

DEL PUNTO OMEGA DE TEILHARD A LA NEO-ORTOGÉNESIS DE LA NUEVA BIOLOGÍA

por [Juan Luis Doménech Quesada](#)

Biólogo responsable de Medio Ambiente de la Autoridad Portuaria de Gijón
[e-mail](#)



Resumen

A pesar de su indiscutible éxito, cerca de 150 años de darwinismo no han bastado para consolidar una teoría que, como ya saben los *nuevos biólogos*, es incompleta. La selección natural es un hecho, pero constituye una parte muy pequeña de la historia evolutiva y no es el mecanismo que produce progreso, sino que tan solo produce diversidad o estabilidad evolutiva, y, en no pocos casos, involución. El tiempo ha dado la razón a los antiguos saltacionistas, pues la auténtica evolución progresiva se produce de forma brusca, bien sea por saltos o macromutaciones, bien sea por una sucesión rápida de grandes mutaciones. A ello apunta la teoría *del equilibrio puntuado*, lo corrobora la biología del desarrollo y lo demuestra drásticamente la teoría *endosimbionte*.

Como también demostraron grandes científicos de antaño, con teorías como la *senilidad racial*, de Alpheus Hyatt, o el *punto omega* de Teilhard de Chardin, la Evolución es claramente ortogénica pues el *progreso absoluto*, medido en número de cambios de *nivel de complejidad*, tan solo se ha dado en una única rama, entre todas las que han formado el frondoso árbol de la vida. Ninguna teoría ha conseguido explicar todavía el por qué de esa gran dirección.

La selección natural y sus efectos, la adaptación, la diversificación, la especialización y la reversión, tan solo forman parte de uno de los cuatro principios de los que consta la nueva síntesis que se ha venido forjando durante los últimos años : el *principio de regresión*, al que hay que añadir el *principio de progreso*, el *principio de mutación* y el *principio de dirección*. Proponemos el nombre de *neo-ortogénesis* para esta nueva síntesis.

Introducción

Cada vez son más los autores que piensan que urge una nueva síntesis evolutiva. Realmente, esta comenzó a gestarse hace unos 20 años cuando, intuyendo las consecuencias que traerían algunos campos que por entonces surgían (los nuevos descubrimientos de la biología molecular, la alternancia de épocas de "evolución" y de estabilidad, el neutralismo o el papel del azar, entre otros), algunos autores, como L. Stebbins y F. J. Ayala, afamados darwinistas, declaraban : "*la teoría sintética del siglo XXI se apartará considerablemente de la que se elaboró hace unos pocos decenios, pero su proceso de aparición tendrá más de evolución que de cataclismo*" (Stebbins y Ayala, 1985).

Si hoy hacemos un balance y añadimos los nuevos y continuos descubrimientos a aquellas incertidumbres, es posible que la nueva síntesis sea una evolución de la anterior, pues la selección natural es un hecho

incuestionable, pero su "peso" en la teoría será tan escaso y diferente que también habrá que hablar de cataclismo.

Somos ya muchos los que en absoluto estamos de acuerdo con lo que, en el fondo, pensaban los autores citados y siguen pensando los aun numerosos partidarios de la vieja síntesis : "*no es probable que la nueva síntesis exija el rechazo del programa básico del darwinismo y de la teoría elaborada a mediados de este siglo*". Creemos que, no solo va a cambiar el programa básico del darwinismo, sino que va a tener que incorporar aspectos totalmente antidarwinistas, o mejor diríamos antineodarwinistas, relacionados con el lamarckismo, el saltacionismo o la evolución dirigida.

Y ello, porque resulta ya imposible obviar la evidencia :

1. la evidencia de que el progreso por emergencias sucesivas (donde el todo es más que la suma de las partes) es un hecho biológico irrefutable ;
2. la evidencia de que la selección natural solo apoya la adaptación local, la segregación de las especies y la microevolución ;
3. la evidencia de las macromutaciones, reflejadas, entre otros, por las abundantes poliploidías o la emergencia de la célula eucariota por endosimbiosis ;
4. la evidencia de una única línea recta que ha pasado por todos los niveles de complejidad desde la célula procariota hasta los mamíferos.

Ello da pie a los cuatro principios que, muy resumidamente, vamos a ver en este artículo : el principio de progreso, el principio de regresión, el principio de mutación y el principio de dirección.

Principio de progreso

Jordi Agustí resume perfectamente más de 100 años de discusión sobre la existencia del progreso en biología : "*Aunque negado por todos , son muchos los biólogos que admiten la existencia de cierto progreso biológico, definido de forma más o menos difusa en términos de aumento de complejidad*" (Wagensberg, 1998).

Resulta absurdo seguir negando el progreso, tal y como se han visto obligados muchos evolucionistas en su afán de obviar cualquier cosa que huelga a dirección, a antropocentrismo, o a antiazar. En contra del árbol progresivo "en abanico" de Darwin en el que las especies se diversifican incesantemente (figura 1), Stephen Jay Gould propone un árbol piramidal, gobernado más por la cantidad (número de especies de bacterias o número de anatomías básicas en el Cámbrico) que por la calidad (incremento de complejidad), la cual pasa a ser - para él - un elemento secundario y marginal (Gould, 1994).

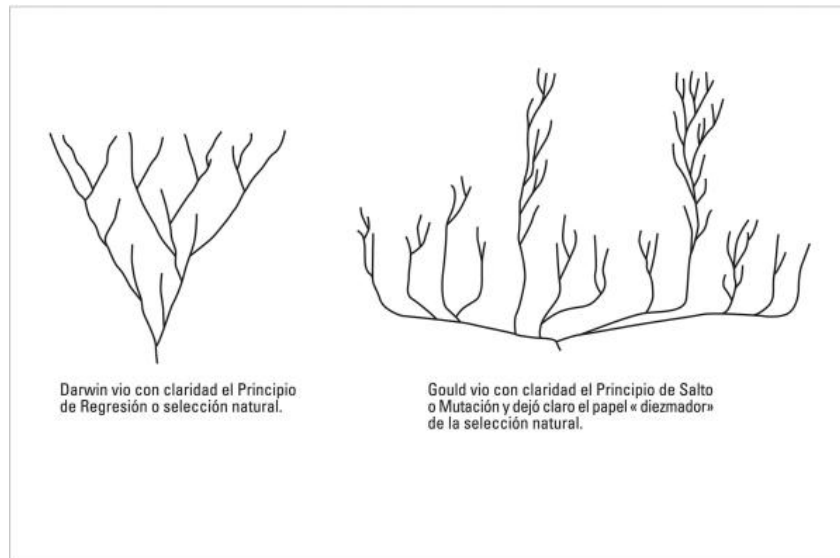


Figura 1. Árbol en abanico de Darwin (izquierda) y en pirámide de Gould (derecha). En el árbol de Darwin (1859) " *todos los atributos corpóreos y mentales tienden a progresar hacia la perfección*", mientras que en el árbol de Gould (1999), la mayor diversidad de formas anatómicas aparecen al comienzo de la vida pluricelular, reduciéndose posteriormente, con frecuentes extinciones.

Hasta los menos ortodoxos, como Gould o Margulis y Sagan, se oponen a la idea de progreso, pero, ¿de qué otra forma se podría llamar a la serie formada por los grandes hitos evolutivos?. Repasemos los más importantes: procariotas, eucariotas unicelulares, plantas, invertebrados, peces, anfibios, reptiles, mamíferos, homínidos, *Homo* y *Homo sapiens*. Ignoramos también por qué hay tantos autores que aun ven difusa la definición de progreso cuando resulta obvio que este no es más que el incremento de complejidad del sistema nervioso. Incremento que, como bien ha dicho Jorge Wagensberg (1998), da lugar a una cada vez mayor independencia del medio y, por tanto, a imponerse cada vez más sobre el entorno. Minimizar la importancia de estos hitos macroevolutivos, por su escasa frecuencia entre el mar infinito de la especiación microevolutiva, es tan absurdo como restar importancia al *Big-Bang* por haber ocurrido una sola vez en la evolución cósmica.

La oposición de Gould a la iconografía clásica proviene de la mala interpretación del progreso observado en la naturaleza: si observamos, por ejemplo, el árbol del conocido zoólogo germano Ernst Haeckel, de 1910 (figura 2), su gran tronco central parece indicar que los peces, en plural, dan lugar a los anfibios, o que los anfibios dan lugar a los reptiles. Pero, nada más alejado de la realidad, pues tan solo una línea de peces ha dado lugar a los anfibios, tan solo un anfibio ha dado lugar a los reptiles y así sucesivamente. Y tal fenómeno nunca más se ha repetido.

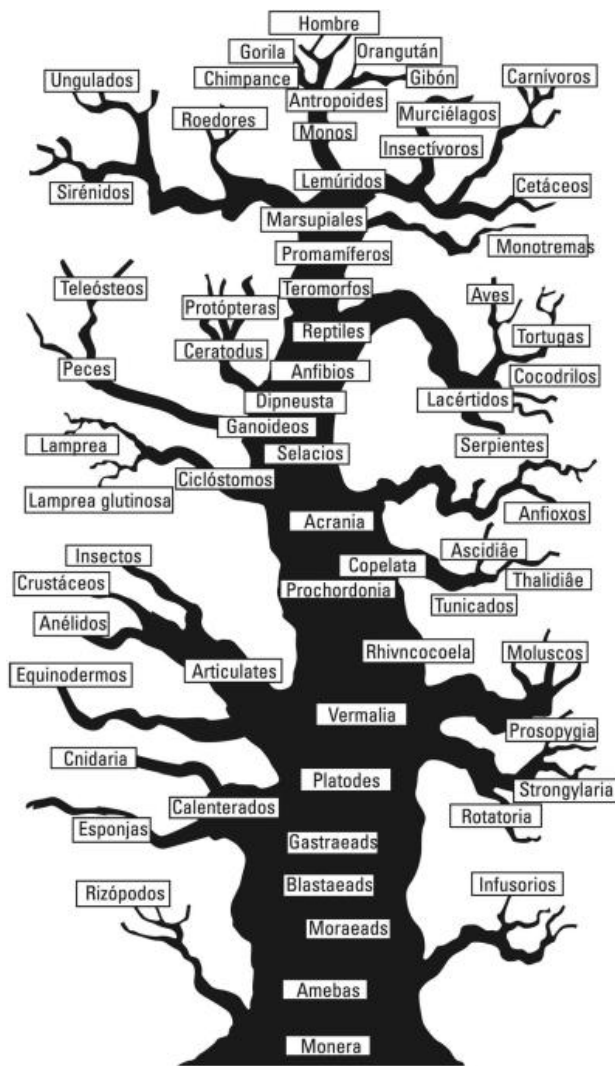


Figura 2. La representación del árbol de la vida, también va evolucionando con el tiempo. El de Haeckel, de 1910, acertó al reflejar la evidencia del progreso, pero falló en la frecuencia del mismo. El eje central no es un grueso tronco sino una fina caña.

El árbol de la vida hay que verlo como se muestra en la figura 3, en el que cada uno de los grandes hitos, sumamente infrecuentes e improbables, da lugar a la pirámide observada por Gould, pero incrustados todos ellos dentro de la gran estructura en abanico descrita por Darwin.

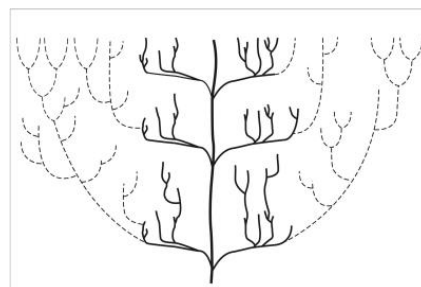


Figura 3. Árbol propuesto por la teoría neortogénica. El árbol de Darwin es, en realidad, una sucesión de "árboles de Gould", unidos por una simple línea evolutiva. Con el paso del tiempo, estas uniones han formado un eje en el que han quedado reflejados los saltos y el progreso (macroevolución), mientras que las ramas

laterales (la mera "estela del progreso") reflejan la diversificación de las especies (microevolución) y las frecuentes y constantes extinciones.

Cada una de esas pirámides, o "bigbang", evolutivo es un nuevo nivel de complejidad que supera al anterior en capacidad para independizarse del entorno: una bacteria, o colonia de bacterias, está a merced absoluta del ambiente, mientras que muchos mamíferos o aves son capaces de aprender y de efectuar grandes modificaciones en el mismo (nidos, madrigueras, etc.) (figura 4).

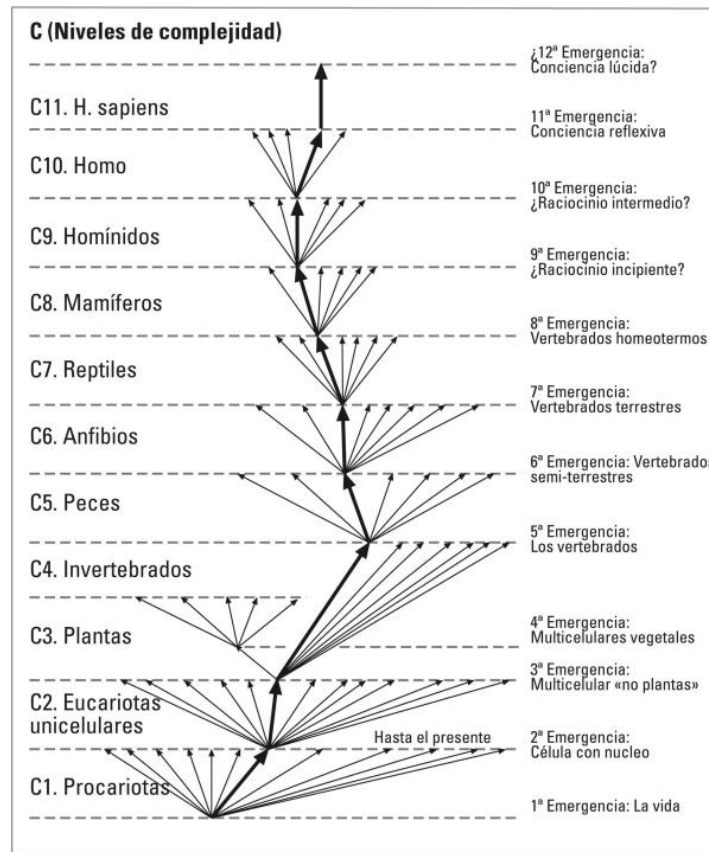


Figura 4. Nuevo árbol de la vida. No es cierto que los peces den lugar a los anfibios. Los peces solo dan lugar a más peces y tan sólo una de sus líneas evolutivas da lugar a los anfibios ; tan sólo un anfibio da lugar a los reptiles ; tan sólo un reptil da lugar a los mamíferos. Y eso nunca más vuelve a repetirse. Todo el árbol evolutivo ha estado en manos de unas pocas especies localizadas a lo largo de un delgadísimo "eje central". Es una estructura sumamente extraña (imposible desde el punto de vista darwinista) que aun no ha sido explicada por ninguna teoría evolutiva.

Lo grave del asunto es que admitir el progreso equivale a admitir la *ortogénesis retrospectiva*, ya que ese progreso, el de los grandes hitos, ha tenido lugar solo en una única línea evolutiva de entre todos los miles o cientos de miles que han existido. En todas las restantes ramas, la evolución ha sido muy limitada pues ninguna de ellas ha progresado tanto como esa línea principal. Es cierto que todas ellas recorren una primera etapa de desarrollo y progreso, pero sin lograr sobrepasar más de un nivel de complejidad. Quizás la que más progreso haya experimentado ha sido la "línea progresiva" de los artrópodos, que ha pasado de los organismos acuáticos a los terrestres y a los voladores. Pero, a pesar de los aparentes logros ("vida social" de los himenópteros, como las hormigas), no han dejado de ser artrópodos, no han dejado de ser invertebrados y su sistema nervioso no ha conseguido sobrepasar cierto umbral.

Tras una inicial etapa de progreso reina la estabilidad (simple diversificación o "barajamiento de genes") y la degeneración por adaptación excesiva. Recordemos que el culmen de la adaptación es el parasitismo, que no es sino el estado previo a uno de los diferentes tipos de extinción. La sucesión de "pirámides" que observamos en el árbol de la vida, parece necesaria para que la evolución no se detenga por envejecimiento de todas las líneas evolutivas. El tiempo transcurrido entre "pirámides" o "bigbangs" evolutivos puede ser amplio al comienzo, cuando los organismos aun son simples y los caminos evolutivos son numerosos, pero se acorta cuando aumenta el grado de complejidad y los caminos posibles se restringen.

Si observamos el árbol evolutivo de los peces, dibujado en el artículo de James W. Valentine de 1979 (figura 5), podemos darnos cuenta de algunos más de los errores a los que nos venimos refiriendo, comenzado por la confusión entre antiguo y primitivo. Solemos asumir que las especies más antiguas son las más primitivas o menos evolucionadas, cuando es justo lo contrario: como vemos, los peces de aletas lobuladas aparecen casi marginalmente, con una leve referencia "*hacia los anfibios primitivos*", dando la impresión de que la actual radiación de los teleósteos constituye el culmen de la evolución de este nivel de complejidad, cuando en realidad, es esa precoz y antigua línea que conduce a los anfibios, la que da lugar a todos los siguientes niveles de complejidad.

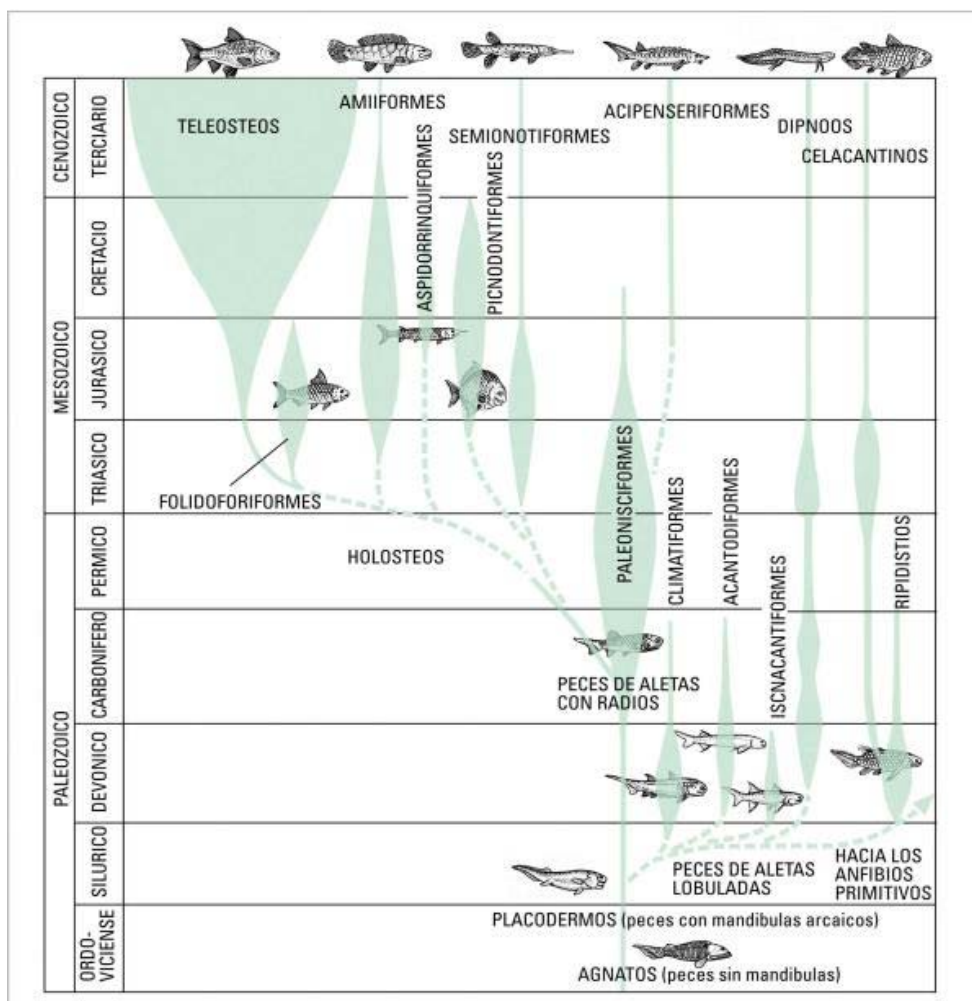


Figura 5. El árbol evolutivo de los peces de Valentine (1979) nos muestra que toda la complejidad y diversidad de grupos aparece al principio, y que la rama evolutiva principal, la realmente progresiva, pasa desapercibida mientras se resaltan las líneas secundarias.

Se observa claramente la "precocidad de la complejidad" (perfectamente reflejada en el anterior árbol de Gould), pues los anfibios aparecen casi tras la misma aparición de los peces, tras un cortísimo período de desarrollo. Vemos también como tras el Carbonífero o Pérmico apenas aparecen nuevas anatomías, sino más bien diversificación y extinción. Esa precocidad de los peces lobulados y crossopterigios queda manifiesta con sus complejas escamas cosmoideas, sus incipientes órganos pulmonares, su encéfalo anfibioide, o sus miembros de tipo arquipterigio, provistos de soportes óseos en su interior, de las que derivan las extremidades de todos los vertebrados tetrápodos. Todos los demás grupos de peces han dado lugar a peces y solo a peces.

Tanto en el caso de los anfibios como de los reptiles se observa el mismo fenómeno. En el antiguo árbol de los reptiles de Valentine (figura 6) ni siquiera aparece el nombre de los mamíferos, el siguiente nivel de complejidad. Los terápsidos, a la derecha del árbol, aparecen como un simple grupo marginal y extinto que pasa totalmente desapercibido, dando la impresión de que los más evolucionados son las actuales serpientes, lagartijas o cocodrilos. Nada más lejos de la verdad, pues estos últimos son grupos residuales y regresivos en trance de extinción, mientras que los terápsidos, aun siendo los más antiguos, son los más avanzados y verdaderos precursores de los mamíferos. El árbol correcto debería representar a los terápsidos en la cima, y a todos los restantes en las ramas laterales.

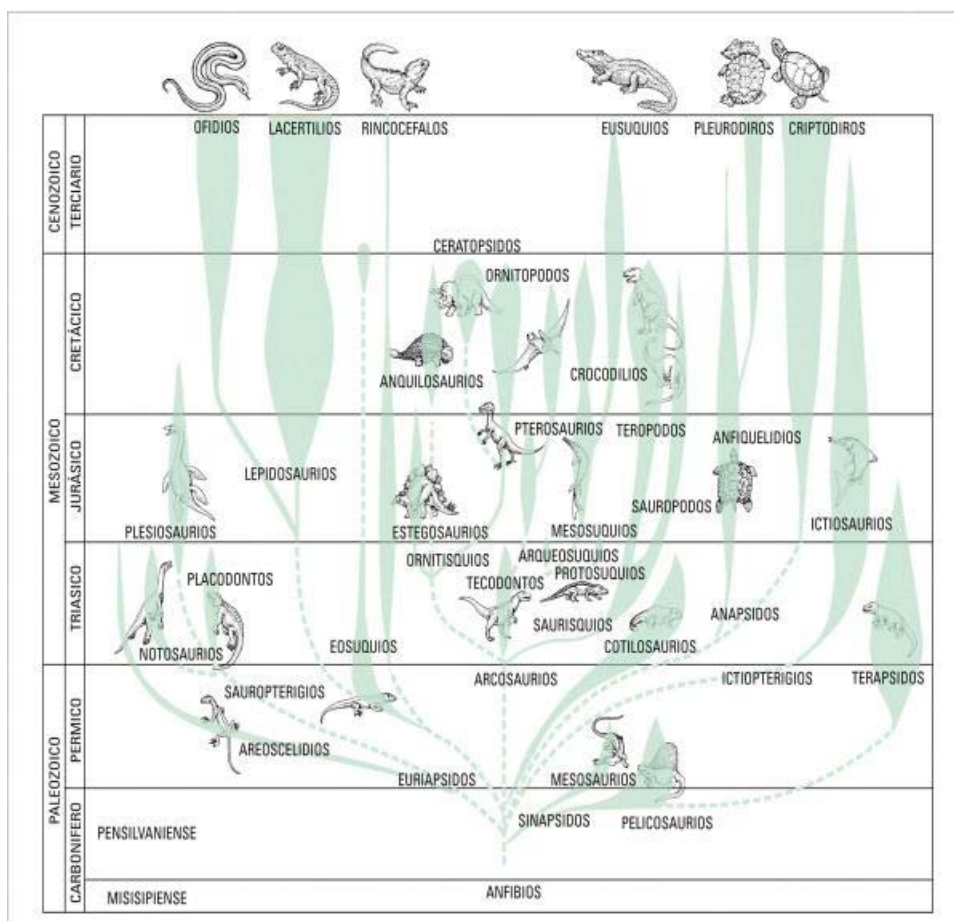


Figura 6. En el árbol de los reptiles de Valentine observamos el mismo fenómeno, aun más marcado si cabe: un "bigbang" evolutivo al comienzo de la radiación de los reptiles, seguido de la rápida y prematura aparición del siguiente hito evolutivo: los mamíferos (sucesores de los terápsidos, a la derecha). Como vemos, nada de "lenta evolución gradual". El árbol de los reptiles refleja con claridad la evolución regresiva, pues las actuales, y escasas, especies supervivientes están tan especializadas que casi todas se encuentran en peligro

de extinción. Estas y los actuales anfibios serán, sin duda, las primeras afectadas por el actual cambio climático.

De nuevo observamos que ninguna otra línea de reptiles da lugar a mamíferos o cualquier otro nuevo nivel de complejidad, y de nuevo observamos (con asombrosa claridad) la estructura en pirámide de Gould: cuanta más antigüedad mayor complejidad y mayor número de anatomías, todas las cuales aparecen antes del Jurásico. Se observan algunos progresos secundarios, como en el caso de los pterosaurios voladores, pero en ningún caso dejan de ser reptiles. Incluso entre las aves consideradas como los modernos dinosaurios hemos encontrado numerosas regresiones (Doménech, 1999) constatando que cada anatomía, dentro de un mismo nivel de complejidad, sigue una estructura fractal.

También destaca la reversión o vuelta al agua de muchos grupos como ha sido el caso de los ictiosaurios, notosaurios, plesiosaurios, mesosquios, anapsidos, crocodilios, algunos ofidios, etc. Los actuales reptiles, como los anfibios, son reliquias del pasado, especímenes muy especializados, incapaces de crear nada nuevo. Como sabemos, la evolución de anfibios y reptiles está llegando a su fin y posiblemente sucumban tras el actual estasis ambiental y genético, ante el inminente cambio climático.

El mismo esquema se puede apreciar en el árbol de los mamíferos de Valentine (figura 7), donde observamos una evolución totalmente antidarwiniana por muchos motivos. En primer lugar, vemos que no hay ningún tipo de evolución gradual entre los diferentes órdenes de mamíferos, pues, al igual que sucede con los invertebrados del Cámbrico, todos ellos aparecen de forma extraordinariamente repentina y, como afirmó Stephen J. Gould (1999), tras un largo período de estasis evolutivo, es decir, por saltos. Es más, algunos grupos, supuestamente más avanzados, como los primates, aparecen al mismo tiempo (o incluso antes, según los últimos estudios), que los demás. Lo mismo sucede con los cetáceos, cuya reversión al medio acuático debería situarlos al final del árbol. Tras esta explosión, como vimos con los reptiles, apenas ha habido innovaciones de importancia, desde el Paleoceno.

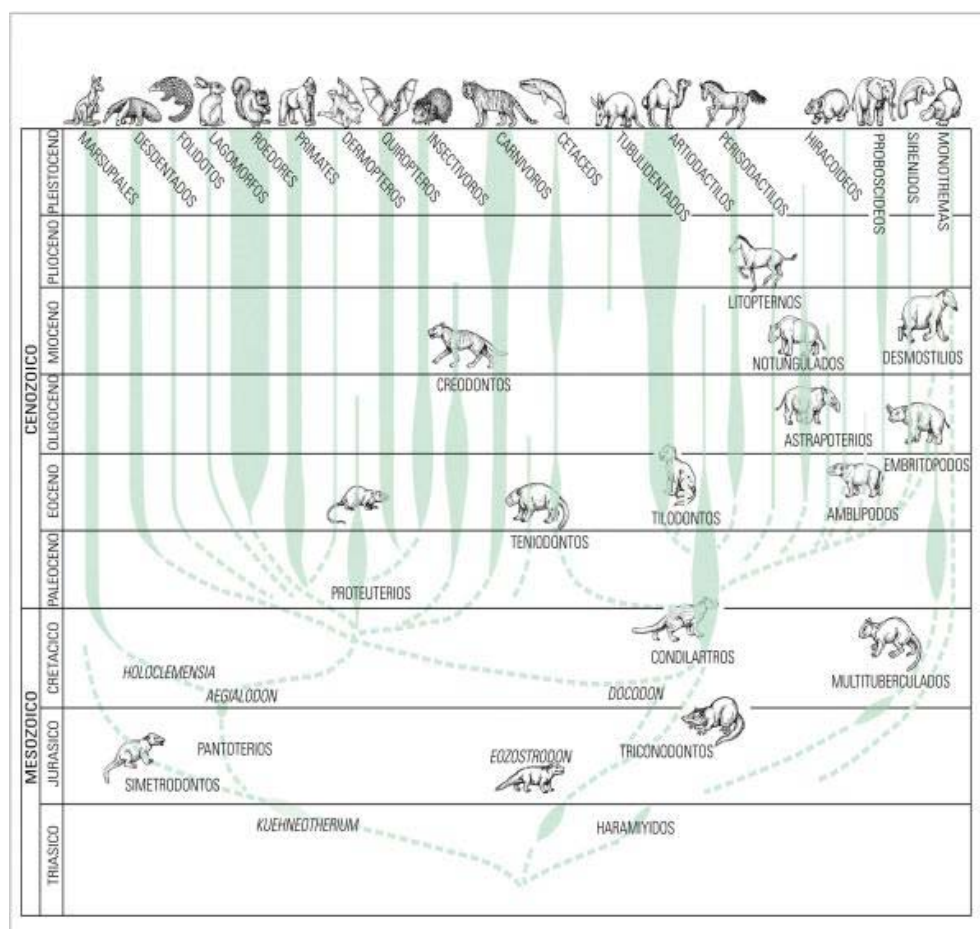


Figura 7. El "bigbang" de los mamíferos es incluso más espectacular que la de los invertebrados del Cámbrico : todos los órdenes de mamíferos actuales aparecen a la vez y de repente, hace unos 65 millones de años.

Se observa también en dicho árbol que no se le concede a los homínidos o al hombre ningún puesto especial, figurando los primates entre todos los demás mamíferos cenozoicos. Este árbol es tan explícito que no obliga a cambio alguno : en una correcta representación tan solo habría que sustituir el gorila que figura en la cima de la evolución de los primates, por un *Homo sapiens* (asunto este que siempre se rehuye), y dejar claro que este último constituye un nuevo nivel de complejidad, totalmente diferente a los anteriores.

Poco sabemos aun sobre los últimos niveles de complejidad, pues la mente no se fosiliza y no sabemos si hubo un único salto hacia la consciencia reflexiva o varios saltos que podríamos dividir, por ejemplo, en consciencia incipiente, intermedia y plena, correspondientes a los estados "homínido", "*Homo*" y "*sapiens*". Si somos fieles a las observaciones anteriores (es decir, a la *ortogénesis retrospectiva* reflejada en el registro fósil), y a la cadencia cronológica de las anteriores emergencias (ver la figura 10), el primero de esos estados bien podría corresponderse con la radiación de los mismos primates, que, como acabamos de ver, tuvo lugar junto con la de todos los mamíferos cenozoicos, hace unos 65 ma ; el segundo con la radiación de los simios del Mioceno, hace unos 25 ma, y el tercero, con la radiación de los que hoy conocemos como homínidos pliocénicos, hace 5,5 ma.

Las fechas son muy controvertidas en el momento actual de la ciencia, pero, por lo pronto, podemos decir que los orígenes de los homínidos ya se hunden en el Mioceno, tal y como pronosticamos en anteriores trabajos (Doménech, 1999), cuando los *Ardipithecus*, con sus cerca de 6 millones de años (en adelante, ma)

de antigüedad, aun no se habían descrito. También podemos decir que existen autores, de la talla del paleontólogo Bjorn Kurtén, que sugieren que el linaje humano podría remontarse hasta *Propliopithecus*, un pequeño primate de hasta 30 ma de antigüedad, con cortos caninos y un arco mandibular muy parecido al humano (Edey, 1993).

Recordemos que los anfibios aparecen 100 ma después de la aparición de los peces ; los reptiles, 50 ma más tarde y los mamíferos mesozoicos (parecidos a ratones) unos 120 ma después. Por lo tanto, un momento propicio para la emergencia de la "conciencia incipiente" podría haber sido el Paleoceno, hace 65 ma, unos 160 ma después de la aparición de los mamíferos, época de grandes convulsiones geoclimáticas y genéticas (aparición "repentina" de casi todas las actuales formas de mamíferos). Esto permitiría retrasar la aparición de *Homo* al Mioceno, con una capacidad cognoscitiva aun más desarrollada, y la del hombre moderno a principios del Plioceno, hace unos 5,5 ma, tal y como propone la teoría del "origen remoto" del *Homo sapiens* (Doménech, 2005).

Aunque sin poder extendernos aquí mucho más, podemos explicar ese mayor potencial evolutivo que sigue a cada emergencia, en términos de capacidad para integrar nuevos genes o nuevo ADN. En los casos de duplicación génica, por ejemplo, existen genomas enteros a disposición de la naturaleza para ensayar nuevas posibilidades conservando el genoma original. Es en esos momentos de "rejuvenecimiento genético" cuando existe una gran plasticidad inicial, la cual se va reduciendo conforme avanza la coadaptación (de genes, especies o comunidades) y conforme aumentan las restricciones o canalizaciones filogenéticas.

Principio de regresión

El Principio de Regresión es el más difícil de admitir y, a la vez, el más evidente, una vez admitido. Siendo palmaria la existencia de dos fuerzas opuestas en todo lo existente, atracción y repulsión, orden y desorden, equilibrio e inestabilidad (figura 8), la actual síntesis se ha basado sólo en una de ellas : la fuerza repulsiva, desintegradora y diversificadora, propia de la selección natural, y, encima, se ha entendido mal. Esta, provoca una adaptación lenta y permanente, que lleva a la especialización, y esta a su vez, a un callejón sin salida, tal y como reconoce el mismo Ernst Mayr (1979) uno de los padres de la vieja síntesis : "*la tendencia hacia cualquier carácter resulta incoherente ya que cambia de dirección repetidamente, y, a veces, incluso se invierte... una nueva mejora fisiológica convertirá al individuo en competidores más fuertes y, por tanto, contribuirá a la diversificación y a la especialización ; dicha especialización conduce a menudo a un callejón sin salida*". Pero, ya son muchos los que se han dado cuenta de esto, como, por ejemplo, S.J. Gould : "*la fauna de Burgess Shale nos muestra que la mayor gama de posibilidades anatómicas surge en el primer ímpetu de la diversificación. La historia posterior es un relato de restricción*" (Gould, 1999).

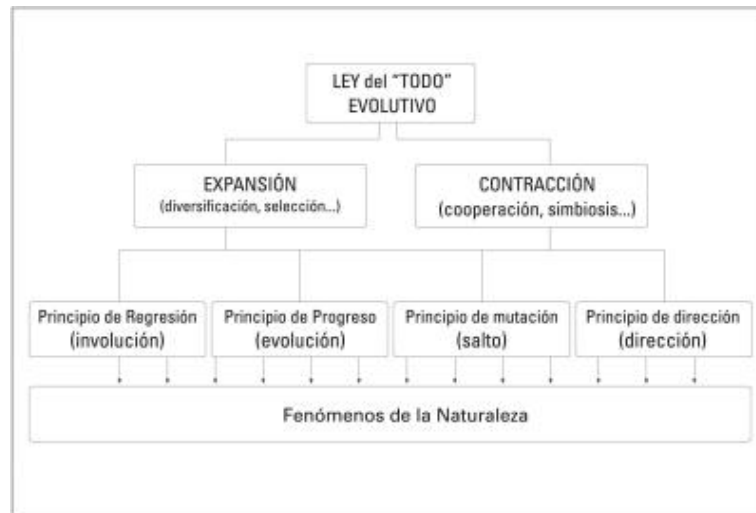


Figura 8. Las fuerzas de la naturaleza están presentes en todo lo observado.... y resulta inútil ignorarlas.

Todos los ejemplos de evolución conocidos, basados en la selección natural, se pueden resumir en el caso de los famosos pinzones de Darwin, utilizado por este para construir su teoría evolutiva y quizás el ejemplo más citado de toda la literatura evolucionista. En las islas Galápagos existen 14 especies de pinzones, de las que 6 están adaptadas a comer semillas en el suelo ("terrestres"), otras 6 a comer insectos de los árboles ("arborícola"), una come insectos entre los matorrales ("gorjeador") y la última, aislada en la isla de los Cocos, caza insectos en el bosque tropical. De las especies terrestres tres comen semillas, difiriendo en el tamaño de los picos y adaptados a distintos tamaños de grano; una come frutos del nopal y su pico es más largo y puntiagudo; y las otras dos complementan su dieta granívora con cactus, para lo que disponen de picos adecuadamente modificados. Entre los arborícolas, una especie es vegetariana; otras tres se diferencian en el tamaño del cuerpo y del pico, relacionado con el tamaño de los insectos que cazan; otra come insectos de los manglares y la última se ha adaptado a extraer insectos de las cortezas con una espina de cactus.

Todas las especies de pinzones se han adaptado a un "espacio ambiental" diferente y todas ellas conviven armónicamente. Los darwinistas opinan que las diferentes especies se formaron por aislamiento, a partir de un fundador original, en diferentes islas. Aunque más tarde se encontraran de nuevo, el aislamiento y la acumulación de mutaciones, harían inviable el entrecruzamiento: ya eran especies diferentes. Esto demuestra que a partir de una especie se pueden formar nuevas especies. Así funciona la evolución.

○ así funcionaba hasta ahora. Otra línea de argumentación (que siempre ha existido) interpreta esta modalidad evolutiva (cladogénesis) de forma totalmente contraria: la diversidad es un sorprendente fenómeno de la vida, absolutamente necesario para la perpetuación de la misma, pero lo cierto es que la especie más "evolucionada" es precisamente la especie original fundadora, mientras que las especies derivadas siempre salen perdiendo. El motivo es que las primeras siempre son más generalistas con respecto a las segundas, cuya constante adaptación y especialización restringe la original capacidad adaptativa o adaptabilidad ante futuros cambios ambientales.

En una palabra, cada especie derivada supone una simplificación de la especie original, y por lo tanto, la especiación es en sí misma una regresión en el sentido que le damos aquí.. Si, por ejemplo, desaparecieran de una zona los insectos pequeños, de forma repentina, las especies especializadas en comer insectos pequeños se extinguirían (siempre y cuando no pudieran migrar), mientras que las especies adaptadas a comer insectos pequeños, medianos y grandes, sobrevivirían. Si a una adaptación de valor "5" (cinco tipos de alimento, o cinco tipos de ambientes diferentes), le sigue otra de valor "4" y luego otra de valor "3", "2" ó "1" (especialización

creciente), podemos intuir fácilmente el destino de ese linaje. Tras un largo período de diversificación estable, donde lo único que se produce en un simple "barajamiento" de genes, con pocos cambios en la anatomía básica, la continua adaptación y especialización de un linaje conduce a la simplificación y a la pérdida de plasticidad o "envejecimiento". Los reyes de la adaptación son los parásitos, en los cuales podemos constatar drásticas atrofas; reducción de órganos, miembros o sistemas; dependencia absoluta del entorno, y tendencia a la "adaptabilidad cero".

Otro ejemplo más reciente es la "evolución en un vaso de agua", de Rainey y Travisano (1998): una bacteria, *Pseudomonas fluorescens*, colocada en un tubo de ensayo donde se provocan tres ambientes diferentes, origina a los pocos días tres formas diferentes, distinguibles por el aspecto que presentan las colonias. Mientras que para la mayor parte de los evolucionistas, es un ejemplo más de evolución por selección, se observa con claridad que la forma generalista original, adaptada a un todo ambiental, se separa en varias formas más especializadas, adaptadas a una porción del todo original. Todas ellas pierden capacidad de adaptación, con respecto a la forma original.

Todas las líneas evolutivas surgidas después de una gran emergencia tienen aun el suficiente potencial para progresar, y, de hecho, muchas de ellas, aunque no pertenezcan a la "línea progresiva absoluta", también han conquistado el medio terrestre, e incluso, algunas, el aéreo, pero su progreso se ha detenido tarde o temprano. Evidentemente, solo podemos catalogar dichos progresos como de secundarios con respecto al progreso absoluto. En la figura 10, vemos que los procariotas de hace 3500 ma siguen dando procariotas en la actualidad, lo mismo que los artrópodos del Cámbrico siguen dando artrópodos en la actualidad.... eso sí, con multitud de líneas extinguidas durante el camino.

Cuando las posibilidades de diversificación de una línea evolutiva ya son mínimas, debido a la pérdida de plasticidad, cualquier cambio de ese ambiente lleva a la extinción. Como los parásitos, cuya suerte va ligada a la de su huésped, todas las especies finales, "viejas" o "seniles" poseen una creciente dependencia del entorno, pudiendo ser consideradas auténticos parásitos del ambiente.

Además de la infinidad de ejemplos de regresión en especies concretas, estudios recientes apuntan a un único origen de la segmentación en antecesores comunes a artrópodos, anélidos y cordados (Davis *et al.*, 2000, 2002), lo que induce a pensar que tanto en moluscos como en otros grupos de invertebrados, la segmentación se habría perdido. Aplicando el mismo criterio, algunos tipos de invertebrados diblásticos, podrían derivar de los triblásticos por simplificación, como puede ser el caso de los Mesozoos (Grassé, 1976). Y, del mismo modo, algunos acelomados (platelmintos, nemertinos, acantocéfalos) y pseudocelomados (nemátodos, priapulidos, rotíferos) podrían derivar de los celomados.

El importante, y descuidado, fenómeno de la simplificación estructural en la evolución tiene mucho que ver con la pérdida de genes *Hox*, principales responsables de la diferenciación de los diferentes segmentos, al regular la expresión de muchos genes (estructurales y reguladores) a lo largo del eje anteroposterior. Describir los innumerables ejemplos de simplificación, regresión y extinción, así como aplicar lo aquí dicho a las diferentes modalidades de evolución, sobrepasa los límites de este artículo.

Principio de mutación

Tal y como deja claro Lynn Margulis en todas sus obras, la simbiosis y la cooperación (fusión o unión) tiene mucha más importancia en la evolución que la mutación al azar y la acción disgregadora de la selección natural. Margulis y Sagan (1999) proponen una primera fusión entre las arqueobacterias fermentadoras y las eubacterias nadadoras para dar lugar a los protocistas anaeróbicos; una segunda fusión entre estos y las eubacterias aeróbicas para dar lugar a las células con núcleo; y una tercera fusión entre estas y las cianobacterias fotosintéticas para dar lugar a las algas unicelulares. En la actualidad, se ha impuesto la idea de que todos los animales superiores, entre los que se encuentra el hombre, proceden de una gran mutación por endosimbiosis.

Si bien la evolución gradual por selección natural tiende a la disgregación de las partes, la Evolución progresiva por saltos consiste precisamente en lo contrario: la unión de las partes. Parece evidente que la unión de las partes (dos células sin núcleo) dio lugar a la célula con núcleo. Parece evidente que la unión de las partes (dos células, o más, con núcleo) dio lugar a los pluricelulares. Y empieza a ser evidente que la unión de las partes dio lugar, incluso, a los vertebrados: en este caso, por medio de genes duplicados en el genoma y posteriores mutaciones independientes. La evolución de los vertebrados por poliploidía está prácticamente demostrada merced a los últimos avances de la biología molecular. Parece ser que los invertebrados sólo poseen una copia de genes *Hox*, mientras que los peces sin mandíbula poseen una doble copia producida por duplicación génica. Los peces mandíbulados poseen cuatro complejos *Hox*, producida por duplicación de la anterior, al igual que los tetrápodos derivados de estos, todos los cuales poseen cuatro copias. Se piensa que estas poliploidías continuaron y que los ancestros de los peces teleosteos tenían 8 complejos *Hox*, lo que explicaría por qué algunos peces actuales poseen esas 8 copias (como el pez cebra). La mayor parte de los peces actuales poseen cuatro copias, obtenidas por pérdida de la mitad de las ocho copias ancestrales. Una vez más, la reducción de genes, más frecuente de lo que se cree, va acompañada de simplificación y regresión morfológica, tal y como sucede con el pez *Fugu*, en el que se reduce la pelvis y las costillas (Aparicio, 2000).

La teoría de la mutación que antaño defendieran Hugo de Vries, o la importancia que le diera William Bateson (con su teoría de la "mutación negativa" o inhibición de genes), J.P. Lotsy (y su teoría de la "hibridación creativa") o Goldschmidt (autor de la teoría del "monstruo prometedor"), entre muchos otros, fue recuperada recientemente por Stephen Jay Gould, el brillante paleontólogo de Harvard que redescubrió, junto con Niles Eldredge, que los antiguos científicos tenían razón (Gould, 1994). Su teoría del equilibrio puntuado, según la cual la evolución consiste en cambios bruscos seguidos de grandes períodos de estabilidad, redescubre el saltacionismo de antaño, cuyo nombre reivindicamos, en honor de tan ilustres científicos.

Tanto la teoría de la "integración de sistemas complejos", de Máximo Sandín, como la teoría endosimbionte y la simbiogénesis, de Margulis y Sagan, dan una vuelta de tuerca al proceso iniciado por Gould: ¿qué está ocurriendo durante esos saltos evolutivos?; ¿qué fenómenos podrían dar lugar a esa "evolución rápida" claramente observable por los paleontólogos?

Dejando a un lado los grandes cambios provocados por mutaciones ocurridas en las primeras fases de la ontogenia en formas dotadas de plasticidad fenotípica (finalmente reconocidas por los modernos biólogos del desarrollo), la base de la teoría de Sandín (lamarckista, por cierto) y su equipo de la Universidad Autónoma de Madrid, parte de la capacidad de los virus para insertarse en el genoma, en una especie de "módulos compactos", con funciones perfectamente definidas y operativas. Sus observaciones le llevan a concluir que "los genomas animales y vegetales están constituidos por una suma de genomas bacterianos y virales" (Sandín, 2003). Si observamos algunos de los árboles evolutivos más recientes (figura 9), podemos darnos cuenta de cómo nos estamos alejando de los dogmas que hasta ahora han imperado en las ciencias de la vida.

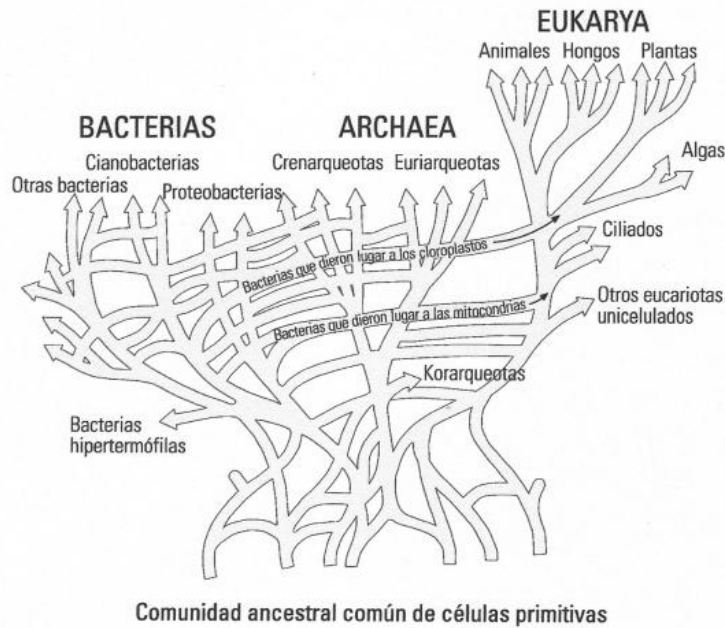


Figura 9. Versión "en red" del árbol de la vida, de W. Ford Doolittle (1999), donde se muestra que los eucariotas adquirieron los cloroplastos y mitocondrias de las bacterias, así como la universal transferencia horizontal de ADN. Aunque rompe moldes, sigue integrando los árboles en pirámide de Gould con los clásicos en abanico.

Es decir, la evolución por saltos podría estar basada, por ejemplo, en "infecciones" masivas de módulos de ADN (vía virus) acaecidas ante especiales eventos ambientales movilizados de energía (grandes cambios geoclimáticos). Cada uno de estos módulos contendría uno o más algoritmos genéticos perfectamente funcionales, que permitiría acotar bastante más los cálculos cronológicos que nos ofrece una evolución meramente azarosa y micromutacional, al tiempo que permitiría obviar, de una vez por todas, la persistente carencia de formas intermedias en el registro fósil. Como ya hemos dicho, un muy sugerente mecanismo de evolución cuántica es la duplicación genética y posterior integración de genes en una de las copias (libre para "experimentos" naturales de todo tipo), mientras que la otra copia mantendría intactas las funciones originales.

Son ya decenas las citas y sugerencias acumuladas, de las que entresacamos una al azar del mencionado artículo de Sandín (2003): "*Existen sintagmas (complejo genproteína) que controlan el desarrollo embrionario de, por ejemplo, ojos, patas, alas..., independientemente del tipo de ojo, pata o ala, es decir del Phylum al que correspondan : los apéndices de vertebrados y artrópodos no son estrictamente órganos homólogos pero vemos que en su morfogénesis hacen uso de genes y sintagmas conservados*" "*Los genes Hox, implicados en el control del desarrollo embrionario de tejidos y órganos, son, como todos sabemos, secuencias repetidas en tándem, y sabemos también que los responsables de las repeticiones en el ADN son los retrotransposones*" (a propósito de una publicación de García Bellido sobre la gran "explosión cámbrica").

Y otra cita de uno de los últimos libros de Margulis y Sagan (2003), cuyo título lo dice todo (*Captando genomas*): "*Las fusiones biológicas que se inician en forma de simbiosis, constituyen el motor de la evolución de las especies... demostraremos aquí que la fuente principal de variación hereditaria no es la mutación aleatoria, sino la adquisición de genomas*". Recomendamos la lectura completa de este libro para comprobar si lo demuestra o no, y cerrar así, de forma definitiva, este *Principio de Mutación*.

La activación-desactivación de genes y de complejos de genes "algorítmicos" queda patente con el reciente descubrimiento de que "el insecto palo" ha perdido y recuperado sus alas varias veces en el curso de la evolución. En esta última ocasión, las alas se recuperaron a través de instrucciones genéticas que permanecieron latentes durante..... ¡ 50 millones de años ! (Whiting *et al.*, 2003). Entre los insectos existen numerosos casos de pérdida de alas (con tendencia al parasitismo) en heterópteros, homópteros, anopluros, malófagos, psocópteros, estrepisípteros, himenópteros, sifonápteros, etc. Entre las cochinillas o cóccidos "*las especies más evolucionadas ofrecen una serie de regresiones morfológicas, como pérdida de patas, alas, antenas, ojos, a menudo piezas bucales, todos los machos de cóccidos están desprovistos de estiletes y rostro ; el orificio bucal no es funcional*" (Grassé, 1976). Ha sido demostrada la relación de simples genes con importantes caracteres morfológicos y grupos de caracteres, como el gen *Hand2* (pez cebra, ratones, pollos...) que codifica para una proteína que regula la expresión de genes sin los cuales no se desarrolla la placa lateral mesodérmica, ni las estructuras que derivan de él : mandíbulas, corazón o aletas pectorales.

Las macromutaciones, el saltacionismo y los "monstruos prometedores" de Goldsmith han sido demostrados, y con estos, lo fácil que resulta incrementar la complejidad de forma súbita o regresar a estados pasados. Algunos críticos creen que regresión significa volver por los mismos pasos evolutivos ya recorridos. Diremos, para su satisfacción, que la regresión es todo lo contrario : es avance, pero avance por el camino contrario al de la complejidad, es decir, el de la simplificación.

Principio de dirección

Es mucho lo que hay que decir, desde los experimentos de Cairns, sobre la direccionalidad evolutiva para resumirlo en un corto artículo. El equipo de Cairns observó que en situaciones de estrés ambiental, la levadura presentaba la mutación necesaria para su adaptación, en mayor frecuencia de la esperada. Como uno de los posibles mecanismos para explicar este comportamiento, aparentemente lamarckiano, sugería la producción, a partir de un único gen, de varios mRNA, para luego fijar en el DNA el mejor resultado adaptativo, por transcripción inversa (Cairns *et al.*, 1988). Aunque algunos lo llaman simplemente "mutación adaptativa", José Leonel Torres, en una obra más reciente (1995), revisa toda esta discusión desde los experimentos de Luria y Delbrück de 1943 (con los que se reabre éste nuevoviejo debate) y la interpretación de J. Mittler y R. Lenski (1990), en respuesta a la de Cairns, Overbaugh y Miller (1988), concluyendo : "*Una posibilidad considerada por Cairns y colaboradores, es la producción de múltiples copias no idénticas de mRNA por un mismo gen, bajo condiciones de estrés. Cada una de ellas originaría una enzima distinta, y si la célula poseyera la capacidad de medir la eficacia de sus productos y de copiar en inversa sobre el genoma, por la reversotranscriptasa, solo aquella versión de mRNA que produjera la mejor proteína, aceleraría precisamente las mutaciones útiles en la solución de su problema fisiológico... Un mecanismo como el descrito conferiría una gran ventaja adaptativa a los organismos que lo poseyeran, frente a aquellos que sólo mutaran aleatoriamente. Contradiría, según dijimos, una de las hipótesis básicas en la teoría de evolución de Darwin, reintroduciendo el lamarckismo en la biología; permitiría el flujo de información del ambiente al genoma*".

Pues bien, solo diremos que este mecanismo ya se ha encontrado (Herbert *et al.*, 1999), sin que aparentemente la comunidad científica haya reaccionado en absoluto. Todo lo contrario, y esto es lo más alarmante, algunos especialistas ignoran aspectos, como que "*los rasgos adquiridos pueden serlo no como tales, sino como genomas*" (Margulis *et al.*, 2003), e insisten en que "*no existe ningún fenómeno biológico concebible capaz de apoyar la evolución lamarckiana*" (Landman, 1993).

Un reciente y curioso artículo sobre la evolución de los lagartos del Caribe, parecen indicar que la evolución no tiene tantos caminos para elegir, sino que las direcciones están más marcadas de lo que parece. Resulta

que estudiando la evolución de los lagartos en varias islas diferentes del Caribe, los autores llegaron a la conclusión de que a partir de un fundador generalista, se forman diferentes formas especializadas de lagartos, unos adaptados a vivir en las ramas, otros en el tronco, otros en la cúpula arbórea, etc., es decir, lo que siempre sucede, como acabamos de ver con los pinzones de Darwin. Pero, lo original de este caso es que ocurre lo mismo en 4 islas diferentes y afecta a comunidades enteras y no sólo a una especie como en los clásicos ejemplos de convergencia evolutiva (Losos *et al.*, 1998).

Este ejemplo ha reabierto entre los zoólogos el viejo debate acerca de si existe un cierto determinismo evolutivo, es decir, ¿discurre la evolución al azar o existen en realidad unos pocos caminos donde elegir? Pero, lo cierto es que el debate nunca se había cerrado entre los biólogos del desarrollo, los cuales descubrieron ya hace tiempo que existen "canalizaciones" que restringen el camino a seguir, es decir, en cierto modo descubrieron el famoso "programa interno" de los antiguos ortogenistas que muchos expertos despistados aun se niegan a admitir.

Las llamadas "tendencias progresivas" de Haeckel tienen su continuidad en autores modernos como Brian Goodwin (1998), que sugiere tendencias en el incremento de complejidad debidas a la morfogénesis autoorganizada de los sistemas; o Michael McKinney (1998), que no solo defiende las ideas de progreso e incremento de complejidad, sino que propone un "progreso evolutivo esencial absoluto", basado precisamente en ese incremento histórico de complejidad. Es también el "progreso global" de Daniel Dennett, o la "gran dirección" de David Hull. Como dice McKinney: *"la evidencia paleontológica indica que los patrones de desarrollo de todas las formas de vida se han ido haciendo más restrictivos.... se ha reunido una considerable evidencia ontogenética y paleontológica a favor de que el diseño corporal de los diversos grupos de organismos se han ido congelando gradualmente tras un período inicial de relativa plasticidad"*.

Podemos especular lo indecible con este tema, pero no es necesario. Basta con analizar los hechos ya acontecidos. Si volvemos a nuestro árbol de la vida, aunque ahora representado en forma de flecha (figura 10), vemos que el fenómeno evolutivo más espectacular y, a la vez, el más ignorado por la inmensa mayoría de los evolucionistas, es lo que hemos llamado "exclusividad del progreso absoluto": ¿por qué no hay más de una rama que presente varios saltos de complejidad? Es más, ¿por qué no existen numerosas ramas que presenten dicho comportamiento, como cabría esperar de una evolución al azar? ¿Por qué no se han formado eucariotas u otros tipos de células complejas, múltiples veces? ¿Por qué no se han formado vertebrados - u otra cosa - a partir de varios tipos de invertebrados? Hace poco más de dos décadas, aun se pensaba que la mayoría de los grupos eran polifiléticos y que los organismos pluricelulares se habrían desarrollado independientemente en unas 17 ocasiones, por lo menos, a partir de antecesores unicelulares (Valentine, 1979). Era lo lógico. Pero, hoy en día, la cosa se ha reducido a tres: las plantas, los animales y los hongos, e incluso a dos (animales y hongos por un lado, y plantas, por otro), tal y como piensa L. Margulis. Incluso, en virtud del *principio de exclusión*, no hay que descartar un único origen de los seres multicelulares, separándose posteriormente los animales y plantas (bien por adición de cloroplastos, o bien por pérdida de los mismos en una de las líneas filogenéticas).

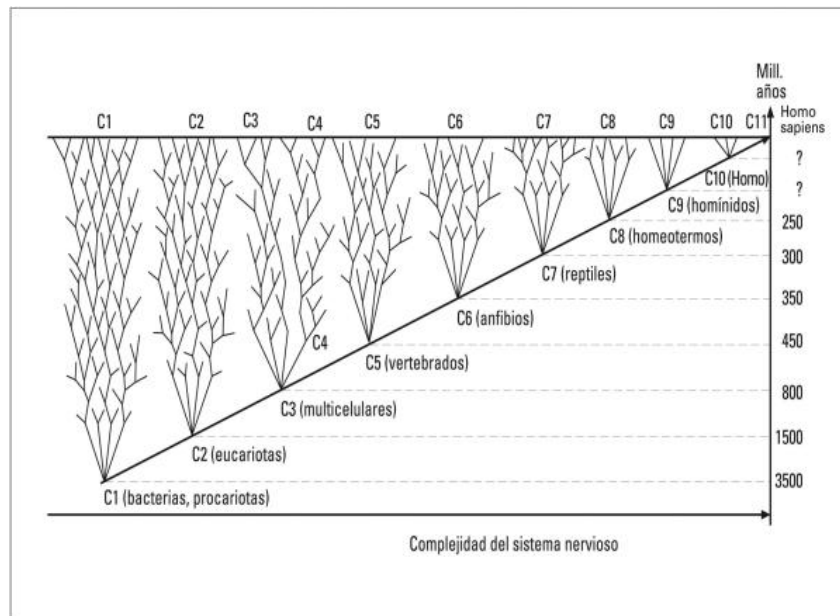


Figura 10. La "flecha de la vida" muestra con claridad los cuatro principios (C: niveles de complejidad) :

- a. de progreso (C1 a C11),
- b. de involución o selección (C1 a C1; C2 a C2, etc.),
- c. de salto (C1 a C2; C2 a C3, etc.) y
- d. de dirección (exclusividad de la línea C1 a C11).

Las bacterias sólo han dado lugar a un nuevo nivel de complejidad en una única ocasión y desde hace 3.500 millones de años, no han creado nada nuevo. ¿Por qué?. Quizás por casualidad, pero es que exactamente lo mismo ha ocurrido con los siguientes niveles de complejidad. Demasiada casualidad.

Concluyendo : las posibilidades evolutivas no son tan elevadas como se pensaba ; la historia de la vida deja entrever un importante componente determinista ; y la "gran dirección" es una clara ortogénesis retrospectiva y excluyente que solo puede tener dos explicaciones naturales : una muy improbable casualidad, o la existencia de algún tipo de autoorganización que, además de incrementar la complejidad de forma constante, introduzca algún tipo de exclusión que impida nuevos saltos de complejidad en el resto de las ramas evolutivas.

No podemos extendernos aquí en nuestra opinión sobre las causas de tal comportamiento evolutivo (la "*reina Alicia*" ; Doménech, en preparación), ni en las de autores como Agudelo y Alcalá, basadas en las teorías de sistemas complejos (Sandín *et al.*, 2003), pero son en ellas en las que basamos nuestra esperanza de que las antiguas teorías finalistas se puedan sustituir por una nueva síntesis mucho más amplia que la anterior, y de corte ortogénico, para la que proponemos el nombre de neo-ortogénesis.

Aunque la mayor parte de los evolucionistas han optado por esconder la cabeza debajo del ala, el primer paso para encontrar la explicación adecuada es ver con claridad el árbol de la vida. En este artículo nos hemos ceñido a los hechos revelados por el registro fósil y desvelados, poco a poco, por los científicos más sagaces. Quizás el que más ha destacado, y hay que decirlo como pertinente y merecido homenaje, ha sido Teilhard de Chardin, con su teoría, ortogénica y finalista, del *punto omega*, el cual, aunque con interpretaciones más discutibles, vio con lucidez unos hechos que para muchos se nos antojan inapelables.

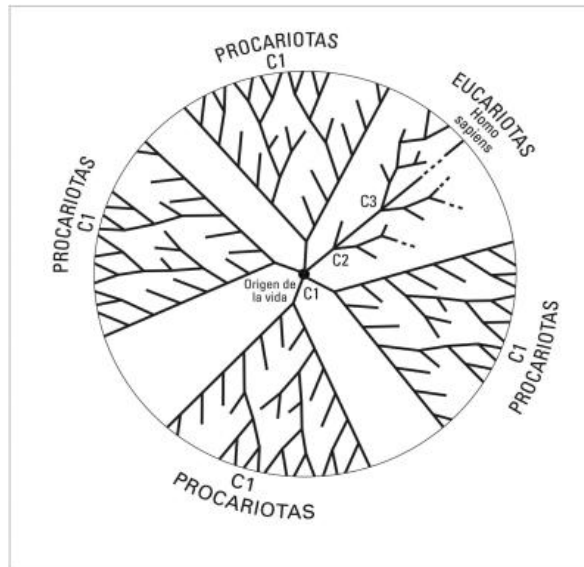


Figura 11. Si queremos, podemos sustituir nuestros viejos prejuicios "antropocéntricos" por nuevas concepciones, "bacteriocéntricas" por ejemplo, donde nos parezca que el *Homo sapiens* no es más que una bacteria "un poco evolucionada". Sin embargo, el árbol aquí representado es exactamente el mismo que el de la figura anterior ("la flecha de la vida") y que el de la figura 4. Necesitamos nuevas mentes para nuevas visiones (C1, C2, C3, etc. : niveles de complejidad).

El reto de la nueva comunidad científica que está surgiendo es precisamente recuperar y discutir las ideas de Teilhard y averiguar qué pasó realmente con nuestra historia evolutiva. Solo nuevas mentes más abiertas, deseosas de saber y libres de prejuicios (figura 11) podrán avanzar en tal cometido, ya que, además, con negar la evidencia solo se conseguirá prolongar la agonía de la vieja síntesis. Sólo nuestra capacidad para formular correcta y convincentemente esta neortogénesis de la que hablamos, podrá sustituir la cada vez más vigente (por irrefutable) visión de Teilhard de Chardin.

Bibliografía

- Adoutte, A., Balavoine, G, Lartillot, N, de Rosa, R. 1999. Animal evolution : the end of intermediate taxa. *Trends in Genetics* (15) : 104-108.
- Albert, P. 1998. El concepto de progreso y la búsqueda de teorías generales en la evolución. En : *El progreso, ¿ un concepto acabado o emergente ?* (20-21octubre, 1995. Barcelona, España). Tusquets Editores : 193-222. Barcelona.
- Alonso, C. J. 1999. *Tras la evolución. Panorama histórico de las teorías evolucionistas*. Ediciones Eunsa. Navarra : 314p.
- Anadón, E. 1982. Sobre las dificultades para explicar la evolución. *Rev. Biol. Univ. Oviedo*, 1 (0) : 13-23.
- Aparicio, S. 2000. Vertebrate evolution: recent perspective from fish. *Trends in Genetics* (16) : 54-56.
- Baquero, F., Blázquez, J. y Martínez, J.L. 2002. Mutación y resistencia a los antibióticos. *Investigación y Ciencia* (315) : 72-78.
- Cairns, J., Overbaugh, J. & Miller, S. 1988. The origin of mutants. *Nature* (335) : 142-145.
- Darwin, C. 1859. *El origen de las especies*. Ediciones Akal S.A. Madrid. Edición de 1994 : 573pp.
- Davis, G.K., and Patel, N.H. 2000. The origin and evolution of segmentation. *Trends in Genetics* (15) : M68-M72.
- Davis, G.K. and N.H. Patel (2002). Short, long and beyond: molecular and embryological approaches to insect segmentation. *Annual Reviews of Entomology* (47) : 669-699.
- De Chardin, T. 1958. *El fenómeno humano*. Revista de Occidente. Madrid : 334pp.
- Dobzhansky, T. 1985. La idea de especie después de Darwin. En *Un siglo después de Darwin. La evolución*. Alianza Editorial. Madrid : 37-82.
- Doménech, J.L. 1999. *Evolución regresiva del Homo sapiens. Una nueva hipótesis evolutiva*. Ed. J.L. Doménech. Gijón : 231pp.
- Doménech, J.L. 2004. La evolución de la consciencia a la luz de la hipótesis regresiva. *Instituto de Investigación sobre la Evolución Humana A.C.* (<http://www.iieh.org/doc/doc200403270003.html>) ; último acceso : febrero/2005.
- Doménech, J.L. 2005. El "origen remoto del *Homo sapiens*": una teoría alternativa de la evolución humana. *Congreso Internacional "La ciencia y el humanismo en el siglo XXI: perspectivas"*; CDROM.
- Doménech, J.L. en preparación. La "reina Alicia", una explicación para la ortogénesis evolutiva.
- Doolittle, W.F. 1999. Phylogenetic Classification and the Universal Tree. *Science* (284) : 2124-2128.
- Gagnier, P.Y, Blicek, A.R. & Rodrigo, S.G. 1986. First Ordovician vertebrate from South America. *Geobios* 19 (5) : 629-634.
- Gallardo, M.H. 2000. Mamífero tetraploide. *Investigación y Ciencia* (289) : 38-39.
- Goodwin, B. 1998. Forma y transformación. La lógica del cambio evolutivo. En : *El progreso, ¿ un concepto acabado o emergente ?* (20-21 octubre, 1995. Barcelona, España). Tusquets Editores : 137-163. Barcelona.
- Gould, S. J. 1999. *La vida maravillosa*. Editorial Crítica, Barcelona : 357pp.
- Gould, S. J. 1994. La evolución de la vida en la Tierra. *Investigación y Ciencia* (219) : 54-61.
- Grassé, P.P. 1976. *Zoología. 1. Invertebrados*. TorayMasson S.A. Barcelona : 938pp.

- Greenwood, P.H., Rosen, D.E., Weitzman, S.H. and Myers, G.S. 1966. Phyletic studies of teleostean fishes, with a provisional classification of living forms. *Bulletin of the American Museum of Natural History*. Vol. 131. Art. 4 : 341-455.
- Herbert, A. & Rich, A. 1999. RNA processing and the evolution of eukaryotes. *Nature Genetics* (21) : 265-270.
- Jacob, F., Monod, J., Calvin, M., Illya Prigogine y otros. 1986. *Biología Molecular*. Ediciones Orbis S.A., Barcelona : 256pp.
- José-Leonel, Torres. 1995. *En el nombre de Darwin*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo de Cultura Económica de México.
- Landman, E.O., 1993. Pero, ¿existe la herencia lamarckiana?. *Investigación y Ciencia* (202) : 96-96.
- Lewontin, R. 1979. La adaptación. Libros de Investigación y Ciencia. En : *La Evolución*. Libros de Investigación y Ciencia. Editorial Labor. Barcelona : 140-151.
- Losos, J.B., Jackman, T.R., Larson, A., Queiroz, K., RodríguezSchettino, L. 1998. Contingency and Determinism in Replicated Adaptive Radiations of Islands Lizards. *Science* (279) : 2115-2118.
- Margulis, L. y Sagan, D. 1995. *Microcosmos*. Tusquets Editores. Barcelona : 317pp.
- Margulis, L. y Sagan, D. 1999. *¿Qué es el sexo ?*. Tusquets Editores. Barcelona : 256pp.
- Margulis, L. y Sagan, D. 2003. *Captando genomas*. Editorial Kairós. Barcelona : 308pp.
- Mayr, E. 1979. Evolución. *Libros de Investigación y Ciencia*. Evolución : 2-12.
- Mckinney, M., 1998. La escalera estadística de la evolución: el desarrollo embrionario como generador de complejidad. En : *El progreso, ¿ un concepto acabado o emergente ?* (20-21 octubre, 1995. Barcelona, España). Tusquets Editores : 267-306. Barcelona.
- Melendez, B. 1986. *Paleontología. Tomo 2. Vertebrados. Peces, Anfibios, Reptiles y Aves*. Ed. Paraninfo. Madrid. 571pp.
- Mittler, J. & Lenski, R., 1990. New data on excisions of Mu from E. coli Cast Doubt on Directed Mutation Hypothesis. *Nature* (344).
- Morell, V. 1997. Biodiversity in a Vial of Sugar Water. *Science* (278) : 390-390.
- Muñoz, G.M. 2002. Origen de la vida. Generación espontánea de aminoácidos en el espacio. *Investigación y Ciencia* (315) : 32-33.
- Rainey, P.B. & Travisano, M. 1997. Adaptive radiation in a heterogeneous environment. *Nature* (394) : 69-72.
- Sandín, M. 2003. Sucesos excepcionales de la evolución. *Instituto de Investigación sobre la Evolución Humana A.C.* (<http://www.iih.org/doc/doc200311130001.html>) ; último acceso : febrero/2005.
- Sandín, M., Agudelo, G. y Alcalá, J.G. 2003. *Evolución: un nuevo paradigma*. Ediciones IIEH. Madrid : 256pp.
- Sheldrake, R. 1994. *El renacimiento de la naturaleza*. Ediciones Paidós. Barcelona : 264pp.
- Stebbins, G. L. y Ayala, F. J. 1985. La evolución del darwinismo. *Investigación y Ciencia* (108) : 42-53.
- Valentine, J. W. 1979. La evolución de las plantas y los animales pluricelulares. En : *La evolución*. Libros de Investigación y Ciencia. Editorial Labor. Barcelona : 70-83.
- Valiente, E.F. 2002. Hacia un nuevo concepto de evolución". *Arbor* (677) : 17-40.
- Valladares, F. 2001. Luz y evolución vegetal. *Investigación y Ciencia* (303) : 73-79.

Van Valen, L. 1973. A new evolutionary law. *Evolutionary Theory* (1) : 1-30.

Wagensberg, J. 1998. El progreso, ¿ un proceso acabado o emergente ?. En : *El progreso, ¿ un concepto acabado o emergente ?* (20-21 octubre, 1995. Barcelona, España). Tusquets Editores : 15-54. Barcelona.

Whiting, M.F., Young, B. y otros. 2003. Loss and recovery of wings in stick insects. *Nature* (421) : 264-267.

Este artículo fue publicado durante el Congreso Internacional "*Ciencia y Humanismo en el siglo XXI : perspectivas*".

Universidad Iberoamericana-IIEH. México 31-3-05 a 2-4-05

Article original sur le site de l'auteur :

<http://www.telecable.es/personales/jldomen1/articulos/arti-congreso-orto.htm>