selección natural, apoyándose básicamente en tres argumentos. En primer lugar, no se observa un desarrollo paulatino bajo la acción de la selección natural, pues la capacidad lingüística no existe de forma rudimentaria en ninguna otra especie; pero, además, su evolución hubiera requerido más tiempo evolutivo y genómico del que ha transcurrido; por último, la capacidad lingüística no muestra suficiente variabilidad genética para indicar que haya podido ser objeto de un proceso de selección.

A principios de los años noventa, nuevamente disminuye el predominio de estas tesis anti-evolucionistas, pues los paleoantropólogos formularon hipótesis más o menos plausibles sobre la incidencia de la evolución en el origen y desarrollo de la capacidad lingüística. Pese a que, debido a la ausencia de datos y registros fósiles sobre las condiciones de vida de los primeros homínidos, sus propuestas son todavía bastante especulativas por basarse principalmente en el análisis de modelos teóricos, podrían destacarse las siguientes aportaciones.

1^a Pinker y Bloom (1990) y Pinker (1995) defendieron la importancia de la selección natural en el origen de la capacidad lingüística, afirmando que el lenguaje es una estructura demasiado compleja y evolutivamente costosa para admitir que su surgimiento carezca de una finalidad adaptativa específica. Y muestra signos de un diseño complejo destinado a cumplir una función, signos inexplicables con otra teoría distinta del evolucionismo biológico basado en la selección natural.

2^a Dumbaugh (1997) vincula el desarrollo de la mente humana y del lenguaje a la vida social, sugiriendo que la función del lenguaje es transmitir información sobre la actividad de los restantes miembros del grupo, al objeto de mantener su cohesión social. Cuando los homínidos se instalaron en la sabana, la presión selectiva fomentó grupos cada vez más grandes, pues sus integrantes estaban obligados a defenderse de mortíferos predadores en condiciones extremas de supervivencia, necesidad que favoreció buscar la autoprotección y la protección recíproca en el seno de grupos grandes. La vida social de los primates dedicaba mucho tiempo al acicalamiento recíproco como forma habitual de cohesionar al grupo, pero cuanto mayor es el colectivo, más difícil resulta mantener su cohesión sólo con interacciones binarias de acicalamiento. Por ello, en los grupos humanos

TABLA 1. LA FAMILIA DE LOS HOMÍNIDOS. ENTRE LAS DIVERSAS CLASIFICACIONES AL USO CABE PROPONER ESTA DE CELA Y AYALA (2001).

GÉNEROS	ESPECIES	DATACIÓN (en millones de años)
<i>Ardipithecus</i>	<i>ramidus (incertae sedis)</i>	4,4
<i>Orrorin</i>	<i>tugenensis</i>	6
<i>Australopithecus</i>	<i>anamensis</i>	4,0
	<i>afarensis</i>	3,5
	<i>bahrelghazali</i>	3,5(?)
	<i>garhi</i>	2,5
<i>Paranthropus</i>	<i>africanis (Australopithecus)</i>	3,5
	<i>aethiopicus</i>	2,5
	<i>robustus</i>	2,0
	<i>boisei</i>	1,7
<i>Kenyanthropus</i>	<i>platyops</i>	3,5
	<i>rudolfensis</i>	2,5
<i>Homo</i>	<i>habilis</i>	2,5
	<i>ergaster</i>	1,8
	<i>erectus</i>	1,6(?)
	<i>antecessor</i>	0,8
	<i>neandertalensis</i>	0,3
	<i>sapiens</i>	0,2

grandes, el acicalamiento como mecanismo de cohesión social es sustituido por el lenguaje, cuya difusión promovió la encefalización, dada la necesidad de recordar las interacciones lingüísticas con los otros componentes.

3^a Deacon (1997) también sostiene que la selección natural posibilitó la evolución del lenguaje por sus ventajas adaptativas, considerando que el punto decisivo en la evolución filogenética del *Homo sapiens* se produjo cuando sus ancestros homínidos atravesaron el umbral del pensamiento simbólico. El lenguaje es la expresión externa de esa capacidad simbólica, que, al infundir la aspiración a buscar el significado de las cosas, constituye la auténtica clave de la humanidad. En particular, la comunicación simbólica fue la respuesta adaptativa al problema derivado de la reproducción y la crianza, pues el lenguaje posibilita la comunicación madre-hijo, destinada a transmitir la información relevante para sobrevivir —obtención de alimentos, elusión del peligro, competencia con otros individuos, elaboración de herramientas, logro del bienestar colectivo, etc.

4^a Los estudios realizados por Arsuaga (1999) muestran que los homínidos que habitaron Atapuerca manifestaban un comportamiento complejo de preocupación por los muertos, disponiéndolos en una sima con cierta ordenación. Esta conducta característicamente “moderna”, junto con el hallazgo de un cráneo completo con un hioides (hueso situado en la base de la lengua y encima de la laringe, imprescindible para que la garganta sea funcionalmente capaz de implementar la fonación requerida por todo lenguaje mínimamente articulado). Esto sugiere la posesión de un proto-lenguaje articulado,

muestran que la estructura conductual básica que define a la especie humana ya estaría presente en sus antepasados desde hace 300.000 años. Arsuaga también demuestra cómo la carne integraba su dieta habitual, posiblemente lograda con estrategias cinegéticas conjuntas que suponen largos desplazamientos, una rudimentaria logística, previsión de futuro, sistematización, organización colectiva y otros ingredientes típicamente humanos.

Bocherens (citado en Domínguez-Rodrigo 2002) confirma esta hipótesis. En pleno debate sobre si el neandertal era carroñero o cazador, analizó en sus huesos los isótopos —elementos químicos con el mismo número de protones y distinto número de neutrones; todos los isótopos de un elemento ocupan un mismo lugar en la tabla periódica y poseen idénticas propiedades químicas, por lo cual permiten identificar inequívocamente el resto orgánico analizado—, concluyendo que seguía una dieta basada casi exclusivamente en carne. Mientras los cazadores-recolectores incluyen dietas cárnicas en porcentajes que varían del 20% en poblaciones tropicales al 60% en las árticas, los neandertales mostraban porcentajes del 90%, con datos isotópicos casi indistinguibles de los obtenidos con los leones. Esto traza la imagen de un neandertal avezado cazador de presas grandes y peligrosas, y por tanto, con una inteligencia y conducta mucho más compleja de lo admitido hasta ahora.

5^a Bickerton (1994) y Calvin y Bickerton (1991) distinguen dos etapas en la evolución del lenguaje. En la primera, surgió un protolenguaje basado en palabras sin organización sintáctica y empleadas para designar fonaciones que ya no

eran meramente verbales; después, se extendió en los grandes grupos humanos un auténtico lenguaje, basado en unas reglas sintácticas mínimas pero definidas. La presión selectiva que indujo el surgimiento y extensión de ese protolenguaje recaía en la necesidad imperiosa de transmitir información sobre la presencia de recursos alimenticios y de alertar a las crías sobre los peligros a afrontar. Designando conceptos como un tipo de alimento —fruta— asociado a la idea de “bueno” o “seguro”, o un determinado predador —tigre— asociado a la de “malo” o “peligroso”. Esta interesante transición filogenética del protolenguaje al lenguaje gramatical propuesta por Bickerton, tiene un correlato ontogenético durante el desarrollo del lenguaje en los niños, quienes en pocos años transforman en lenguaje estructurado el protolenguaje carente de reglas sintácticas que usan entre los 18 y los 24 meses. Esta eficacia insinúa una base genética en la ya aludida capacidad sintáctica sugerida por Chomsky, y queda corroborada por la rauda transición de los lenguajes *pidgin*, idiomas casi sin gramática desarrollados al convivir individuos adultos de distintas lenguas, a los lenguajes criollos, surgidos en comunidades de lengua diversa y formados por elementos lingüísticos procedentes de ambas lenguas; espontáneamente y en una generación, los hijos de las comunidades adultas de distinta lengua transforman el protolenguaje *pidgin* sin sintaxis en un idioma criollo dotado de una gramática estructurada.

De confirmarse esta hipótesis, el precedente evolutivo del lenguaje humano no se hallaría tanto en los sistemas rudimentarios de comunicación animal, como en los sistemas de representación simbólico-conceptual que ciertas especies de primates tienen actualmente. Varios prestigiosos neurobiólogos avalan la idea de que existen protoconceptos no verbales en los primates (véase, por ej., Edelman 1992; Edelman y Tononi 2000; Damasio 2001). Esto permitiría trazar una continuidad evolutiva en la génesis de la capacidad lingüística a partir del hilo conductor marcado por el desarrollo de la capacidad simbólico-abstractiva, responsable primero de la formación de protoconceptos no verbales, y en última instancia, del uso generalizado de auténticos conceptos puramente abstractos.

En una etapa posterior de este inicial desarrollo lingüístico, la sintaxis surgiría de la potenciación del altruismo recíproco difundida en los grandes grupos de homínidos dotados ya de un protolenguaje. Para articular los mecanismos que distinguen al cooperador del simulador egoísta en la gestión de los recursos procurados colectivamente, esa solidaridad basada en el altruismo recíproco requiere una memoria capaz de recordar las acciones, así como un lenguaje fluido que transmita información fiable acerca de quienes han adoptado conductas solidarias, que fortalecen al grupo, y quienes en cambio adopta-

ron conductas egoístas o parasitarias que lo debilitan.

Durante décadas, la Antropología clásica sostuvo que la bipedestación fue el factor decisivo para desencadenar esta transición, porque la liberación de las manos permitió fabricar herramientas y desarrollar la tecnología, y la postura erguida permitió desbloquear la laringe y desarrollar los órganos de fonación requeridos por el lenguaje. Pero la potencia explicativa de esta hipótesis quedó muy menguada cuando se obtuvo la suficiente evidencia científica de que los australopitecos fueron bípedos durante más de 2 millones de años, sin que eso supusiera cambios apreciables en su grado de encefalización, en su aptitud instrumental ni en sus hábitos vitales.

Apoyándose en las investigaciones citadas, Castro y Toro (2002, en revisión) formulan una interesante tesis sobre el papel evolutivo jugado por el lenguaje para desencadenar el proceso de humanización. Para estos autores, la selección natural presionó en pro del lenguaje como mecanismo que impulsó la eficacia del sistema de transmisión cultural compartido por los primeros homínidos, al permitirles, una vez desarrollada la capacidad conceptual de categorizar la propia conducta en clave valorativa y compararla mediante proyecciones recíprocas con la ajena, una comunicación fluida y precisa sobre la aprobación y reprobación de la conducta de sus crías. La selección natural favoreció que el homínido con suficiente capacidad simbólico-abstractiva para aprobar y reprobar las conductas de su prole, pudiera transmitirle toda su propia experiencia conductual, tanto la positiva, que indica lo que debe hacerse para sobrevivir y qué conviene imitar, y la negativa, que indica lo que debe no hacerse para sobrevivir y no conviene imitar. La ventaja adaptativa que supuso la transmisión intergeneracional de información, basada en una proyección de las valoraciones realizadas sobre la conducta del progenitor en la conducta de su prole, presionó selectivamente a favor de un sistema acumulativo de comunicación lingüística, que permitió a las sucesivas generaciones de descendientes comprender mejor la información recibida. En definitiva, presionó selectivamente a favor del desarrollo de dos aptitudes decisivas en el proceso desencadenante del surgimiento de la conducta típicamente humana, y con ello, del transcurso del homínido al *Homo sapiens*; la capacidad lingüística y la capacidad normativa, las cuales interactuaron en un bucle sinérgico de retroalimentación adaptativa orientada por el fin último de lograr la supervivencia.

La mayoría de los paleoantropólogos admiten que los homínidos tenían una capacidad cognitiva similar a la de los chimpancés actuales, y que aquéllos carecían de capacidad lingüística al igual que éstos, por lo cual configuraban su conducta mediante un aprendizaje basado en el ensayo y

error, aunque algunos también fueron capaces de aprender por imitación. En cambio, el aprendizaje cultural humano, junto al logrado por ensayo y error, se manifiesta ontogenéticamente de tres formas, citadas conforme aumenta la capacidad cognitiva; aprendizaje imitativo, aprendizaje instruido y aprendizaje en colaboración. Luego, puede afirmarse que la cultura del chimpancé actual debe ser similar a la alcanzada en su momento por los primeros homínidos, entendiendo por tales a los australopitecos y parántropos. Sólo a partir de la aparición del *Homo habilis* y, especialmente, del *Homo ergaster*, se observa un considerable incremento del coeficiente de encefalización, al que correspondió un significativo aumento de la capacidad intelectual. Castro y Toro (2002) proponen que fue un antepasado inmediato del *Homo ergaster* quien desarrolló la capacidad categorizar un acción como buena o mala, beneficiosa o perjudicial y lo denominan *Homo asesor* (Castro 1992; Castro y Toro 1995, 1998, 2002). Estos autores definen la capacidad conceptual de categorizar la conducta como la aptitud para valorar acciones aplicada mediante un código axiológico binario dicotómico del tipo beneficioso-perjudicial, seguro-peligroso, bueno-malo, etc. Esta aptitud surge cuando el homínido pudo procesar la información sobre el valor de la conducta aprendida mediante un par de protoconceptos del tipo bueno-malo, transformando un mecanismo inconsciente de categorización de la conducta, propio del aprendizaje individual, en otro de categorización conceptual. El cual, a su vez, requirió desarrollar nuevas sinapsis funcionales para recordar los símbolos y sus significados valorativos, única forma de permitir la codificación conceptual de la conducta como positiva o negativa.

Con ello, la conducta reforzada favorablemente durante el aprendizaje recibiría una categorización conceptual positiva, mientras que la conducta que genera rechazo obtendría otra negativa. Al contar con esa capacidad para categorizar la conducta, los homínidos podrían aprobar o reprobar las conductas aprendidas por su prole, y transmitirles así el valor de las propias conductas que ellos mismos habían aprendido y categorizado previamente. Las capacidades de imitar y aprobar o reprobar la conducta ajena terminaron generando un sistema de transmisión cultural más eficaz, pues permitía a las generaciones siguientes acumular los hallazgos conductuales de las precedentes, en un proceso de transmisión intergeneracional de la información sobre la evaluación otorgada a la conducta aprendida del que carece todo primate no humano, y que puede ser considerado como el primer precedente de la pedagogía.

Este sistema de transmisión cultural exclusivo de los homínidos favoreció el desarrollo de la capacidad lingüística, pues la ventaja adaptativa

proporcionada por la posibilidad de transmitir información sobre la conducta aprendida pudo ejercer una presión selectiva favorable a extender un sistema de comunicación más eficaz entre padres e hijos, permitiendo maximizar los costes (tiempo y recursos) requeridos por el aprendizaje intergeneracional, y optimizando el desarrollo intelectual y la capacidad de innovación. La relevancia adaptativa de conocimientos adquiridos por un individuo adulto con experiencia sobre lugares, alimentos, herramientas, animales e individuos, es tan indudable como la dificultad de transmitirlos adecuadamente sin un lenguaje verbal. Podría afirmarse entonces que entre las respuestas adaptativas ensayadas por los homínidos a partir del *Homo ergaster*, usar sistemas de signos lingüísticos asimétricamente codificados —“Esto es bueno”/“Esto es malo”, “Haz esto”/“No hagas esto”, etc.—, fue muy probablemente una de las más eficaces.

Y la capacidad para categorizar una conducta como buena o mala implica un sentimiento tendente a asumir como obligatorias aquellas conductas que reciben una valoración positiva, por lo cual, la aptitud para la categorización conductual, la interiorización de las conductas aprobables y la competencia lingüística, trenzan el hilo conductor evolutivo de la capacidad ética. Este sistema de transmisión intergeneracional de información sobre el valor de la conducta propia y ajena, rudimentario en los homínidos y ya estabilizado en los humanos, carece de parangón en los animales. El chimpancé sí puede catalogar la conducta de otros individuos como favorable o perjudicial respecto de sí mismo y actuar en consecuencia, admitiéndola o rechazándola; pero es incapaz de atribuir a su propia conducta un protoconcepto de bueno o malo, una categorización axiológica, lo cual le impide proyectivamente la conducta de otro como buena o mala para dicho individuo, y así, desarrollar una aptitud ética para formular, y después compartir, juicios o valoraciones conductuales susceptibles de intersubjetividad. Esto le impide articular un sistema si quiera rudimentario de reglas, no ya netamente morales, sino mínimamente normativas, más allá de la mera asociación instintiva y asimétrica del hecho observado al binomio beneficio-perjuicio.

2. Las ideas de “realidad” y “verdad” en una perspectiva evolutiva de la percepción del entorno

Desde la perspectiva de la Biología Evolutiva, la “verdad” y la “realidad” son concepciones de la experiencia sensible del entorno carentes de contenido. Cada organismo vivo articula un modo de acción mediante el cual trata de gestionar en su provecho los recursos que el nicho ecológico donde se desenvuelve pone a su disposición en



Fig. 3.- *Realidad imaginaria*, Weingast, Susan (1988). Técnica mixta. 35 x 50.

competencia con otras formas de vida; si lo logra, y además transmite sus genes replicándose, consolida su genuina estrategia evolutivamente estable para sobrevivir, y si fracasa desaparece, primero como individuo y en último extremo como especie. Tan sencillo como inexorable. Por ello, en términos biológicos, plantear que algunas de esas estrategias evolutivamente estables conducen a la verdad o permiten conocer la realidad y otras no, es un sinsentido. Luego, desde la perspectiva biológico-evolutiva, tan absurdo es un esquema epistemológico realista u objetivista como otro antirrealista o subjetivista, pues el concepto de realidad es espurio, y más aún el de verdad. Nada significan. Todas las respuestas al respecto son inadecuadas o imposibles porque, en clave biológico-evolutiva, la misma pregunta filosófica sobre qué sistema de creencias permite una explicación más adecuada o verdadera de la realidad, está sencillamente mal planteada de raíz.

Evidentemente, conocer la realidad del hábitat aumenta las posibilidades de supervivencia, y por ello todo organismo vivo tiene como imperativo explorar su medio, porque cuanto más fiable sea el entorno en el que vive, más predecible y menos costosa resultará su propia supervivencia, encargándose la selección natural de excluir a los más ignorantes. Pero cada organismo cuenta con su propia estrategia evolutivamente estable para sobrevivir, cada solución orgánica al problema de la supervivencia cuenta con su propia realidad, y trata de apropiarse cognitivamente de su entorno, conscientemente en el caso del *Homo sapiens* e instintivamente en el de las restantes especies. La idea de realidad en sede de Biología Evolutiva sólo pierde vacuidad comprendida cual elemento indisociable de la relación inmediata entre el

organismo vivo y su entorno ecológico, es decir, entendida como fenotipo ampliado (ver pp. 39-78 en Castrodeza 1999). En un contexto evolutivo, el organismo no construye ni reconstruye perceptivamente la realidad —subjetivismo o antirrealismo—, ni la realidad está fuera del organismo como algo externo e independiente del mismo y de su percepción —objetivismo o realismo—, sino que la realidad es parte de sí mismo, de su propio yo, es inherente al fenotipo ampliado resultante de la relación adaptativa que el organismo establece con su entorno ecológico para sobrevivir. Por tanto, desde esta perspectiva, tanto afirmar y negar que la realidad es cognoscible, como afirmar o negar que cierto conocimiento o creencia son o no son verdaderos, serían poco más que tautologías.

Siendo tan obligatorio para el hombre como para los restantes organismos percibir su hábitat para conocerlo y sobrevivir en él a base de convertirlo en predecible, la especie humana emplea sus sentidos para organizar su percepción del entorno más inmediato mediante conceptos. Desde esa percepción conceptualmente organizada, extrae conclusiones que tiende a generalizar hasta tomar “su” geografía por “la” Geografía, es decir, a considerar la experiencia de su entorno inmediato como la experiencia “real” de todo entorno posible, convirtiendo una cuestión *prima facie* empírica en hermenéutica. Esto explica por qué a la lógica biológico-evolutiva, o razón de la supervivencia compelida por la selección natural, no le importa incurrir en contradicciones, caer en falacias, extraer inferencias ilegítimas o deducir sin cerrar el supuesto previo, etc., con tal de preservar el objetivo primordial de todo organismo vivo. Sobrevivir.

REFERENCIAS

- Arsuaga, J.L. 1999. *El Collar del Neandertal*, Temas de Hoy, Madrid.
- Bickerton, D. 1994. *Lenguaje y Especies*, Alianza Editorial, Madrid.
- Calvin, W. y Bickerton, D. 1991. *Lengua ex Machina*. Gedisa, Barcelona.
- Castro L. 1992. Capacidad ética, transmisión cultural y evolución humana. *Arbor, Ciencia Pensamiento y Cultura* 564: 81-92.
- Castro, L. y Toro, M. 1995. Human evolution and the capacity to categorize, *J. Soc. Evol. Systems* 18: 55-66.
- Castro, L. y Toro, M. 1998. The long and winding road to the ethical capacity, *Hist. Philos. Life Sci.* 20: 77-92.
- Castro, L., y Toro, M. 2002. La evolución del lenguaje, *Diálogo Filosófico* 53: 275-290.
- Castro, L. y Toro, M. Cultural transmission and the capacity to approve and disapprove of offspring's behaviour. *pendiente de revisión*,

- Castrodeza, 1999. *Razón Biológica. La base Evolucionista del Pensamiento*, Minerva Ed., Madrid.
- Cela, C. y Ayala, F. 2001. *Senderos de la Evolución Humana*. Alianza Ed., Madrid.
- Chomsky, N. 1965. *Aspect of the Theory of Syntax*. MIT Press, Cambridge, MA,
- Chomsky, N. 1972. *Language and Mind*, Brace and World, Harcourt.
- Chomsky, N. 1988. *Language and Problems of Knowledge*. MIT Press, Cambridge, MA,
- Chomsky, N. 1998. *Una Aproximación Naturalista a la Mente y al Lenguaje*. Prensa Ibérica, Barcelona.
- Damasio, A. 2001. *La Sensación de lo que Ocurre*. Debate, Barcelona.
- Deacon, T. 1997. *The Symbolic Species*. W.W. Norton & Co., Nueva York.
- Domínguez-Rodrigo, 2002. Lo simple y lo complejo: la necesidad de un nuevo paradigma para interpretar la evolución humana. *Diálogo Filosófico* 53: 267.
- Dumbar, R. 1997. *Grooming, Gossip and the Evolution of Language*, Harvard Univ. Press, Harvard.
- Edelman, G. 1992. *Bright Air, Brilliant FIRE. On The Matter of Mind*. Basic Books, New York.

- Edelman, G. y Tononi, G. 2000. *A Universe of Consciousness*. Basic Books, New York.
- Pinker, S. 1995. *El Instinto del Lenguaje*. Alianza Ed., Madrid.
- Pinker, S. y Bloom. 1990. Natural language y natural selection. *Behav. Brain Sci* 13: 707-784.

Información del Autor

Vicente Manuel Claramonte Sanz es licenciado en Derecho y Filosofía por la Universidad de Valencia; además, cursa estudios de tercer ciclo en ambas licenciaturas, habiendo obtenido el Diploma de Estudios Avanzados del doctorado en Derecho y completado los créditos de investigación del doctorado en Filosofía; también es becario FPU por el Ministerio de Educación y Ciencia desde abril de 2005, adscrito al Departamento de Lógica y Filosofía de la Ciencia de la Facultad de Filosofía de la Universidad de Valencia. Actualmente, desarrolla su trabajo de investigación sobre el debate entre evolucionismo y diseño inteligente, en el marco de una tesis doctoral elaborada en el contexto más amplio de la Filosofía de la Ciencia.



Fig. 4.- *La danza*, Matisse (1910). Museo Hermitage, San Petersburgo. Imagen elegida para ilustrar el artículo en su conjunto, por evocar estéticamente la idea de sujeto colectivo subyacente al concepto de especie humana.

EVOLUCIÓN