

EN BUSCA DE LA BIOLOGÍA

Reflexiones sobre la evolución

ASCLEPIO, LXI-2 (2009)

Máximo Sandín.

RESUMEN

Después de 150 años de concebir y tratar a la Naturaleza en términos de competencia, coste-beneficio, explotación de recursos, estrategias..., hemos conseguido que ésta entre en “recesión”. Este alejamiento de la realidad, de los fenómenos naturales, ha puesto en grave peligro el futuro de la Humanidad sobre nuestro planeta y hace necesaria, incluso urgente, la búsqueda de una concepción de la Biología basada en conceptos y vocabulario científicos que nos vuelva a conectar con la Naturaleza antes de que sea demasiado tarde.

PALABRAS CLAVE: Gen, Mercado, información genética, sistemas.

SEARCHING FOR BIOLOGY

Reflections on evolution

ABSTRACT

After 150 years conceiving and dealing with Nature in terms of competence, costs-benefits, exploitation of resources, strategies..., we have achieved that it enter into a “recession”. This estrangement from reality, from natural phenomena, has seriously jeopardized the future of mankind on our planet and makes it necessary, even urgent, the search for a conception of biology based on scientific concepts and vocabulary that re-connects us with Nature before it is too late.

KEY WORDS: Gene, Market, genetic information, systems.

La naturaleza debe ser obligada a servir, reducida

a la obediencia y esclavizada...para extraer, bajo

tortura, todos sus secretos.

Francis Bacon (1561 – 1626)

En guerra contra la Naturaleza

Si intentamos encontrar una palabra que describa la relación de las sociedades autodenominadas “avanzadas” con la Naturaleza, esta sería *miedo*. Y el miedo engendra agresividad. No se trata de una figura retórica. Nuestra sociedad vive entre el miedo y la prepotencia, unas actitudes en las que (hay que decirlo) ha habido una gran contribución por parte de los biólogos. Hay temor a los terribles virus: al virus del SIDA, al Ébola, al virus del Nilo y al de la gripe aviar, que surgen de las zonas más pobres de la Tierra para poner en peligro las vidas de los ciudadanos de los países desarrollados. Temor a las bacterias, que se esconden en los aparatos de aire acondicionado, en los hospitales, en alimentos y que se han hecho resistentes a nuestra arma más eficaz para luchar contra ellas, los antibióticos... Se diría que vivimos en una permanente campaña contra la Naturaleza dirigida hoy por biólogos que informan a la población de los ataques que recibimos y de las estrategias para luchar contra ella. En los medios de comunicación, los expertos nos hablan de los esfuerzos para luchar contra los distintos y abundantes “enemigos” que nos acechan, desde microscópicos hasta los, más visibles, mosquitos “asesinos” (una calificación abundantemente repartida por todo el “árbol filogenético”, como bien se empeñan en difundir a la población desde los documentales sobre la vida “salvaje”). La crueldad de la Naturaleza impone un permanente estado de guerra. Contra la enfermedad, hasta contra la vejez. Pero los expertos nos informan de que antes o después conseguiremos derrotarla, dominarla, hasta el extremo de poder vivir al margen de sus leyes. Se conseguirá, “cambiando nuestros genes”, o “limpiando los genomas de basura”, alargar la vida (para algunos hasta la inmortalidad), “dirigir la evolución”, crear “gente más inteligente y productiva”, regenerar órganos o miembros, crear seres biónicos...unos objetivos que tienen mucho de fantasías infantiles (con poca reflexión sobre sus consecuencias, en el caso de que lo consiguieran) que parecen pretender reproducir las creaciones de los autores de los “superhéroes” de los *comics*.

Pero cuando, en las revistas científicas, se publican estos planteamientos como prioridades en la investigación científica junto con resultados de investigaciones que ponen de manifiesto la enorme complejidad de la información genética y la imposibilidad de controlar realmente los procesos que pretenden manipular, se viene a la mente la angustiada imagen del aprendiz de brujo. Porque aunque, afortunadamente, el futuro que proponen, un futuro *Blade Runner*, no es ni técnicamente posible ni ecológicamente viable, los riesgos para la Humanidad que se pueden producir por estos intentos son imprevisibles pero, a la vista de accidentes que ya se han producido, quizás no sea exagerado decir que sus consecuencias pueden ser de proporciones incalculables.

La gran confusión

Quizás sea conveniente apoyar con datos estos argumentos que pueden parecer excesivamente alarmistas, incluso “melodramáticos”. Para ello, lo más clarificador puede ser recurrir a las revistas científicas generalistas, que tienen la ventaja sobre las revistas especializadas (habitualmente muy repetitivas y limitadas en los enfoques y en las interpretaciones) de abarcar distintos campos de las ciencias y ofrecer distintas perspectivas de cada una, lo que nos permite comparar el estado de los conocimientos alcanzados en las distintas ramas de la Biología.

El resultado de esta observación nos lleva a la alarmante sensación de que la Biología se encuentra en un estado de inconsistencia, se podría decir más, de absoluta ausencia de base teórica. Una situación que puede resultar peligrosa si tenemos en cuenta los procesos naturales que se manipulan para conseguir los objetivos antes mencionados. Porque la ausencia de un modelo teórico que proporcione sentido a estas manipulaciones viene siendo denunciada desde hace tiempo, de una forma esporádica y, al parecer, sin la menor repercusión, desde las mismas revistas que mantienen en sus páginas esta confusión. Veamos algunos ejemplos: En 2001, con motivo de los progresos en la secuenciación del genoma humano y el los conocimientos sobre el *proteoma* (conjunto de proteínas que se expresan en la célula) P. Ball escribió en Nature: *La Biología carece de un marco teórico para describir este tipo de situación.../...los biólogos van a tener que construir una nueva biología. Desde que en los años sesenta se descifró el código genético, la biología molecular ha sido una ciencia cualitativa, dedicada a investigar y clasificar las moléculas de la célula como los zoólogos victorianos catalogaban las especies. El genoma humano marca la culminación de ese esfuerzo. Ahora se necesitan modelos y teorías que ayuden a lograr que la inmensa fortuna de datos que se han amasado cobre sentido.* Incluso se ha llegado a cuestionar muy seriamente la concepción tradicional de la base teórica de la biología. En un alarde de reflexión sincera producido por el alegre suceso de la paternidad, Hery Gee (2000), uno de los editorialistas de Nature, escribió algo sobre lo que merece la pena pensar: *La cuestión del origen de las especies debe tener que ver, fundamentalmente, con la evolución de programas embrionarios /.../ Usted puede buscar a Darwin para una respuesta pero buscará en vano. Darwin estudió leves variaciones en características externas, sugiriendo cómo esas variaciones pueden ser favorecidas por circunstancias externas, y extrapoló el proceso al árbol completo de la vida. Pero, seguramente, hay cuestiones mas profundas para preguntarse que por qué las polillas tienen alas más negras o más blancas, o por qué las orquídeas tienen pétalos de esta u otra forma. ¿Por qué las polillas tienen alas y por qué las orquídeas tienen pétalos? ¿Qué creó esas estructuras por primera vez? La victoria del Darwinismo ha sido tan completa que es un shock darse cuenta de cuan vacía es realmente la visión Darwiniana de la vida.* La única repercusión de semejante arrebató fue un largo período de desaparición de sus editoriales seguido de una vuelta a los análisis de los descubrimientos científicos con reflexiones menos conflictivas. Pero no se puede evitar que los científicos que se enfrentan con honestidad a la situación en que se encuentra la base teórica de la Biología se expresen con claridad al respecto: *La Biología hoy, está donde estaba la Física a principios del siglo veinte, observa José Onuchic, codirector del nuevo Centro de Física Biológica Teórica de la Universidad de California, San Diego. “Se enfrenta a una gran cantidad de hechos que necesitan una explicación”* (Knigh, J., 2002).

Efectivamente, esta complejidad de los fenómenos biológicos necesita una explicación. Y para no perdernos en la enorme cantidad de información sobre esta complejidad que han acumulado los distintos campos de la Biología (del desarrollo, ecológico, bioquímico...), puede ser ilustrativa una mirada sobre los precedentes del estudio del control de la información genética, porque se puede considerar el aspecto fundamental de la base teórica de la Biología.

Los últimos progresos en la comprensión de la actividad de los genomas han derribado toda una concepción sobre la naturaleza de los genes. El mejor resumen de este hecho es el que nos ofrece E. Pennisi (2004) desde la revista *Science*: *Los genes, piedra angular del desarrollo y funcionamiento de los organismos, no pueden explicar por sí solos qué hace a las vacas vacas y maíz al maíz. Los mismos genes se han manifestado en organismos tan diferentes como, digamos, ratón y medusa. Es más, nuevos hallazgos de una variedad de investigadores han puesto en claro que es el exquisito control por el genoma de la actividad de cada gen –y no los genes per se– lo que más importa.* Efectivamente, los resultados del Proyecto Encode (Encyclopedia of DNA Elements) que, mediante la cooperación de 35 grupos de trabajo, el uso de potentes métodos bioinformáticos, y estudiando la actividad de 44 regiones seleccionadas al azar que constituyen el 1% del genoma codificante de proteínas ha obtenido “la mayor resolución obtenida hasta ahora” (Gerstein, M. K., et al., 2007), han puesto de manifiesto que *los genes tienen muchas formas alternativas y un mismo gen puede dar lugar a proteínas distintas dependiendo de cómo se combinen las distintas regiones.* Pero lo más determinante es cómo se controla esa información: *Estas regiones del genoma analizadas están muy interconectadas unas con otras, mientras que la idea que tenían hasta el momento los científicos era que los genes estaban claramente delimitados. En el genoma, todo un conjunto de instrucciones dictan cómo son las características de los seres vivos. Los científicos no sabemos muy bien cómo leer esas instrucciones y qué regiones del genoma son las que realmente codifican esas instrucciones.* Pero sí se conoce, cada día con más certeza, donde están las más importantes. *La mayor parte del genoma tiene actividad (se podría aventurar que la totalidad) es decir, no está “silencioso”, lo que echa por tierra la idea de que una gran parte del ADN sería algo así como “basura”, sin función alguna.*

En efecto, entre toda la inmensa maraña que constituye el control de la información genética, ha surgido con una gran importancia (seguramente la fundamental) la actividad de lo que, gracias a la “aportación” de la llamada “teoría del gen egoísta”, ha permanecido durante muchos años fuera del foco de interés de los genetistas (von Sternberg, 2002) por su consideración de “ADN basura” (más concretamente “chatarra”). La fracción “no codificante” del genoma, que constituye el 98,5% de la totalidad del genoma, está formada por “ADN intergénico”, es decir, intrones, virus endógenos, elementos móviles y una gran variedad de secuencias repetidas en mayor o menor medida entre las que se encuentran, por ejemplo, los “elementos ultraconservados” específicos de vertebrados, las LINE (*long interspersed elements*), las SINE (*short interspersed elements*) entre ellas, las ALU, elementos repetidos específicos de primates. En esta región del genoma se encuentra el sistema de control de la actividad de la fracción codificante, fundamentalmente, mediante los microARN, miles de moléculas de entre 21 y 25 nucleósidos cuyo origen está en las secuencias repetidas los elementos móviles y los virus endógenos (ver Sandín, 2005), pero también mediante la actividad de *enhancers* (“potenciadores”) (Prabhakar et al., 2008) y de intrones, implicados en el *splicing* alternativo (Moran et al., 1995; Haugen et al., 2005) mediante

el cual, hasta el 95% de los genes humanos pueden generar distintos transcritos (Pan et al., 2008). Todas estas actividades están condicionadas por el almacenamiento y procesamiento de información por parte del, por el momento, indescifrable *proteoma* (Gavin, A.C. et al, 2002; Ho, Y. et al. 2002), y por el estado del *metaboloma* (Barábasi y Oltvai, 2002), es decir, por las condiciones ambientales. Un ambiente, cuya influencia se muestra cada día más evidente en los fenómenos epigenéticos, cambios fenotípicos heredables (y reversibles) en la expresión génica que se producen sin un cambio en la secuencia del ADN, mediante la metilación del ADN, las modificaciones de cromatina o histonas y “saltos” de elementos móviles (Becker, P. B., 2006; Richards, E. J., 2006; Slotkin, K. y Martienssen, R. 2007).

En definitiva, y como una conclusión adicional que puede resultar simplificada, pero sobre la que tal vez merezca la pena pensar, el concepto de “unidad de información genética” no tiene una existencia real. Según E. Pearson (2006): *Cuanto más progresan nuestros conocimientos en bioquímica, más difícil es comprender qué es –si es que es algo- un gen*. Es decir, si una secuencia génica dañada se relaciona, por ejemplo con una enfermedad, esto no quiere decir que esa secuencia sea la responsable directa de esa enfermedad (y por eso es por lo que cada día se encuentran nuevos “genes del cáncer”), sino parte de todo un complejo “circuito” que relaciona distintos procesos, porque la información genética es el producto de una gran cantidad de interacciones de una extremada complejidad que está condicionada por el conjunto del genoma, al cual se podría considerar realmente como “unidad” de información. Y se puede llegar más lejos: si tenemos en cuenta que esta información está condicionada, a su vez, por el ambiente y este puede ser variable para cada individuo ¿Cuál sería entonces esta “unidad de información genética”? ¿Tal vez el organismo entero?

Pero volviendo al tema que nos ocupa, lo que resulta (o debería resultar) desconcertante para un biólogo es que, en la misma revista y, a veces en el mismo número, se publican investigaciones cuyas bases, argumentos y resultados son absolutamente contradictorios. Por ejemplo, sobre los fenómenos epigenéticos condicionados por el ambiente en las diferencias fenotípicas entre gemelos (Fraga, M. F. et al., 2005) o sobre la enorme complejidad de las redes de información genética (Sauer, U., Heinemann, M. y Zamboni, M. 2007) y sobre “el gen” de la infidelidad (Walum et al., 2008), o del “gen” de los bebedores (Mulligan et al., 2006). Sobre la inabarcable complejidad de las relaciones entre las proteínas celulares y sus actividades en función de sus agrupaciones (Gavin, A.C. et al, 2002; Ho, Y. et al. 2002) y el descubrimiento de una proteína que controla todo un complejo proceso biológico (Ago, H. et al., 2007), sobre *evo-devo* en los que se analizan los cambios evolutivos en relación con cambios en el programa de desarrollo (Hall, 2003) y sobre genética de poblaciones que explica, supuestamente, la evolución como “un cambio en las frecuencias génicas”(Stumpf y Mc Vean, 2003). Sobre el carácter global de la información genética y su subordinación a las condiciones ambientales (Varabasi y Oltvai, 2004)), incluso de la dificultad (o imposibilidad) de definir “qué es un gen” (Gerstein, M. B. et al., 2007) y del descubrimiento de “genes egoístas” (Enserink, M., 2007) o la patente de un virus modificado con “el gen” P53 para ser explotada por una importante empresa farmacéutica (Huo, J. y Xin, H., 2006).

Lo que se observa (con inquietud) es una absoluta discordancia entre los resultados reales, es decir verificables experimentalmente, de la llamada investigación “básica”, o lo que es lo mismo, investigación científica, y los planteamientos necesarios para que sean posibles los objetivos de la llamada investigación “aplicada”, es decir, la enfocada a fines comerciales. Sin embargo, la persistencia en seguir por un camino, cuyo final en un callejón sin salida está marcado de antemano, ha de tener una explicación. Y la única posible es la que nos sugiere la existencia en las revistas citadas de un apartado cuyos encabezamientos habrían resultado absurdos cuando la actividad de los científicos se concebía como una búsqueda del conocimiento: *Negocios* (Science), *Una mirada al Mercado* (Nature).

La Biología y el Mercado

Resulta una obviedad afirmar que, hoy en día, el Mercado (concretamente “el libre mercado”) es el que determina el curso de las relaciones humanas, de la sociedad, en suma, el destino de la Humanidad. Quizás no parezca este el sitio o el contexto adecuado para discutir este modelo económico, Pero si tenemos en cuenta que, según los informes de la ONU, los mercados que más dinero “generan” en el Mundo son, por este orden, el de las armas, el de la droga, el del petróleo y el farmacéutico (U. N., 1999) tal vez encontremos una conexión con el problema que estamos analizando.

En cualquier caso, desde un punto de vista estrictamente científico, cuando de pretende comprender un fenómeno cualquiera, una práctica razonable puede ser ir a las raíces, a su origen, es decir, a intentar entender cómo o porqué se ha producido para comprender la situación actual. En este caso, con el objetivo de intentar valorar las posibles consecuencias de la práctica de este modelo económico sobre las relaciones humanas y sobre las relaciones del Hombre con la Naturaleza. .

Como todos sabemos, el concepto central de este modelo económico, “la mano invisible del mercado”, se debe al escocés Adam Smith, el “padre” de la economía (“La Riqueza de las Naciones”, 1776). La, mil veces repetida frase *No es de la benevolencia del carnicero, cervecero o panadero de donde obtendremos nuestra cena, sino de su preocupación por sus propios intereses / ... / Prefiriendo apoyar la actividad doméstica en vez de la foránea, sólo busca su propia seguridad, y dirigiendo esa actividad de forma que consiga el mayor valor, sólo busca su propia ganancia, y en este como en otros casos está conducido por una mano invisible que promueve un objetivo que no estaba en sus propósitos*, nos da una primera información sobre los destinatarios y los beneficiarios de su modelo económico. Pero quizás esta otra, también procedente de su famoso libro (“El libro”, según los textos de economía) no puede ofrecer una visión más clarificadora y global sobre su concepto de sociedad: *Se ha dicho que el costo del desgaste de un esclavo lo financia su amo, mientras que el costo del desgaste de un trabajador libre va por cuenta de éste mismo. Pero el desgaste del trabajador libre también es financiado por su patrono. El salario pagado a los jornaleros, servidores, etc., de toda clase, debe en efecto ser lo suficientemente elevado para permitir a la casta de los jornaleros y servidores que se reproduzca según la demanda creciente, estacionaria o decreciente de personas de este género que formula la sociedad. Pero aunque el desgaste de un trabajador libre sea igualmente financiado por el patrono, el mismo le cuesta por lo general mucho menos que el de un esclavo.*

No parece necesario explicar qué tipo de personas componen “la sociedad” para Smith y cual es la condición que su modelo reserva para el resto de las personas “*de toda clase*” cuya reproducción debe regularse *según la demanda estacionaria, creciente o decreciente*.

Como biólogo, desconozco de qué modo se ha transmitido y adornado la figura de Smith (venerado en los textos económicos) a los estudiantes o estudiosos de la economía y si la lectura de su libro figura en su formación, porque visto “desde fuera” no resulta precisamente un hombre providencial que trajo la luz y, desde luego, una mirada a la situación del Mundo nos hace pensar que no ha sido una bendición para la Humanidad. Pero como esta apreciación de un profano en la materia puede ser considerada una visión superficial o sesgada, recurriremos a un verdadero experto en economía (pero que, además, tiene la mala costumbre de pensar por sí mismo) para que nos aporte su opinión sobre la verdadera esencia del motor de esta concepción de la economía que *no es el reino de la providencial mano invisible y benefactora sino, al contrario, el de manos bien visibles e interesadas, buscando el máximo beneficio privado a costa de lo que sea* (San Pedro, 2002).

Pero, volviendo al tema que nos ocupa, la Biología, también podemos intentar analizar el problema del que estábamos tratando, es decir, la relación entre la investigación biológica y el Mercado, si nos remontamos al origen de esta conexión.

El equivalente para los biólogos de lo que “La riqueza de las naciones” es para los economistas, es decir “El Libro”, es, según nos han enseñado, “El origen de las especies” de Charles Darwin (1859), “la obra de la que nace toda la Biología moderna”, como figura en su prólogo de la última edición española (Fernández, 83). El párrafo que define o refleja con mayor claridad el mensaje de dicha obra bien podría ser este: *De aquí, que como se producen más individuos de los que es posible que sobrevivan, tiene que haber forzosamente en todos los casos una lucha por la existencia / ... / Es la doctrina de Malthus aplicada con multiplicada fuerza al conjunto de los reinos animal y vegetal; porque en este caso, no hay aumento artificial de alimento y limitación prudente de matrimonios*. La doctrina a la que se refiere es la que el reverendo R. T. Malthus, como es sabido, discípulo de Adam Smith y uno de los padres de la economía liberal clásica, expone en “Ensayo sobre el principio de la población” (1798), Según C. Leon Harris(1985), *"El razonamiento de Malthus era que el progreso era imposible a menos que exista un abastecimiento ilimitado de alimentos, por lo que las políticas dirigidas a mejorar la situación de los pobres eran equivocadas (...) Los defensores del Laissez faire podría así ignorar a los niños hambrientos con la conciencia tranquila"*

Sólo una actitud de obcecación en negar lo evidente, porque el mismo autor lo confirma, puede llevar a negar la conexión entre la interpretación darwinista de la Naturaleza y las ideas de Adam Smith. De hecho, en la que podemos considerar la versión mas “moderna” del darwinismo, la elaborada por Richard Dawkins (1975), su propuesta de lo que sería el motor de la evolución y de las relaciones entre los seres vivos es, sólo con un ligero cambio de estilo, una transcripción de la de Smith para las relaciones sociales con la simple sustitución de los términos cervecero o panadero por la palabra “gen” y la mano invisible del mercado por la mano invisible de la ciega pero todopoderosa selección natural. Y los términos “competencia por los recursos”, “estrategias”, “coste-beneficio”, “colonización”... son parte constituyente de la

terminología y, por tanto, de la interpretación de los fenómenos naturales de la Biología actual.

Esta conexión no es extraña, pues forma parte de toda una concepción de la realidad, de la vida, de la sociedad, con profundas raíces culturales en las que el individualismo, la competencia, la laboriosidad y el “mirar por los propios intereses” son las virtudes más apreciadas (incluso “bendecidas por Dios”). Por eso Darwin concluye en su libro: *Y como la selección natural actúa por y para el bien de cada ser, todos los atributos corpóreos y mentales tenderán a progresar hasta la perfección. Y por eso también comparte con Smith y Malthus su concepto de sociedad: Existe en las sociedades civilizadas un obstáculo importante para el incremento numérico de los hombres de cualidades superiores, sobre cuya gravedad insisten Grey y Galton, a saber: que los pobres y holgazanes, degradados también a veces por los vicios se casan de ordinario a edad temprana, mientras que los jóvenes prudentes y económicos, adornados casi siempre de otras virtudes, lo hacen tarde a fin de reunir recursos con que sostenerse y sostener a sus hijos. / ... / Resulta así que los holgazanes, los degradados y, con frecuencia, viciosos tienden a multiplicarse en una proporción más rápida que los pródigos y en general virtuosos. /.../ Mas en estos casos parecen ser igualmente hereditarios la aptitud mental y la conformación corporal. Se asegura que las manos de los menestrales ingleses son ya al nacer mayores que las de la gente elevada.* (Darwin, Ch. R., 1871). En este contexto, no resulta extraño el éxito del libro de Darwin entre “la sociedad”, especialmente teniendo en cuenta que, en el máximo período de expansión colonial británica, la frase *No puede nombrarse un país en el cual todos los habitantes naturales estén ahora tan perfectamente adaptados entre sí y a las condiciones físicas en que viven, que no pudiesen todavía, algunos de ellos, estar mejor adaptados o mejorar; porque en todos los países los naturales han sido conquistados hasta tal punto por los que han tomado carta de naturaleza, que han permitido a los extranjeros tomar firme posesión de la tierra*, que figura en “*Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o el mantenimiento de las razas favorecidas en la lucha por la existencia*”, verdadero título de su libro, debió resultar muy reconfortante para los beneficiarios de tal situación.

En definitiva, podríamos sumarizar las estrechas relaciones entre ambas “teorías” y los motivos de su implantación, recurriendo a pensadores muy cualificados que, al parecer, lo han visto con claridad: La obra de Darwin es, en palabras de Bertrand Russell (1935): *una extensión al mundo animal y vegetal de la economía de Laissez faire*. Y para el filósofo de la ciencia R.M. Young (1973) *Lejos de ser un mecanismo en favor del cambio, era una defensa del status quo, tanto en la naturaleza como en las sociedades* ¿Será, pues, este carácter de justificación “científica” de la situación el que está detrás de su condición de “teorías” inamovibles?

Cómo se fabrica una teoría muy poderosa

Quisiera comenzar este apartado con una justificación, que no exculpación, del texto que sigue (y del texto en general): Aunque, según he podido experimentar en carne propia, los análisis históricos sobre las causas del origen del darwinismo no parecen

estar muy bien vistos por, al menos, una parte de “la comunidad científica” que los califica de “opiniones subjetivas” motivadas por prejuicios con gran parte de carga ideológica mientras que la Ciencia se basa en datos “objetivos”, el subtítulo de este escrito indica que se trata de reflexiones personales, individuales y, por definición, subjetivas, porque lo que parece claro es que no todo el mundo tiene porqué ver las cosas de la misma forma. Y aquí puede ser conveniente otra pequeña reflexión sobre el carácter objetivo con que el lenguaje “aséptico” utilizado en los textos científicos pretende dotar a las observaciones. Cuando el autor dice “se observa”, por ejemplo *Se observa la competencia entre las células* (Khare y Shaulski, 2006) o *la competencia entre las neuronas* (Han, J. H. et al., 2007), o *se pone en evidencia la actuación de la selección natural* (Byers y Waits, 2006), es él el que está observando y también cabe la posibilidad de que sus observaciones, por muy objetivas que pretendan ser, estén condicionadas por prejuicios, por lo que le han enseñado a ver (y aquí sería necesario otro análisis para dilucidar el posible componente ideológico de estas observaciones “objetivas”). Pero en este caso no creo necesario insistir sobre la inconsistencia del concepto de selección “natural”, por extrapolación a la Naturaleza de las actividades “antinaturales” de los ganaderos, ni de la condición tautológica de su formulación, porque “la existencia de la selección natural” parece ser tan “indiscutible” que, en consecuencia, no se puede discutir.

Una vez asumida esta limitación, puedo decir que, desde mi punto de vista, la formulación de “la teoría de la evolución” de Charles Darwin no resulta un modelo de precisión científica (y menos de brillantez literaria). Los términos *se podría dudar, pudiera ser, no podríamos considerar improbable...* acompañan a cada una de sus propuestas. La abundancia de éstas, basadas en la cría de animales domésticos le hizo sugerir a su editor que *recortara las partes teóricas e hiciera de la obra un libro dedicado enteramente ja la cría de palomas!* (Milner, 1995). Efectivamente, las variadas especulaciones sobre “el origen de las especies” resultaban todo menos clarificadoras: los efectos del uso y el desuso, la tendencia a variar de la misma manera, las variaciones “sin importancia”, la “dilución” de los cambios ventajosos en la población, los cambios en la disposición de los ojos de los peces planos debido a los “esfuerzos” en mirar para arriba, los osos atrapando insectos del agua “como una ballena”... muchas de ellas basadas en informaciones “de segunda mano”, componen un texto confuso y disperso sin una línea argumental clara. No parece aventurado deducir que, muy probablemente, fueron sus “hallazgos” de la aplicación a la Naturaleza de la “lucha por la existencia” y “la supervivencia del más adecuado” los que hicieron que “la sociedad” se abalanzase sobre el libro, del que en una semana se vendió toda la edición de 4.250 ejemplares. Las narraciones épicas sobre las dificultades que encontró el “revolucionario” libro de Darwin entre la conservadora sociedad inglesa (la Iglesia Anglicana le ha pedido disculpas por la oposición “excesivamente emocional” a su teoría, representada en la historia por el obispo Wilberforce) no parecen tener una base muy sólida si tenemos en cuenta que fue miembro del consejo rector de la Geological Society, de la Royal Society, y que le nombraron miembro de la Academia de Ciencias Francesa. Que fue enterrado con honores en la abadía de Westminster al lado de la tumba de Newton y que a su funeral asistieron las más importantes personalidades de la época.

Sin embargo, entre los científicos concededores de la evolución las críticas no fueron, ni mucho menos, favorables (ver Sandín 2002). Porque la evolución era conocida y llevaba cien años siendo estudiada en las universidades europeas (Galera 2002). De hecho, en la época de Darwin *los partidarios de la evolución eran llamados "lamarckianos"* (Harris, 1985). No obstante, al estar confinado su estudio al ámbito académico fue el libro de Darwin el que, probablemente gracias a su éxito social (ha sido calificado como "el primer *best seller* científico) popularizó la idea de la evolución. Este fenómeno es relatado por algunos historiadores darvinistas de esta forma tan pragmática: *una cosa es que los evolucionistas anteriores propusieran la idea, y otra bien distinta que consiguieran convencer a los científicos* (Harris, 1985).

Pero la información más sorprendente sobre la creación de la figura de Darwin como "descubridor de la evolución" (Henleben, 1971) es la que nos transmite Richard Milner, calificado por Gould como "el pura sangre de Darwin" en el prólogo a su "Diccionario de la evolución" (1995), y es que él no parecía tener muy claro que en su famoso libro estaba hablando de evolución (sólo hablaba del origen de las especies). Porque el término *evolución* no aparece hasta la sexta edición de 1869 por sugerencia de Huxley, que sí sabía de lo que se hablaba.

Sin embargo, entre las críticas científicas que recibió, la más lúcida y más claramente formulada, hasta el extremo de que puede ser utilizada para debatir las ideas darvinistas actuales, es la del zoólogo St. George Mivart (que también sabía de lo que hablaba): *Lo que se puede alegar, se puede sintetizar de ésta manera: que la "selección natural" es incapaz de explicar las etapas incipientes de las estructuras útiles; que no armoniza con la coexistencia de estructuras muy similares de diverso origen; que hay fundamentos para pensar que las diferencias específicas se pueden desarrollar súbita y no gradualmente; que la opinión de que las especies tienen límites definidos, aunque muy diferentes para su variabilidad todavía es sostenible; que ciertas formas fósiles de transición todavía están ausentes, cuando cabría esperar que estuviesen presentes/ ... /que hay muchos fenómenos notables de las formas orgánicas sobre los cuales la "selección natural no arroja la menor luz".* (Mivart, 1871).

Objeciones como esta, basadas en argumentos y conocimientos científicos, hicieron que el darwinismo languidciera en el ámbito académico hasta quedar prácticamente relegado a unos cuantos seguidores fervorosos, como August Weismann, quien publicó, en 1886, su teoría del "germoplasma" (la barrera soma- germen), y cuyas ideas fueron las primeras conocidas bajo la denominación de "neodarwinismo". A principios del Siglo XX, los genetistas, basándose en sus observaciones sobre la aparición y la transmisión de las características heredables, y que se podían comprobar en los "experimentos" (pero esta es otra historia) de Mendel, habían desechado la idea de la evolución como consecuencia de la acumulación de pequeñas variaciones "imperceptibles". Así nos lo narra F. J. Ayala en su libro "La teoría de la evolución"(1999): *"De acuerdo con De Vries (y también con otros genéticos de principios del sigloXX, como el inglés William Bateson) hay dos tipos de variaciones en los organismos: un tipo consiste en la variación "ordinaria" observada entre los individuos de una especie: por ejemplo, variación en el color de los ojos o las flores, o variación en el tamaño. Este tipo de variación no tiene consecuencias últimas en la evolución, porque, según De Vries, "no puede traspasar los límites de la especie, incluso bajo las condiciones de la más fuerte y continua selección". El otro tipo consiste en las variaciones que surgen por "mutación genética"; esto es, alteraciones*

espontáneas de los genes que ocasionan grandes modificaciones de los organismos y que pueden dar origen a nuevas especies: “Una nueva especie se origina de repente, es producida a partir de una especie preexistente sin ninguna preparación visible y sin transición”.

Estas ideas, que Ayala nos narra como una visión errónea, pero que estaban basadas en observaciones científicas reales y que, por tanto, estaban en el buen camino, fueron arrolladas por otras basadas, dentro de la tradición darvinista, en especulaciones y suposiciones sin la menor relación con los fenómenos que se producen en la Naturaleza, es decir, inventadas. Los “biometristas”, darvinistas fervorosos encabezados por el matemático inglés Sir Karl Pearson, acudieron en ayuda de la selección natural actuando sobre variaciones que denominaron “métricas” o “cuantitativas”.

Así nos narra Richard Milner el nacimiento de la base teórica del darwinismo actual: En medio del debate entre genetistas sobre la dilución de las pequeñas mutaciones individuales entre la población, R. C. Punnett, discípulo de Bateson, *expuso el problema a su amigo G. H. Hardy, profesor de matemáticas en la Universidad de Cambridge, quien, según se dice, escribió la solución en el puño de la camisa mientras comía. Como la consideró muy elemental, Hardy se negó a presentarla en una publicación que normalmente leerían sus colegas matemáticos, por lo que Punnett la expuso en una revista de biología. Fue la única incursión de Hardy en la genética (?)*. La solución obtenida por el profesor Hardy fue que la simple expresión binomial $(p^2 + 2pq + q^2) = 1$ describe la proporción de cada genotipo en la población, donde p representa el alelo dominante (A), q el recesivo (a) y $(p + q = 1)$. El alejamiento de estas premisas de la realidad (que se acentúa con las absurdas condiciones que debe de cumplir la población implicada) ya era evidente por entonces. Según Harris (1985), Haldane (1924) (otro matemático padre de la “síntesis”) *era consciente de que existían fenómenos como el ligamiento que ya eran conocidos, pero tenerlos en cuenta hubiera complicado los cálculos.*

Aquí me voy a permitir una pequeña digresión: Resulta pasmosa la naturalidad con que los historiadores autocalificados como firmes seguidores del darwinismo nos narran los artificios que han intervenido en su elaboración como teoría científica, porque resulta difícil de dilucidar si se trata del resultado de una fe poco menos que religiosa a la que los datos históricos no afecta o de una actitud cínica en el sentido de decir “es una falacia, pero es la falacia dominante”.

Sin embargo, parece que, efectivamente, los matemáticos lograron convencer a algunos biólogos. Así nos narra F. J. Ayala la acogida inicial de la base teórica de la evolución: *Estos descubrimientos (?) teóricos, sin embargo, tuvieron inicialmente un impacto limitado entre los biólogos contemporáneos, porque estaban formulados en ecuaciones y lenguaje matemáticos que la mayoría de los evolucionistas no podían entender* (aquí me voy a permitir argumentar, a modo de “reparación” de estas dudas sobre la capacidad mental de mis colegas, que resulta dudoso que no entendieran unas fórmulas basadas en algo tan simple como las probabilidades de obtener cara o cruz en una moneda lanzada al aire, es decir, que tal vez fue otro el motivo de su rechazo); *también, debido a que estos descubrimientos, casi exclusivamente teóricos (?) tenían poca corroboración empírica, y, por último, a causa de que los problemas resueltos habían dejado de lado muchas otras materias de gran interés, como el proceso de la especiación (??)*. Pero el problema que planteaban los biólogos estaba superado. Según

E. Mayr (1997): *Los matemáticos demostraron convincentemente que, incluso mutaciones con ventajas relativamente pequeñas, eran favorecidas por la selección, y sus hallazgos ayudaron a superar varias objeciones a la selección natural.*

En cualquier caso, ya estaba “demostrada” mediante las matemáticas la actuación de la selección natural como el mecanismo evolutivo. La sentencia (¿de muerte?) sobre el estudio de la evolución la emitió T. Dobzhansky (1951): *La Evolución es un cambio en la composición genética de las poblaciones. El estudio de los mecanismos de evolución es competencia de la Genética de Poblaciones.* Y desde ese momento, la base teórica de la Biología, pasó de apoyarse en los conocimientos y en los criterios científicos utilizados hasta entonces, basados en la elaboración de deducciones obtenidas a partir de la observación de los fenómenos naturales, a la interpretación de la Naturaleza en función de la práctica tradicional en el darwinismo, es decir, a adecuar las observaciones a la teoría, (en este caso ni siquiera observaciones, sino suposiciones), mediante fórmulas matemáticas.

Y este “olvido” de las observaciones de la Naturaleza, de los organismos, del registro fósil, para crear una explicación elaborada sobre cálculos numéricos basados en hipótesis al margen de la realidad, lleva a una total desconexión de la realidad. Así explica F. J. Ayala (2001) el concepto actual de la evolución según estos criterios: *El rango de una mutación génica puede ir, pues, de inapreciable a letal /.../ las mutaciones nuevas tienen mayor posibilidad de ser perjudiciales que beneficiosas para los organismos. Una nueva mutación es posible que haya sido precedida de una mutación idéntica en la historia previa de una especie. Si esa mutación previa no existe en la población, lo más probable es que no sea beneficiosa para el organismo y, por ello, será eliminada de nuevo/.../ El proceso de mutación cambia las frecuencias génicas muy lentamente debido a que las tasas de mutación son bajas /.../ Si en un momento dado la frecuencia del alelo A es 0,10, en la generación siguiente se habrá reducido a 0,0999999, un cambio evidentemente pequeñísimo /.../ Por otra parte, las mutaciones son reversibles: el alelo B puede también convertirse en alelo A /.../ Aunque las tasas de mutación son bajas si se considera un gen individualmente, el hecho de que haya muchos genes en cada individuo y muchos individuos en cada especie hace que el número total de mutaciones sea elevado.*

Como reflexión, seguramente discutible, y a modo de conclusión de este apartado, tengo que decir que la forma en que nació el darwinismo, la manera en que se ha narrado su historia, el modo en que se ha mantenido mediante artificios al margen de la realidad y la mitificación (mixtificación?) de la figura de Darwin, produce la sensación (al menos, la sospecha) de que el problema no es de índole meramente científica. Y un posible apoyo a esta sensación se puede encontrar en el siguiente hecho: En 2006, es decir, cuando ya se había secuenciado el genoma humano, cuando ya eran sobradamente conocidos los fenómenos de *splicing* alternativo, los procesos epigenéticos, la naturaleza dispersa y fragmentaria de la información genética... se reunieron en la Universidad de Cambridge, un grupo de prestigiosos investigadores que llegaron a la siguiente conclusión:

Many regard the Darwinian theory of evolution by natural selection as one of the most important and powerful theories of our times, in the good company of the general theory of relativity and quantum theory. What will be Darwin's legacy in the 21st century? Will new work be mainly confirmatory, or can we expect new breakthroughs?

What constitutes a Darwinian way of thinking in biology, or more broadly in science? Is it still timely to think in a genuine Darwinian way, or should we resort only to some basic Darwinian principles? These questions were discussed by researchers at a recent conference at Trinity College, Cambridge, UK, which was hosted by the president of the Royal Society, Martin Rees.

There was fair agreement among the participants that Darwin's way of approaching problems remains valid and should be encouraged if possible. (Szathmáry, 2006).

150 años fuera del camino

En el año 2009 se cumplirán 200 años del nacimiento de Darwin y 150 de la publicación de “Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o el mantenimiento de las razas favorecidas en la lucha por la existencia”, y la celebración parece bien preparada. En las revistas científicas se exalta su figura hasta convertirlo en el genio que arrojó luz sobre un Mundo en tinieblas: *La gran contribución de Darwin a la ciencia es que completó la Revolución Copernicana al llevar a la biología la noción de la naturaleza como un sistema de materia en movimiento gobernada por leyes naturales.* (Ayala, 2007). En las universidades y centros de investigación se preparan todo tipo de homenajes, y una réplica del *Beagle* “zarpará para reconstruir el mítico viaje del científico”. La noticia de prensa comienza así: *Recién graduado en Cambridge, con 22 años, un jovencísimo Charles Darwin se embarcó como naturalista a bordo del bergantín HMS Beagle, en un viaje que duraría cinco años (1831-1836). El padre de la teoría de la evolución describiría después esta aventura como el acontecimiento más importante de su vida, el que determinó la marcha de toda su carrera.* Aunque se pueden encontrar en el texto algunos “olvidos” o “imprecisiones”, (ver Sandín, 2002) el más llamativo es el que se refiere a su titulación, que se podría completar así: *subgraduado en Teología.*

La forma en que los encargados de transmitir “la buena nueva” a la sociedad “depuran” y “orientan” conscientemente la información llega a extremos que hacen pensar que deben tener muy buenos motivos para hacerlo. En el artículo *150 años liberados de un creador sobrenatural*, el autor informa a sus lectores de que *la idea eliminó la necesidad de Dios para explicar nuestra presencia*, y nos habla de la controversia entre creacionistas y darwinistas, para aclararnos que “la evolución”, o bien, como sinónimo, “la teoría de la evolución”, está científicamente comprobada y *la prueba más contundente es la universalidad del código genético.*

La confusión deliberada de la evolución como hecho con “la” teoría de la evolución y la transmisión a la sociedad de que el debate que existe actualmente se centra entre los creacionistas y “la” evolución, (y el éxito de esta estrategia se puede comprobar en las manifestaciones al respecto de todo tipo de personas cultivadas, no profesionales de la Biología) es una de las variadas artimañas de que se valen los guardianes del darwinismo para descalificar cualquier intento de debate científico sobre la validez actual de sus ideas. Pero es tan simplista y estéril tratar de rebatir a la Ciencia desde creencias religiosas como pretender rebatir las creencias con argumentos científicos, porque son dos aspectos del pensamiento humano que, por su forma de

elaboración y por sus objetivos, no tienen la menor relación (salvo cuando los pretendidos argumentos científicos sean, en realidad, una creencia, en cuyo caso se comprende el debate). Y es imposible rebatir una creencia con hechos históricos, con datos reales o con argumentos lógicos. Cuanto más irracional (es decir, menos basada en dichos conceptos) sea una creencia, más difícil es de rebatir, y de esto tenemos suficientes experiencias, no sólo en el aspecto científico, sino también en el político y el económico.

Lo cierto es que el oportuno rebrote de la discusión entre creacionistas y darwinistas y su entusiasta acogida por parte de estos últimos, ha sido el mayor refuerzo que ha recibido el darwinismo en toda su historia. La “inteligente” estrategia de los creacionistas (y su confusa variante del Diseño Inteligente), de rebatir la enormes “lagunas” reales que presenta el darwinismo en la actualidad y recurrir a descubrimientos y conceptos muy actuales, como la complejidad de la información genética y de la elaboración de los organismos, la teoría de sistemas, las propiedades emergentes, los “saltos” del registro fósil... hace que estén sentadas las condiciones para que los darwinistas siembren sospechas sobre la condición de “creacionista encubierto” de cualquier científico que utilice cualquiera de esos términos o argumentos. La confusión está “creada”.

Pero esta falsa polémica, produce la impresión de ser el (con un poco de suerte) último recurso para intentar mantener una concepción de la vida apoyada por 150 años de explicaciones retóricas, la mayoría de ellas con un gran derroche de ingenio, de identificar el hecho de la evolución con la “teoría” darwinista, única posible y única existente, de “depuración” de las ideas de Darwin mediante la ocultación de las “menos adecuadas” o “políticamente incorrectas”. De ignorar o tergiversar a los precursores y silenciar voces disidentes, a veces, mediante métodos poco edificantes. Pero también, de desperdicio de inteligencias, que podrían haber realizado grandes aportaciones, por la manera en que han sido formadas y por el control sobre “las malas ideas”. De encauzar la investigación (y sus aplicaciones) por un camino descontrolado y “aleatorio”, dada la falta de una base realmente científica sobre la que trabajar.

Y, sobre todo de transmitir a la sociedad y a otras ciencias su concepción distorsionada de la vida como un hecho “científicamente comprobado” (Abdalla, 2007). Del egoísmo y la competencia como “leyes naturales” que dirigen una sociedad en la que sólo triunfan “los más aptos”. De describir los fenómenos naturales con un lenguaje empresarial en el que la explotación de recursos, las estrategias competitivas, el coste-beneficio son los cimientos sobre los que se eleva “la mano invisible”, pero todopoderosa de la selección natural.

Uno de los argumentos más reiterativos utilizados para exaltar el darwinismo es que constituyó “una gran impulso” para la Biología. Cabría detenerse a recapacitar sobre la verosimilitud de la idea de que la ausencia de las ideas darwinistas habría impedido los descubrimientos científicos y los progresos tecnológicos que, inexorablemente, se han producido en los últimos años. Pero también cabría considerar si este impulso no lo sacó del camino.

Retomando el camino

Resulta paradójico, casi se podría decir absurdo, que el éxtasis que, para un profano, produce contemplar la belleza y la armonía de la Naturaleza, resulte para un biólogo poco menos que un engaño, una superstición producto del desconocimiento. Porque, como “sabemos” los biólogos, detrás de esa “aparente” belleza hay una fea realidad. La investigación científica nos “revela” que los seres vivos, los animales, las plantas compiten implacablemente por sobrevivir, entre distintas especies, dentro de cada especie y hasta de la misma camada. En suma: una Naturaleza *de dientes y garras tintas en sangre* (se debería añadir “y de hojas y flores tintas en savia”).

Aunque la forma en cómo se concibe la Naturaleza tiene un evidente y estudiado componente cultural que se puede inscribir también en un contexto histórico que, en el caso que nos ocupa, es el período en el que coinciden la revolución industrial y con la máxima expansión colonial británica (cuyas consecuencias describe claramente Darwin en “El origen del hombre”), la actitud ante la Naturaleza, la impresión que ésta produce, tiene, por fuerza, un componente individual, derivado de la propia personalidad y del conocimiento y la relación que se ha tenido con ella. Se podría acudir al origen, al “autor” de la transformación de esta truculenta concepción en explicación científica, para comprender este componente individual, es decir, cual puede ser la impresión de una persona habituada a un entorno extremadamente domesticado y de carácter pusilánime e hipocondríaco (Darwin, Ch. R., 1876), ante la observación de la Naturaleza “salvaje” y compararla, por ejemplo, con la concepción acogedora y generosa que de ella tiene un indígena de la Amazonia o un poblador de cualquier otra selva tropical. Cabría esperar que la visión de los biólogos debería estar más próxima de la de estos últimos, de los que de verdad la conocen, y resulta descorazonador, si nos detenemos a pensar sobre ello, que la concepción que se ha convertido en científica, la que nos han “enseñado” a los biólogos, sea la de una persona que contempla la naturaleza desde fuera, como algo hostil y ajeno. La idea de una Naturaleza en la que cada cual tiene su sitio, en la que todos sus componentes son necesarios y en la que unos necesitan de otros para existir resulta para los darwinistas, por algún motivo digno de estudio, un “enigma”. Veamos un ejemplo de investigación publicado en una revista científica “de alto impacto” sobre las explicaciones “biológicas” de la existencia de cooperación: *The emergence and maintenance of cooperation by natural selection is an enduring **conundrum** in evolutionary biology, which has been studied using a variety of game theoretical models inspired by different biological situations. The most widely studied games are the Prisoner's Dilemma, the Snowdrift game and by-product mutualism for pairwise interactions, as well as Public Goods games in larger groups of interacting individuals.* (Hauert, C. et al., 2006)

Aquí me parece oportuno un inciso para comentar uno de los tópicos que determinan la investigación (y la carrera profesional) de los biólogos. Al parecer “el inglés es el idioma científico, y lo que no está publicado en inglés, no existe”. Sin embargo, se pueden ver abundantes artículos del tenor del comentado y aún más absurdos, (*Evolution: The good, the bad and the lonely*. Michor y Nowak, 2002) hasta el extremo de resultar ridículos para una persona razonable, publicados en las revistas más importantes del ámbito anglosajón. Unos artículos que, probablemente, harían que el editor de alguna de las, al parecer, minusvaloradas revistas de lengua hispana recomendase al autor una visita al psicólogo. Porque, si los biólogos, las personas que tienen esta concepción científica de la realidad actuaran consecuentemente en sus

actividades habituales, su vida (y las de los que les rodeasen) debería de ser un verdadero infierno. Sin embargo, parece más que probable que sus vidas transcurran totalmente al margen de sus ideas científicas, incluso que sean personas generosas y solidarias (una especie de “mutantes”, según su base teórica) y que se limiten a trabajar sobre conceptos que se repiten mecánicamente sin detenerse a pensar muy profundamente sobre sus implicaciones.

Y la muestra más espectacular (dramática) de esta repetición sistemática de concepciones superficiales y al margen de la realidad es la que constituye el “experimento” de la *Biston betularia*, el “icono de la evolución”. Su presencia en los libros de texto, en las clases de la universidad y en las páginas *web* de prestigiosas universidades, como introducción a “la evolución”, constituye una muestra más de cómo se pueden ajustar los datos a la teoría y de lo superficiales e inconsistentes que son sus pretendidas explicaciones sobre la evolución dirigida por la actuación de la selección natural. Comencemos por esto último: Supuestamente, el hecho de que las polillas del abedul tengan una variabilidad cromática que va desde el casi blanco a casi negro habría hecho que, ante el oscurecimiento, causado por la contaminación industrial, de los troncos de abedules, donde, también supuestamente, descansan habitualmente, hizo, según “observó” Kettlewell, que las polillas más claras fueran más visibles para sus pájaros depredadores, con lo que la población de polillas observadas (en un punto geográfico concreto de Inglaterra) pasó a ser mayoritariamente oscura. Esta sería la prueba más patente del “poder creativo” de la selección natural en el cambio evolutivo que, “con el tiempo” podría llegar a ser muy grande. Pero se olvida mencionar, por una parte, que las polillas supervivientes ya existían antes de la “selección”, absolutamente idénticas y por otra, que, por mucho que se repitiera el proceso, aunque fuera para otro supuesto carácter, las que sobrevivieran serían algunas de las existentes previamente, es decir, polillas. La narración se completa, a veces (Ayala, 1999), con el colofón de que, cuando se llevaron a cabo medidas contra la contaminación, las proporciones de polillas de los distintos matices pasaron a ser los “originales”, lo que convierte la supuesta prueba de la evolución en absurda.

Sin embargo, hace tiempo que existían sospechas sobre las pretendidas observaciones de Kettlewell. Las densidades de población de polillas del abedul en los bosques no son, ni mucho menos tan altas como figuran en las fotografías con que éste ilustró su “experimento”, lo que hizo pensar que lo había falsificado fijando polillas a los troncos con alfileres (Chauvin, 2000). Posteriormente, los entomólogos han realizado estudios exhaustivos sobre las polillas del abedul que han llevado a la conclusión de que, efectivamente sus densidades no son ni remotamente parecidas a las que se observan en las fotografías, pero, sobre todo, que no descansan en los troncos (Wells, 1999) *salvo en, quizás, un 0,001% de las observaciones* (Wolf-Ekkehard, 2003), *sino en zonas no expuestas entre las copas de los árboles, por lo que los textos de biología y evolución deben ser revisados en el tema de la polilla moteada*. Lo penoso de este caso es que incluso es posible que Kettlewell no pretendiese engañar a sus colegas. Se puede llegar a pensar que, al estar tan convencido de cómo tenía que ser, “ilustró” su convicción mediante un pequeño truco. Esto, naturalmente, no ha hecho que se elimine el “experimento” de los textos mencionados porque, ¿qué otra prueba visible de la actuación de la selección natural podrían poner en su lugar?

En definitiva, y visto hasta dónde puede llevar la práctica de interpretar la Naturaleza en función de unas creencias previas, puede ser conveniente intentar un

pequeño esfuerzo por “volver al camino”, por retomarlo donde quedó hace 150 años. Se podrían mencionar un buen puñado de “precursores” con ideas muy brillantes (ver Galera 2002), pero un buen punto de partida, puede ser “*Filosofía Zoológica*”(1809), el primer tratado dedicado íntegramente al estudio científico de la evolución con la clara concepción de que éste estudio es el que dota de base científica a la Biología: *Nadie ignora que toda ciencia debe tener su filosofía (teoría), y que sólo por este camino puede hacer progresos reales. En vano consumirán los naturalistas todo su tiempo en describir nuevas especies / ... / porque si la filosofía es olvidada, sus progresos resultarán sin realidad y la obra entera quedará imperfecta.*

Para los que tenemos conocimiento de lo desafortunado que fue el momento de la presentación de la obra del republicano Lamarck a Napoleón (Casinos, 1986), de su ingente obra científica y del desdichado final de ésta, cuya impresionante obra “*Historia natural de los animales sin vértebras*” tuvo que dictar a la hija que le cuidaba ya que, expulsado de la Universidad tras la Restauración borbónica, pasó los diez últimos años de su vida ciego y en la indigencia, nos entristece pensar dónde estaría la Biología actual si las condiciones para la acogida de su obra y las del recibimiento de la de Darwin no hubieran sido las que fueron. Pero también nos apenan otras consideraciones: la concepción más general de la perspectiva lamarekista, cuyos “mecanismos” biológicos se están comenzando a conocer después de 150 años de negación de su existencia y de obstrucción de su investigación, es la capacidad de respuesta de los organismos a las condiciones ambientales, es decir, la influencia del ambiente en las características fenotípicas de los seres vivos. ¿No es posible imaginar cuanto dolor, cuantas injusticias y cuantas brutalidades de nuestra Historia (incluida la actual) se podrían haber evitado si la “concepción científica” de las características de los individuos, los pueblos las naciones, grabadas en sus “genes”, no las hubiese dotado de, al menos, justificación?

Pero esa es otra historia (o tal vez no), así pues, volvamos al camino. Lamarck entendía sus aportaciones como el resultado, susceptible de verificación por otros científicos, del estudio empírico de la Naturaleza: *Habré conseguido el objetivo que me propongo, si los amantes de las ciencias naturales encuentran es esta obra algunos puntos de vista y algunos principios útiles, si las observaciones que he expuesto en ella se confirman o si son aprobadas por los que han tenido ocasión de ocuparse de estos mismos temas...* Pero también era consciente de la dificultad que tienen las ideas científicas “nuevas” (es decir, lo que deben de ser, por definición, las ideas verdaderamente científicas) para ser aceptadas, sobre todo, cuando en la ciencia hay implicados otros “intereses”: *Sin embargo, muchas de las consideraciones nuevas que son expuestas en esta obra, desde su inicio prevendrán desfavorablemente al lector, por el único motivo de que las ideas ya admitidas van a rechazar a las nuevas. Como este poder de las ideas viejas sobre las que aparecen por primera vez favorece esta prevención, sobre todo cuando interviene un interés menor, resulta que a las dificultades que ya existen para descubrir verdades nuevas estudiando la Naturaleza, se le añaden las aún mayores de hacerlas aceptar.* La concepción verdaderamente científica de la esencia, del sentido de la investigación científica y las intuiciones sobre las consecuencias de la intervención de “un interés menor” en ésta, resultan asombrosamente actuales. Y también la mayor parte de sus aportaciones sobre lo que se puede considerar los descubrimientos más “modernos” con los que la terca realidad ha desbaratado las concepciones más asumidas por la Biología “convencional”.

Porque si nos remitimos a lo expuesto anteriormente sobre los descubrimientos recientes sobre el control de la información genética, la concepción lamarckiana más general, la del organismo como entidad fundamental sobre la que el ambiente ejerce su influencia, podría haber sido un punto de partida, una predicción, que habría preparado a los biólogos para comprender fenómenos que todavía parecen asumidos a duras penas, cuando no malinterpretados de una forma retórica y artificiosa: Que las circunstancias ambientales condicionan, no sólo la expresión de la información genética (fenómenos epigenéticos, control del *splicing* alternativo, *estrés genómico*...), sino la dinámica del proceso de desarrollo embrionario (Lachman, M. y Jablonka, E., 1996; Workman, C. T., 2006; Hall, B. K., 2003; Richards, E. J., 2006; M. Li, C. M. y Klevecz, R. R., 2006; Tamkun, 2007; Muse, G. W., et al., 2007). Que el equilibrio y no la competencia es el cimiento fundamental de los ecosistemas (Proulx, S., Promislow, D.E.L. y Phillips, P. C., 2005; Bascombe, J., Jordano, P. y Olesen, J. M. 2006). Pero, sobre todo, sus intuiciones, fruto de su extraordinaria capacidad de trabajo y de observación, anticiparon la tendencia de las formas orgánicas a una mayor complejidad (Varabasi y Oltvai, 2004; Bornholdt, S., 2005; Aderem, 2005), la existencia de unas “leyes” (es decir, no “el azar”) que gobiernan la variabilidad de los organismos (LÖNNIG, W.W. y SAEDLER, H. 2003; Flores, M, et al., 2007) y que la capacidad de estos cambios están, de alguna manera, inscritas en los organismos (Wagner, G. P., Amemiya, C. y Ruddle, F., 2003; García-Fernández, 2005; Mulley, J. F., Chiu, C-U, y Holland, P. W. H., 2006).

En cualquier caso, y a diferencia de Darwin, Lamarck no trajo al Mundo “La Verdad” (Dawkins, 1975; Arsuaga, 2001) porque, él, como científico, sabía que en Ciencia no existe “la verdad” (ya que ésta sólo puede ser fruto de una “Revelación”) y sólo hay verdades parciales o aproximaciones a la realidad (*verdades desconocidas*, en su terminología). Pero aportó suficientes aproximaciones a la verdad para hacer posible la elaboración, a partir de ellas, de una base teórica verdaderamente científica para la Biología. Una base teórica capaz de incorporar coherentemente (es decir, no forzosamente) los datos y los conocimientos reales de reciente descubrimiento.

Algunas aclaraciones previas

La elaboración, o la propuesta de un modelo teórico capaz de interrelacionar de un modo coherente los datos procedentes del registro fósil con los conocimientos biológicos de que disponemos en la actualidad y de estos entre sí, ha de partir, necesariamente, de los datos actuales (y no a la inversa, como parece ser lo asumido). Pero antes de pasar a comentar (obligatoriamente, de un modo superficial) las principales características y el posible significado de esta propuesta (Sandín 1997), creo conveniente un preámbulo para hacer unas aclaraciones sobre dos aspectos que pueden dificultar su interpretación como modelo de inspiración lamarckista.

El primero, atañe a la “adecuación” de todas las ideas de Lamarck a los datos actuales. Parece razonable pensar que esto sería extremadamente improbable (al contrario de lo que parece suceder en “la” teoría), porque los avances tecnológicos han hecho posible llegar a un nivel de profundidad en las observaciones absolutamente impensables en su época. Sin embargo, no es difícil dilucidar cuales de sus ideas no son sostenibles en la actualidad ya que, al estar formuladas de una manera clara y metódica, son susceptibles a una crítica científica.

El segundo resulta más complejo. Se trata de un intento de clarificación de algunas confusiones, muy arraigadas en la terminología evolutiva, creadas precisamente por la confusión con que está planteado el darwinismo, tanto en su formulación inicial, como, muy especialmente, en sus posteriores “interpretaciones”.

En cuanto al primer aspecto, Lamarck tenía una concepción gradualista de la evolución (transformación, en su terminología). Concebía ésta como un proceso gradual de adaptación a las condiciones ambientales. Sin embargo, los datos, tanto del registro fósil (Benton, M.J., Wills, M.A. y Hitchin, R. 2000; Schefer, M. et al., 2001; Prokoph, A., Fowler, A.D. y Patterson, R.T. 2000; Hunt, G., 2007) como los procedentes del estudio del proceso embrionario (Hall, 2003; Davidson, E. H. y Erwin, D. H., 2006; Schaefer, C. B. et al., 2007) nos revelan la existencia de procesos de cambio brusco de organización de los organismos, lo que, por otra parte, hace más adecuado el término “transformación” (Artur, W., 2006) empleado por Lamarck para definir el proceso. En cualquier caso, se puede seguir considerando como válida la concepción general lamarckista de la implicación del ambiente en los cambios porque se ha puesto de manifiesto, tanto en los procesos de adaptación (Cropley, J. F. et al., 2006; Ferguson-Smith, A. C. y Greally, J. M., 2007; Benetti, R. et al., 2007) como en los cambios de organización (Hall, 2003; Reik, W., 2007), aunque, lógicamente, él jamás hubiera podido imaginar la existencia de fenómenos epigenéticos, elementos móviles, duplicaciones y reorganizaciones genómicas, genes homeóticos, etc., y el concepto de “estrés genómico”.

El segundo problema resulta más arduo de analizar, pero no sólo por la confusión antes mencionada, sino porque hay concepciones tan asumidas que parece inconcebible dudar de ellas y sólo lo puede hacer el que está movido por “intenciones ocultas”. Unas sospechas que resultan absurdas, porque, precisamente, la práctica científica fundamental es buscar los puntos débiles de las teorías vigentes para mejorarlas o, en su caso, cambiarlas. Veamos, pues, algunos de ellos.

Quizás el concepto que, desde mi punto de vista, genera más confusión, porque de él derivan otras arrastradas por las simplificaciones de la teoría convencional es confundir “el origen de las especies” con la evolución. Esto parece tan arraigado que, incluso muchos científicos críticos con el darwinismo hablan de la evolución en estos términos. No quisiera parecer innecesariamente “pedagógico” para muchos, pero sí parece necesario repetirlo para algunos: El origen de las especies, que era de lo que (suponía que) hablaba Darwin, es la especiación (cuyas únicas evidencias experimentales es decir, no mediante cálculos matemáticos, indican que están implicados “saltos” de elementos móviles (Bergman, C. M. y Bensasson, D., 2007; Wessler, S., 2007) que hacen posible que el cambio se produzca simultáneamente en un número considerable de individuos. Según nos revela el registro fósil, las especiaciones se han producido infinidad de veces en los distintos taxones (tras los grandes cambios de organización) sin dejar de ser unas diversificaciones dentro de un patrón morfológico básico, pero no son el supuesto “inicio” de los cambios de organización, porque las diferentes especies que surgen así se mantienen sin cambios sustanciales en su organización durante toda su existencia. Repito mis excusas (y el ejemplo), pero las libélulas han sufrido cientos, tal vez miles de especiaciones desde su “aparición” en el Carbonífero, sin dejar de ser libélulas. Es decir, cuando hablamos de, o “demostramos” la especiación, no estamos hablando de evolución, sino de variabilidad dentro de un patrón morfológico.

Otra confusión arrastrada por la anterior y que, a su vez, la “retroalimenta”, es la identificación de adaptación con evolución (la evolución como un proceso de adaptación gradual al ambiente), por ejemplo *los mosquitos evolucionan haciéndose resistentes a los insecticidas* (Ayala, 1999). Ya sabemos que existe una variada gama de procesos biológicos mediante los que los organismos responden a las condiciones de su entorno, es decir, mediante los cuales se ajustan, “se aferran” al ambiente. Esto no puede ser un mecanismo de cambio evolutivo sino, en todo caso, lo contrario. Los “mecanismos” de ajuste al ambiente son totalmente diferentes en sus procesos y en su significado de los que producen los cambios de organización, aunque éstos también estén desencadenados, en última instancia, por alteraciones en las condiciones ambientales.

Pero quizás, lo que resulta más desalentador para el intento de depurar los conceptos científicos que se utilizan para describir procesos biológicos, algunos de una importancia verdaderamente trascendental, es la terminología derivada de la concepción de la Naturaleza de la “vieja” visión: las calificaciones que reciben todo tipo de fenómenos muy significativos, con expresiones que van desde términos empresariales hasta bélicos, pasando por el mundo del “hampa”. Desde “carreras armamentísticas” hasta “explotación” de los virus endógenos por parte del genoma, pasando por calificaciones para éstos como “secuestradores”, “saboteadores” o “falsificadores”, por no hablar de las estrategias “egoístas” de los genes. No me cansaré de insistir en que esta no es una terminología científica, sino el producto de una concepción de la vida que podríamos calificar de patológica, que es utilizada para adecuar los datos a la teoría dominante, pero que lo que consigue es introducir graves distorsiones en la interpretación de los fenómenos biológicos y que resulta muy perjudicial para una verdadera comprensión de los fenómenos de reciente descubrimiento.

Consideraciones como estas, y algunas más vistas anteriormente, convierten en poco razonable la propuesta que, ante el aluvión de datos que contradicen radicalmente las asunciones asumidas sobre la evolución, han planteado algunos científicos (Carroll, R. L., 2000): la de “expandir” la teoría darwinista. Por lo que he podido ver, esta idea parte, al parecer, de dos asunciones que pueden ir unidas o independientes: de que Darwin fue el “descubridor” de la evolución, por lo que cuando se habla de evolución se habla de darwinismo, o bien, que ya hay aspectos de la teoría darwinista que están “suficientemente demostrados”. No parece necesario volver sobre la primera, pero sí puede ser conveniente insistir en que si la base teórica sobre la que se sustenta el darwinismo, la “Síntesis moderna”, es absolutamente falsa, todos los conceptos que se elaboren a partir de ella también lo serán. Las únicas “demostraciones” de fenómenos visibles en la Naturaleza que todavía se ofrecen en los textos darwinistas como ejemplos de la evolución por selección natural siguen siendo el “experimento” de la polilla del abedul, el caso de la anemia falciforme, cuya manifestación se ha mostrado mucho más compleja de lo que se creía (Higgs, D. R. y Wood, W. G., 2008) y la adquisición de resistencia de los mosquitos a los insecticidas. El resto de las supuestas demostraciones son, simplemente, interpretaciones “a posteriori” sobre porqué esos fenómenos están ahí (“porque han sido seleccionados”).

Parece razonable insistir en que ante la “aparición” de fenómenos y procesos inimaginables hace pocos años en el campo de la Biología, es necesario “repensar” la evolución y, por tanto las explicaciones de dichos procesos y su integración coherente en nuestra disciplina. En palabras de Mauricio Abdalla (2006): *La tecnología amplía la*

capacidad de “ver” fenómenos que antes estaban ocultos a los sentidos humanos y, la mayoría de las ocasiones, abre un nuevo campo fenomenológico que impulsa a la ciencia a reajustarse, produciendo un movimiento en las teorías científicas y hasta crisis de paradigmas.

Lo que no parece razonable es la actitud de indignación con que es recibido por prestigiosos biólogos, como si fuera una agresión, cualquier intento de este tipo. Resulta envidiable el entusiasmo con que, por ejemplo, los físicos, reciben la existencia de cualquier punto débil en sus teorías o cualquier avance tecnológico que les permita profundizar en ellas o, incluso cambiarlas (y no se puede decir que no estén “actualizados” al respecto). También es cierto que ellos no disponen de un ser “providencial” que les trajo una verdad inmutable, porque todavía ninguno de sus grandes pensadores la ha encontrado. Tal vez por eso tampoco disponen de un aniversario con que celebrar el “verdadero nacimiento” de su disciplina. Ni siquiera el de Newton, porque sus explicaciones eran, de algún modo válidas, pero incompletas. Posiblemente, para encontrar un paralelo tendrían que remontarse a Aristóteles. Su teoría sobre el movimiento de “los cuatro elementos” hacia “sus semejantes”: el agua hacia el agua, la tierra hacia la tierra, el fuego hacia el fuego y el aire hacia el aire, explicaba todo. Era “evidente”, incluso verificable experimentalmente. Todo el mundo podía comprenderla, pero no era una explicación real. Porque, en Ciencia (excepto, al parecer, para la Biología), ninguna explicación de un fenómeno complejo puede ser sencilla.

Sobre la “integración de sistemas complejos”

Como hemos visto, las críticas a las simplificaciones del darwinismo han existido desde su origen, tanto desde el punto de vista científico como por su condición ideológica. Pero en los últimos años la acumulación de información, tanto del registro fósil, cada día más conocido, como de los fenómenos desvelados por la capacidad de observación de que nos han dotado los progresos en la tecnología han añadido una verdadera multitud de datos reales, verificables, para apoyar estas críticas, y han conducido a algunos científicos a proponer la necesidad de un nuevo modelo evolutivo. Como creo que podría parecer una insolencia (y posiblemente lo sea) hacer una crítica de propuestas alternativas procedentes de científicos infinitamente más conocidos y prestigiosos que el que esto escribe, y también puede parecer injusto (y quizás también lo sea) criticar intentos realizados con honestidad y la mejor intención, quisiera justificar lo que sigue con el siguiente argumento: las alternativas que no estén sólidamente apoyadas en datos reales pueden contribuir a aumentar la confusión y son más susceptibles de descalificación por parte de los defensores de la teoría dominante. Por lo tanto, me limitaré a algunas sugerencias sobre las deficiencias que, en mi opinión (es decir, totalmente discutible), presentan como descripción de fenómenos biológicos reales o como explicaciones del proceso evolutivo y que tal vez podrían ser solventadas con una puesta en común si se contrastasen entre sí: Unos se presentan como modelos puramente abstractos, que de algún modo describen la complejidad de los fenómenos naturales pero sin referirse a datos o experimentos biológicos concretos. Otros, siguen la tradición darwinista contraponiendo a los argumentos retóricos que la apoyan otros,

también de tipo retórico, es decir, discutiendo conceptos o creando otros supuestamente nuevos pero, igualmente, sin datos experimentales que los sustenten. La mayoría comparten muchas de las confusiones que hemos mencionado en el apartado anterior y, finalmente, algunos cuyas propuestas tienden a alejarse de la corriente convencional, prudentemente (y seguro que con sobrados motivos), no se atreven a dar el peligroso paso de “abjurar” del darwinismo (es decir, son alternativas “parciales”) ante el riesgo de perder, posiblemente entre otras cosas, su reconocimiento profesional. En el caso de que esta sea la causa, como no se puede perder lo que, al parecer, no se tiene, me he podido permitir dar este peligroso paso.

Antes de volver a exponer, una vez más, los argumentos generales de esta propuesta, (de este “esbozo” de propuesta), quisiera insistir, también una vez más, en que creo sinceramente que nadie se puede considerar propietario de una idea científica. En primer lugar porque las ideas no tienen dueño, y menos las científicas que, en su origen eran para compartir y debatir con toda la comunidad científica y para beneficio de toda la Humanidad. Pero, en segundo lugar, porque todas las ideas científicas, incluidas las que puedan parecer más originales, están basadas en el trabajo de otros, contemporáneos o antecesores, sin el cual no se podrían haber formulado. No se podrían haber planteado las preguntas ni imaginado las respuestas. Y seguramente, así ha sido desde que la Ciencia existe como tal. Sólo se pueden considerar “teorías” originales cuando son “ocurrencias”, sin base científica y, por tanto sin ideas u observaciones científicas sobre las que apoyarse, como la idea de que los “genes” son egoístas y competitivos, o que la Naturaleza selecciona los seres vivos de la misma forma que los ganaderos seleccionan ganado. Lo que he pretendido plantear es el bosquejo de un trabajo que, tampoco me cansaré de insistir, debería ser afrontado por equipos formados por especialistas de las distintas disciplinas, el de poner en común la enorme masa de información acumulada en los últimos años para elaborar una verdadera base teórica que relacionase todos ellos coherentemente, científicamente, pero sin olvidar muchas de las brillantes propuestas de científicos que nos han precedido y que pueden proporcionar el soporte para esa tarea. Una labor que, en este caso se apoya sobre los hombros de Lamarck, con su visión vitalista de la Naturaleza retomada por Steele y Jablonka, Arrhenius, con su idea de la panspermia retomada por Hoyle, Merezkovsky, y la simbiogénesis retomada por Margulis, Goldschmidt con sus “monstruos esperanzados” y el saltacionismo del proceso de especiación retomado por Gould y Eldredge... El problema de esta “protopropuesta”, que asumo sin ambages, es que, cuando a las inevitables limitaciones de afrontar esta labor de una forma individual se unen las limitaciones personales, la visión que se obtiene es posiblemente superficial y seguramente incompleta.

No voy a repetir aquí los argumentos y contraargumentos y las referencias bibliográficas que ya han sido expuestas en otras ocasiones, a veces, en exceso (ver, por ejemplo, “La transformación de la evolución”, 2005). Lo que propongo en este caso es una reflexión sobre el significado de los datos y fenómenos reales, científicamente verificables, que ya hemos expuesto y sus posibles implicaciones en los problemas planteados inicialmente.

Comencemos por el principio, es decir, por el origen de la vida en la Tierra, que se puede admitir como el hecho de mayor calado y el más significativo para la comprensión de la vida. Los datos de que disponemos (insisto: datos reales), son los de la existencia de bacterias, es más, de comunidades bacterianas con toda su complejidad (Allwood, A. C. et al., 2006), incluso antes de que la Tierra acabase de formarse. Y aquí

me permito llamar la atención sobre otra confusión: Todos los conceptos relativos al origen de la vida como un proceso gradual y al azar, muchos de los cuales figuran en textos científicos como algo “científicamente demostrado” (la “sopa prebiótica”, el “mundo ARN”, LUCA, Urbilateria, por no hablar de los “replicadores” del “Gen egoísta”), son (¿sorprendentemente?) inventados. Se trata de hipótesis emitidas por sus autores como “una posibilidad”, sin ninguna base empírica (“cómo ha debido de ser”), pero que, con el tiempo y la necesidad de una explicación, han pasado a ser confusamente consideradas como reales. ¿No resulta desasosegante para un científico pensar que la base científica de su disciplina se sustenta sobre hechos inexistentes?

Volvamos, pues, a las bacterias. Los datos que se han obtenido de las rocas más antiguas de la Tierra muestran “ecosistemas bacterianos complejos”. Esto, junto con consideraciones sobre la inviabilidad ecológica de la existencia de un solo tipo de bacteria (Guerrero, R. et al., 2002), hace pensar que tuvieron que “aparecer” así en la Tierra. Desde luego, las sorprendente y difícilmente explicables capacidades de las bacterias como “adaptaciones al azar”, su capacidad para vivir en los hábitats más extremos e inadecuados para la vida (se podría decir, innecesarios), desde el interior de rocas hasta fumarolas submarinas, desde el interior de reactores nucleares hasta estériles salinas, y su capacidad para “adaptarse” a condiciones “artificiales” a las que jamás han estado expuestas en la Naturaleza hace esta explicación insostenible desde el punto de vista convencional. Su inexplicable abanico de nutrientes, desde sustancias industriales tóxicas hasta minerales escasos como titanio, les convierte en algo “especial” dentro de los seres vivos. Pero esta condición especial se acentúa si tenemos en cuenta que su actividad hizo posible la existencia de condiciones atmosféricas adecuadas para la existencia de la vida. Y aún más: “hicieron” la vida. La agregación de bacterias como base de la mayoría (es decir, no todas) de las estructuras de la célula eucariota es un hecho comprobado, tanto desde el punto de vista morfológico como genético. Otro aspecto de las bacterias que merece una atención especial es el referente a los llamados “biofilms”. Su agrupación por millones de individuos, a veces de tipos diferentes, y sus espectaculares respuestas coordinadas a distintas alteraciones o estímulos del medio han llevado a la afirmación de que es un comportamiento inteligente (Webb, J. S., Michael Givskov, M. y Kjelleberg, S., 2003; Ben Jacob, E. et al., 2005, Skapiro, J. A., 2007) resultado de su “evolución” (otra confusión derivada de la vieja noción que identifica evolución con “cambio en los genes” que lleva a hablar de “la evolución de las bacterias” o incluso “la evolución de los virus”). Habría que pensar si lo que realmente indica es que la inteligencia es una “propiedad emergente” de las interacciones coordinadas entre células, como demuestran las respuestas “coherentes” de “genes”, proteínas, tejidos y órganos en el funcionamiento de los organismos. Y también que, muy probablemente ha podido ser así desde el principio de su existencia en la Tierra (Allwood, A. C. et al., 2006). La enorme cantidad de bacterias en la Tierra (vivimos literalmente inmersos en un mar de bacterias), su condición de imprescindibles para el origen de la vida y para el funcionamiento de la vida misma en el interior y el exterior de los animales, colaborando a la fijación de nitrógeno en las plantas, a las que hicieron posible la colonización del medio terrestre, (una hipótesis que se ha podido comprobar al constatar cómo, tras la retirada del hielo en un glaciar de los Andes, las cianobacterias han creado las condiciones, mediante la fijación de nitrógeno, para la colonización del estéril suelo por las plantas (<http://www.colorado.edu/news/r/578683be8d85cd4b9dff12272a0f6e8d.html>)), han hecho replantearse, por fin, su consideración de “microorganismos patógenos”, y llegar a la conclusión (confiemos en que sea así) de que su carácter patógeno,

extraordinariamente minoritario en relación con el número de tipos de bacterias conocidas, y mucho más con el, aún mayor de desconocidas (Lozupone, C. A. y Knigh, R., 2007) se produce cuando alguna “agresión” desestabiliza sus condiciones naturales. Hay que decir que no se puede culpar a los científicos de la consideración inicial de las bacterias como agentes exclusivamente patógenos, ya que su descubrimiento tuvo lugar, precisamente, porque producían enfermedades lo que conducía a esa conclusión lógica. Lo que resulta menos disculpable es que la concepción de la naturaleza como un campo de batalla en el que todos son competidores ha conducido a aumentar las “desestabilizaciones” de las condiciones naturales de la bacterias hasta el extremo de que su reconocimiento como elementos “positivos” de la Naturaleza (no suficientemente divulgado y todavía no reconocido por muchos, especialmente en el campo de la medicina), tal vez llegue demasiado tarde. El alarmante aumento de la resistencia de las bacterias “patogenizadas” a los antibióticos, producida por el uso desmedido de éstos como medio de acabar con nuestros “enemigos”, se está convirtiendo en un grave problema cuyas repercusiones finales ignoramos. Pero recientemente, se ha comprobado (quizás también demasiado tarde) que los antibióticos no son “competidores” de las bacterias, sino señales utilizadas por ellas para el control poblacional (Davies, J., 2006) y en grandes dosis (en dosis anormales) son letales, es decir, no son “armas” para la lucha contra las bacterias. Son un componente más de la red de relaciones que une a todos los seres vivos.

Pero, en el imaginario popular y, al parecer, también en el de la mayor parte de los científicos, hay otros “peligrosos enemigos” (como sabemos, determinadas concepciones de “la realidad” necesitan enemigos para justificarse), que han sustituido a las bacterias en las acusaciones de todo tipo de males: los virus. Vamos a olvidarnos de las rocambolescas explicaciones sobre su origen en términos de “ADN egoísta” fugado de las células eucariotas mediante una cápsida fabricada ingeniosamente por estos a partir de genes inexistentes en las células, porque si esta explicación ya era pura ciencia ficción en su origen, con los datos actuales se convierte en simplemente, absurda. La inimaginable cantidad y variedad de virus (especialmente “fagos”) desconocidos en su mayor parte (se asume que sólo se conoce un 10% de los existentes, pero es posible que sean menos), la gran cantidad de “genes” no identificados con anterioridad en ningún organismo encontrados en los virus, cuya función es desconocida y que se ha estimado en un 80% del número de genes virales identificados (Villareal, 2004), la existencia de “fagos” simultáneamente con las primeras arqueas (Woese, 2002), y las especialísimas características de los virus, que en estado libre son inertes, hacen poco probable la idea convencional de su “evolución” a partir de un antecesor común y mucho menos de un origen celular. De hecho, *La existencia de características específicas de los virus, como algunas proteínas de las envolturas, genomas en forma de ARN y ARN polimerasas especiales, sugiere, por el contrario, que al menos una parte de los virus no tiene el mismo origen celular que sus células huésped*.../... *La notable variedad de los virus y su relativa simplicidad sugieren un origen polifilético: diferentes grupos de virus habrían derivado independientemente a partir de diferentes orígenes.* (Zillig y Arnold, 99). Es decir, cabe la posibilidad, fuertemente apoyada por los datos, de que los virus “aparecieran” en la Tierra del mismo modo (y, posiblemente, al mismo tiempo) que las bacterias. Dejaremos para más adelante la discusión sobre el significado y la verosimilitud de esta posibilidad, para centrarnos en los datos que nos hablan de su implicación en la evolución de la vida sobre la Tierra.

Su consideración de “agentes infecciosos”, con el mismo origen que la de las bacterias, es decir, condicionada por su “puesta en escena” en la Biología, ha conducido a calificar a los “fagos” como “virus que infectan a las bacterias”. En realidad, se ha comprobado que son vehículos de intercambio de información entre ellas (Ben Jacob, E. et al., 2005) y precursores de los plásmidos, también esenciales en este fenómeno. Pero los virus en general también han sido esenciales en otro de mayor significado: cuando, anteriormente, mencionaba que la fusión de bacterias era responsable de “la mayoría” de las características de la célula eucariota, lo que pretendía indicar es que existe una considerable cantidad de complejos procesos y moléculas específicos de la célula eucariota que no proceden de las bacterias y que son, necesariamente, de procedencia viral. Muchos relacionados con la información genética, como mRNAs, cromosomas lineales y la separación de la transcripción de la translación (Bell, 2001), polimerasas ((Villareal y DeFilippis, 2000), intrones (Fedorov et al., 2003), telómeros y telomerasas (Schawalder et al., 2003) o con procesos relacionados con la división celular como la meiosis (Livingstone, P. H., 2006) o de las proteínas mitocondriales de replicación y transcripción (Shutt, T. E. y Gray, M. W., 2006) pero también muchas moléculas, especialmente proteínas y enzimas, no existentes en las procariotas. La lista es ingente y hace referencia a proteínas, tanto codificadas por virus, como procedentes de sus cápsidas (glicosiltransferasas, priones, sincitinas) y ha sido ampliamente documentada con anterioridad (ver “La transformación de la evolución”), aunque, como se aclaraba en dicha exposición esta documentación se ha realizado, en la mayoría de los casos, en base a los datos expuestos en los distintos trabajos, pero no en las interpretaciones de su presencia habitualmente basadas en la concepción del ADN “egoísta”, según la cual, estas moléculas habrían aparecido al azar en la célula eucariota y su presencia en los virus estaría justificada porque éstos las habrían “secuestrado”, “imitado” o “saboteado” (Markine-Goriaynoff et al., 2004). Merecería la pena detenerse a pensar sobre hechos tan significativos como que la célula es la que “activa” a los virus (Cohen, J., 2008), que en estado libre son inertes, que dispone de receptores para su penetración, que éstos disponen de un mecanismo de inyección de ADN, que la célula aporta su “maquinaria celular” para la actividad de los virus en su interior y que en los cromosomas eucariotas existen “hot spots” (puntos donde los virus tienden a insertarse). No resulta absurdo considerar que todo esto sea un proceso natural de incorporación y distribución de información genética en sentido amplio, lo que incluye ADN, ARN y proteínas.

Pero la, cada día más evidente, implicación de los virus en la construcción de la vida no se limita a su “puesta en marcha”. Veamos algunas de sus contribuciones a la creación de componentes del genoma fundamentales en la evolución. Los elementos móviles y sus derivados constituyen una proporción de los genomas eucariotas que trataremos de cuantificar posteriormente, pero cuyas actividades son reconocidas como responsables de duplicaciones, transposiciones y deleciones, es decir, de cambios trascendentales en la información genética. La supuesta explicación (más bien, “no explicación”) de la existencia de elementos móviles basada en su condición de ADN “egoísta” de origen desconocido y su consideración como precursores de los virus mediante su “invención” de los genes necesarios para fabricar la cápsida ya ha sido discutida y los expertos en virus asumen, cada día con más pruebas, su origen independiente (Zillig y Arnold, 99; Woese, C., 2002), la presencia de una ingente cantidad y variedad de virus en todos los ecosistemas (Kurt E. Williamson, K. E., Wommack, K. E. y Radosevich, M., 2003; Culley, A. I., Lang, A. S. y Suttle, C. A., 2006) incluso asignándolos una condición de “reservorio de genes” (Goldenfeld, N, y Woese, C., 2007) y “tejedores de genes” (Hamilton, G., 2006). Lo que resulta

desconcertante es que cuando en los artículos sobre su actividad genética se ha planteado la disyuntiva de si los elementos móviles provienen de virus o es a la inversa, ambas alternativas se contemplan como probables (Flawell, A. J., 1999), sin definirse por ninguna como si el significado de la una y la otra no fueran abismalmente distintos. Pero si asumimos lo que parece evidente, es decir, que en un sentido genérico, los transposones deriven de virus y los retrotransposones de retrovirus, la contribución de los virus a la construcción de los genomas ha sido, por fuerza, la absolutamente mayoritaria (Britten, R.J., 2004). Repitamos los cálculos: Si hemos de creer los resultados de la secuenciación de la fracción codificante de proteínas, que constituye el 1,5% del total del Genoma humano, además de 223 genes identificados como de origen bacteriano (aunque posiblemente sean más), hasta el 50% de sus secuencias están formadas por elementos móviles, por encima del 10% son virus endógenos y *“Mucho del restante ADN único debe también ser derivado de copias de antiguos elementos transponibles que han divergido demasiado para ser reconocibles como tales”* (THE HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM, 2001). En cuanto al restante 98,5%, es decir, la fracción “no codificante”, que había permanecido fuera del foco de interés de los genetistas por su consideración de “chatarra” o “basura” gracias a la “aportación” de Richard Dawkins (Von Sternberg, R., 2002), se ha podido comprobar que no sólo es un componente más de los genomas (que no hay “basura”), sino que es el componente fundamental en la explicación de la variabilidad, la complejidad biológica (Mattick, J.S. 2003), en la comprensión de la evolución. Y cada día se descubre una nueva actividad fundamental en los componentes de la supuesta “basura”, en este caso, y una vez más, en el control del desarrollo embrionario (Prabhakar et al., 2008).

No parece que resulte muy difícil de asumir que los responsables de que exista tal cantidad de secuencias repetidas son los retrotransposones y si hemos de buscar un modo por el que estos, con sus especiales transcriptasas inversas han aparecido en los genomas (Britten, R. J., 2004), llegamos a la conclusión, sorprendente pero coherente con lo visto anteriormente, de que aproximadamente el 99% de los genomas es de origen viral, es decir, que los genomas de los seres vivos, aunque sería más adecuado hablar de “la información genética”, lo que incluye el total de los elementos que la controlan, están constituidos por una agregación de genomas bacterianos y virales.

Si a esta condición de los genomas en sentido amplio le añadimos la inimaginable abundancia y variabilidad de virus (se ha estimado que entre 10 y 25 veces más que bacterias), en los medios marinos y terrestre y sus actividades absolutamente imprescindibles en los ecosistemas (Williamson, K. E., Wommack, K. E. y Radosevich, M., 2003; Suttle, C. A., 2005), nos encontramos con algo sobre lo que sería conveniente detenernos a pensar: Que “nuestros peores competidores” son en realidad, las unidades básicas de la vida. Que, junto con las bacterias, la han fundado y que la vida se sigue desarrollando inmersa, interconectada y regulada por un mar de bacterias y virus. Pero también, que, como desgraciadamente hemos podido comprobar, las bacterias y los virus pueden pasar, cuando las circunstancias lo requieren (por ejemplo, si nos empeñamos en ello), de su condición de constructores a la de destructores.

También podría ser conveniente reflexionar sobre unos datos y unos argumentos que nos indican que, posiblemente, su labor no ha terminado, porque sería no sólo un hallazgo apasionante para la Ciencia, sino también una esperanza para la vida sobre la Tierra. Recientemente, en un artículo publicado en la revista Nature (25-1-2007) bajo el título “Biology next revolution” Nigel Goldenfeld y Carl Woese, dos de los mayores

expertos mundiales en virus, no informan de que *“La imagen emergente de los microbios como colectivos intercambiadores de genes demanda una revisión de conceptos como organismo, especie y la misma evolución. /.../ Igualmente apasionante es la comprensión de que los virus tienen un papel fundamental en la biosfera, en un sentido evolutivo tanto a largo como a corto plazo. Recientes trabajos sugieren que los virus son un importante almacén y memoria de información genética de una comunidad, contribuyendo a la dinámica y estabilidad evolutivas del sistema. /.../ Por lo tanto, consideramos lamentable la concatenación convencional del nombre de Darwin con la evolución, porque deben ser consideradas otras modalidades”*. El artículo de una página perdido en el mar de confusión que forman los “descubrimientos” de aplicaciones de elementos móviles y virus para ingeniería genética es sólo una muestra más de la larga lista de artículos y descubrimientos de gran trascendencia ignorados o sepultados por el arrollador avance de la “biología de mercado”.

Ahora, un breve puntualización: La denominación de la propuesta como “Integración de sistemas complejos”, deriva de la observación de que estas características de los componentes básicos de la vida, cuya aparición en la Tierra de forma gradual es materialmente inexplicable, y la forma en que se integran sucesivamente en entidades de mayor nivel de complejidad, se pueden enmarcar dentro de la Teoría General de Sistemas (von Bertalanffy, K. L., 1976): Según ésta, un sistema se define como un conjunto organizado de partes interactuantes e interdependientes que se relacionan formando un todo unitario y complejo. Entre los distintos tipos de sistemas, los seres vivos se ajustan a las características de los llamados "sistemas orgánicos u homeostáticos" (capaces de ajustarse a los cambios externos e internos) y están organizados en subsistemas que conforman un sistema de rango mayor (macrosistema). Los sistemas complejos adaptativos son muy estables y no son susceptibles a cambios en su organización, pero ante un desequilibrio suficientemente grave, su respuesta es binaria: un colapso (derrumbe) catastrófico o un salto en el nivel de complejidad (debido a su tendencia a generar patrones de comportamiento global). Es decir: **adaptación** (ajuste al entorno) y **evolución** (cambio de organización) constituyen procesos diferentes. Se podría decir, pues, que existe un modelo teórico, un marco conceptual en el que inscribir la propuesta, pero considero que en el caso que nos ocupa y dada la situación por la que atravesamos, resulta más apremiante la comprensión de fenómenos concretos a partir de datos empíricos que la elaboración de un modelo teórico abstracto y general, por lo que la denominación citada y su adecuación resulta irrelevante para el problema que nos ocupa.

Llegados aquí, tal vez sea conveniente una mirada sobre un supuesto “punto débil” de esta explicación del origen de la vida en la Tierra. La idea de que la vida en la Tierra proviene de “semillas” diseminadas por el Universo se puede remontar (al menos, en la cultura occidental) a la Grecia clásica, y el filósofo Anaxágoras ya hablaba de ello. Como ya hemos mencionado, fue el químico sueco Arrhenius el que acuñó el término “panspermia” en 1908 para denominar este fenómeno, retomado posteriormente por el astrónomo galés Alfred Hoyle (1982). Esta hipótesis ha sido rechazada fervientemente por los más prestigiosos teóricos del darwinismo mediante dos argumentos: que sólo cambia el problema de lugar y que el origen de la vida en la Tierra “ya está explicado”. En cuanto al segundo, no merece la pena insistir en que está “explicado” de forma gradual y al azar, mediante hipótesis inventadas y si ningún soporte empírico (es más, los datos reales indican su imposibilidad). En cuanto al

primero, sí creo conveniente reiterar que lo que cambia es el problema, porque es totalmente diferente el significado (y las consecuencias) de que la vida sea un fenómeno fortuito, de una extremada improbabilidad y único en la Tierra (además de resultar de un “universocentrismo” penoso), a que la vida sea un fenómeno inherente al Universo, que sea una propiedad más (aunque muy especial) de la materia como puedan ser los metales o los gases, cuyas interacciones moleculares tienen sus propias reglas (“leyes”, en la terminología convencional), y que la vida “germine” allí donde las condiciones son adecuadas a sus características.

El argumento de que si no podemos precisar cuando y donde se formaron los componentes de la vida por primera vez (que, insisto, al parecer, “ya está explicado”), la hipótesis pierde credibilidad es, por decirlo de un modo suave, inconsistente, porque, como siempre ha pasado en la Ciencia, las explicaciones nunca son completas. Son aproximaciones al conocimiento de los fenómenos que se estudian y siempre hay que reservar, como dice Mauricio Abdalla (2006), “un extra de humildad” para reconocer que no podemos saber “todo” y esperar que nuevos descubrimientos (posiblemente sorprendentes) o nuevos instrumentos nos permitan avanzar en el conocimiento. En cualquier caso, también es posible que nunca lleguemos a saber exactamente cuando y dónde se formó la vida, pero tenemos datos reales de su primera manifestación sobre la Tierra. Disponemos de observaciones y de conocimientos de procesos verificables experimentalmente que nos permitirán devolver a la Biología a su condición de Ciencia. De construir una base teórica sustentada en hechos reales que se ajuste realmente a lo sucedido en nuestro planeta desde su origen. De comprender que las propiedades de los seres vivos, de su proceso evolutivo y de sus relaciones actuales entre sí y con el entorno, dependen de las propiedades de sus componentes. Si las propiedades de los metales, de los gases, de los líquidos dependen de interacciones atómicas y moleculares concretas, verificables, ¿cómo se puede decir que las de los seres vivos, que comparten con ellos las leyes de la física, la química y las matemáticas, pero que, además, son capaces de “autoorganizarse” y “autogenerarse”, y responder coherentemente a los estímulos del ambiente dependen del “azar”? Esto no hace sino convertir a la Biología en una disciplina no susceptible de estudio científico, aunque, como sabemos sí de manipulación (es decir, del llamado “tiro a boleo”). Porque la concepción de la vida como un fenómeno producido “al azar” tiene mucho de justificación para perderle el respeto que se merece. Para “someterla a esclavitud”. Para destruirla sin haberla llegado a comprender.

La transformación de la evolución

El método científico convencional, con sus limitaciones, que son mayores cuanto más complejo es el fenómeno estudiado, consiste en llevar a cabo observaciones empíricas y formular hipótesis que consigan interrelacionarlas por nexos demostrativos, es decir, de una forma verificable. Es decir, no forma parte de la Ciencia explicar realidades en base a proposiciones que se encuentran fuera de los límites empíricos, porque a lo que conduce esta actitud es a pretender explicar continuamente “porqué no vemos lo que deberíamos ver”.

Limitémonos, pues, a los datos empíricos y veamos, de una forma necesariamente superficial, de qué forma pueden estar interconectados.

Lo datos que se pueden considerar el punto de partida para comprender la evolución de la vida y la prueba de que esta ha cambiado con el tiempo, son los procedentes del estudio del registro fósil. Los conocimientos, cada día más profundos rigurosos y abundantes, sobre las formas de vida en los diferentes estratos geológicos no han llevado a disponer de una visión, si bien no “completa”, sí representativa (Benton, M. J. et al., 2000) de los fenómenos evolutivos. La presencia de procariotas en la Era Arcaica, cuando la Tierra aún no se había acabado de formar, es un hecho verificable. También, que en Paleoproterozoico, hace unos 1600 millones de años, ya existían las eucariotas y que, a partir de su existencia, las “apariciones” en el registro fósil de los organismos multicelulares, primero en el período Vendiano y, posteriormente, y sin conexión directa evidente, en el Cámbrico, se han producido de una manera, poco menos que “repentina” (Morris, 2000). (Haremos referencia, en este caso, sólo a la evolución animal. Para una revisión de la evolución vegetal, ver Moreno, 2002). A partir de estos estratos, lo que se observa **realmente** son grandes cambios de organización y aparición súbita de nuevas morfologías coincidiendo, de una forma más o menos ajustada, con los comienzos de los distintos períodos geológicos, a los que han dado nombre sus faunas distintivas (Schindewolf, 1993; Kemp, T. S., 1999). En los estratos correspondientes a cada período se puede comprobar la existencia de cambios menores de organización así como posibles especiaciones sin cambios morfológicos significativos y siempre siguiendo la pauta de los “equilibrios puntuados” (Williamson, P. G., 1983; Kerr, R. A., 1995), es decir, cambios bruscos y permanencia en “estasis” durante períodos variables, pero prolongados.

Veamos, ahora, evidencias experimentales que nos pueden explicar estas observaciones. Hace tiempo que para los expertos en embriología era evidente que las características del desarrollo embrionario como un sistema jerarquizado e interconectado hacía imposible que los cambios de organización se produjeran mediante la acumulación de pequeños cambios en caracteres superficiales (Devillers, Ch. y Charline, J., 93; Gilbert., S. F. et al., 96), pero ahora son observaciones empíricas las que dan la razón a estos argumentos: La forma en que los complejos Homeóticos controlan simultáneamente distintos aspectos interrelacionados durante el desarrollo embrionario nos explican complejos cambios de organización difícilmente explicables como sucesos independientes, por ejemplo, el control simultáneo del sistema urogenital y las extremidades necesario para el paso del medio marino al terrestre (Kondo, T. et al., 1997), o la transición de la organización miriápodo a exápodo (Ronshaugen, M. et al., 2002). Las investigaciones en el reciente campo de la Evo-Devo (evolución y desarrollo) arrojan datos, cada día más significativos en este aspecto (Hall, B. K., 2003), pero quisiera destacar unos de un interés especial, porque representa lo que puede ser la aproximación experimental más ajustada a las observaciones del registro fósil: en el artículo “*Gene regulatory networks and the evolution of animal body plans*” (Davidson, E. H. y Erwin, D. H., 2006) se nos informa de la existencia de tres tipos fundamentales de “redes” en el control del desarrollo embrionario: la primera constituye lo que los autores denominan *kernels* (semillas) que controlan las características de la morfogénesis a nivel de *Phylum* o *Superphylum*, el segundo, controla la elaboración de patrones morfológicos, y las alteraciones en distintos niveles el despliegue de sus conexiones y el funcionamiento de sus “interruptores” origina cambios de Clase, Orden y Familia, y finalmente, las alteraciones en baterías de genes y su despliegue serían las responsables de la especiación. Esto nos lleva a recordar la famosa polémica levantada por la honesta afirmación de R. Goldschmidt (1940), derivada de sus observaciones, sobre la necesidad de que los cambios necesarios para que se produjese la especiación

habrían de ser, necesariamente, mediante “macromutaciones” de efecto instantáneo con consecuencias visibles sobre la variabilidad de los individuos. La reacción de sus colegas “ortodoxos” fue cruel, calificando burlescamente a los resultados de tales cambios “monstruos sin esperanza” o “monstruos esperanzados”. Sin embargo, estos datos reales nos obligan a buscar un proceso también real, existente, que relacione estas observaciones con las procedentes del registro fósil.

Como hemos visto, los conocimientos sobre las complejas características de la información genética y la composición y origen de los genomas nos hablan de la imposibilidad de que estas complejas redes de información puedan cambiar de un modo gradual (y menos “al azar”). Esto implica la necesidad de la existencia de algún proceso que haga posible que nuevas características, a su vez, de gran complejidad y necesariamente interrelacionadas, se incorporen a las anteriores redes de información. Veamos un ejemplo como ilustración de estos argumentos: la transición de la organización reptil a la de mamífero requiere, en el desarrollo embrionario, la incorporación de gran cantidad de características “nuevas” que están estrechamente interrelacionadas entre sí (las unas sin las otras no tendrían sentido). La existencia de un retrovirus endógeno, denominado ERV-3, implicado en la morfogénesis de la placenta (Mi et al., 2000), en la formación del sincitiotrofoblasto (Venables et al., 1995; Muir et al., 2004) y en la inmunodepresión materna (Harris, 1998) nos informa (entre otras cosas que veremos más adelante) de la existencia de un proceso por el que estas nuevas características se pueden “integrar” en la red genética previa en forma de “subsistema”, como parte de un proceso de cambio de organización que, necesariamente, ha de tener otros componentes. Los datos sobre la “incorporación” de nuevas secuencias relacionados con cambios trascendentales en la evolución son cada día más abundantes (Pierce, S. K. et al., 2003). También las relacionadas translocaciones y reorganizaciones genómicas relacionadas con los transposones (Loning, W. W. y Shaedler, H., 2003) y con repeticiones de secuencias génicas, parciales o “extensivas” (Gu et al., 2002; McLisaght et al., 2002), de evidente origen en los retrotransposones y también originarias de las sucesivas duplicaciones de los genes Hox (Wagner, G. P. et al., 2003; García-Fernández, J., 2005)

Por lo tanto, tenemos una explicación de cómo se pueden producir, de un modo simultáneo y en un gran número de individuos, los “monstruos esperanzados”: mediante la integración de virus en los genomas. En lo que respecta a cómo las remodelaciones y duplicaciones genómicas se pueden producir simultáneamente en un número suficiente de individuos para que la población resultante sea viable, numerosos estudios han mostrado experimentalmente, mediante la activación por provocación de distintas formas de estrés ambiental (radiaciones, excesos o defectos de determinados nutrientes, sustancias químicas...), la existencia de lo que se denomina “hot spots”, es decir puntos de los genomas donde tienden a insertarse con más frecuencia los elementos móviles o a producirse las duplicaciones (Loning, W. W. y Shaedler, H., 2003). Lo que hace pensar que, en condiciones naturales, esta frecuencia puede ser aún mayor. Esto a llevado a los citados autores a considerar la existencia de “una variabilidad predeterminada” en la organización animal, es decir, los cambios estarían condicionados o limitados por algún tipo de reglas (“leyes”, en la terminología convencional). Incluso, podemos disponer de nuevos datos que nos hablan de algunas otras de las “regularidades” que buscábamos: recientemente (Weitz, J. S. et al., 2008) se ha podido conocer una pista sobre cuando los virus “deciden”, en la terminología de los autores, cuando se integran en el cromosoma (fase “lisogénica”) o cuando destruyen la célula (fase “lítica”). En un estudio realizado

en fagos, han podido comprobar que la tendencia a utilizar la maquinaria celular para hacer copias de sí mismos, lo que acaba por destruir la célula, se produce cuando es un solo virus el que “infecta” la célula. La integración tiene lugar cuando son varios los virus que penetran.

Se podría decir que sólo nos falta una conexión para integrar todos estos datos con las observaciones del registro fósil: Los factores desencadenantes de estos procesos. Y también los hay. Como es conocido, a lo largo de la existencia de la vida en la Tierra, se han producido grandes extinciones asociadas a catástrofes ambientales de dimensiones variables y seguidas de grandes “radiaciones” de nuevas morfologías (Kemp, T. S., 1999). Para ilustrar las consecuencias de estos fenómenos, vamos a referirnos al más reciente porque es del que disponemos de una información más clara y abundante y citaremos, una vez más, la honesta descripción de la observación del registro fósil por parte de un científico prestigioso y nada sospechoso de heterodoxia: George Gaylord Simpson: *"El mas asombroso acontecimiento en la historia de la vida sobre la Tierra, es el cambio que ocurrió del Mesozoico, edad de los reptiles, a la edad de los mamíferos. Parece como si el telón hubiese caído repentinamente sobre un escenario en el que todos los papeles habían sido desempeñados por los reptiles, especialmente los dinosaurios, en un número enorme y con una variedad sorprendente, y se hubiese vuelto a levantar inmediatamente para poner de manifiesto idéntica escenografía, pero con un reparto enteramente distinto"*. (Simpson et al., 57). La catástrofe ecológica producida por la caída de un gran meteorito ha sido suficientemente constatada. Pero hay más. Coincidiendo con esa catástrofe, se produjo una inversión de los polos magnéticos terrestres (Erickson, 1992; Mazur, S. et al., 2005) que dejó a la Tierra sometida a un intenso bombardeo de radiaciones solares. No parece necesario insistir sobre las condiciones que activan, tanto las movilizaciones de los elementos móviles, como las de los virus endógenos. El resultado es un fenómeno que desafía nuestra capacidad de imaginación, pero que se ajusta, que puede explicar, de una forma apoyada en datos existentes, las observaciones reales del registro fósil.

Parece necesario que los biólogos nos desprendamos de concepciones que pudiéramos denominar “populares” (como se “ve” en los dibujos animados) que han dominado la idea de la evolución. Entre otras cosas, porque no son biológicamente, es decir, en base a los procesos que conocemos, posibles. Tenemos que tomar conciencia de la enorme complejidad global del fenómeno que pretendemos estudiar científicamente. Si tenemos en cuenta los largos períodos de estasis por los que pasan las especies, es absurdo pretender que en un período geológico tan corto como el que representa el Paleoceno temprano, los mamíferos terrestres hayan vuelto al mar hasta convertirse, gradualmente, al azar y tras períodos de “estasis” más o menos largos, en ballenas y delfines, porque no hay tiempo para todo esto. Las morfologías animales no varían al azar, porque hay unos complejos de información genética llamados Homeoboxes que las controlan y hay procesos que explican la transición (la transformación) a la organización mamífero. Es decir, los cambios en los ecosistemas, por difíciles de “visualizar” que nos resulten (incluido el que esto escribe) son, como se ha observado en el registro fósil (Elredge, N, 1997; Beard, C., 2002), globales y simultáneos. También lo son, a menor escala, los cambios menores, como las especiaciones (Williamson, P. G., 1983; Kerr, R. A., 1995), producidos por estímulos de menor repercusión.

En definitiva, hemos de asumir que la acumulación de información sobre los fenómenos biológicos nos sitúa frente a una Naturaleza infinitamente más bella, poderosa y coherente que la sordida visión que nos “enseñó” la vieja mentalidad simplista, reduccionista, aleatoria y competitiva. Que la vida se desarrolla en medio de unas continuas y estrechas interacciones de los organismos entre sí y con el entorno, mediante el intercambio de información genética por transferencia horizontal de genes, para la cual también existen “hot spots”, es decir tendencias predeterminadas (Timakov et al., 2002; Medrano-Soto, et al., 2004), y mediante procesos de ajuste al entorno que producen una adaptaciones de una coherencia y eficacia extraordinarias. Que la vida se puede estudiar científicamente, que incluso se puede comprender. Y quizás así lleguemos a ser conscientes de que la Naturaleza es infinitamente más poderosa que nosotros. Que jamás la conseguiremos doblegar ni vivir al margen de ella.

Pero también tenemos que detenernos a pensar sobre otra realidad que la Naturaleza ha puesto ante nuestros ojos. Vivimos literalmente inmersos en un mar de bacterias y virus. Sólo es necesario que consigamos provocar una catástrofe de suficientes dimensiones para desencadenar el siguiente paso.

Consideraciones finales

La posibilidad de provocar una catástrofe de dimensiones imprevisibles por la manipulación de fenómenos no bien conocidos ni interpretados y sin capacidad de controlarlos realmente no es sólo una (terrible) conjetura. Lo planteamientos reduccionistas (antiguos) en que se basan esas manipulaciones están totalmente al margen de los conocimientos actuales. A la luz de la indescifrable complejidad con que se manifiesta la información genética, de la supeditación de ésta a las condiciones ambientales, de las actividades tan precisas, tan concretas de los virus... no tienen sentido las enormes “inversiones” destinadas por la industria farmacéutica a la búsqueda de “genes de interés comercial”, a la obtención de “patentes” para moléculas que, supuestamente controlan procesos complejos y multifactoriales. Ni el uso de virus, supuestamente “inactivados” para introducir, al azar, genes foráneos en los organismos, como el intento de producir cerdos transgénicos en los que se expresen inmunoglobulinas humanas con el fin de evitar el natural “rechazo hiperagudo” en “el futuro negocio”, según Wall Street Journal, de los xenotransplantes.

Ya hemos tenido indicios suficientes de estos peligros. La producción de L-triptófano (usado como suplemento dietético) mediante bacterias modificadas genéticamente produjo, en Estados Unidos, la muerte de 37 personas y más de 1.500 con daños permanentes, la muerte de pacientes sometidos a experimentos de terapia génica o el supuesto “contagio” de SIDA, de un paciente sometido a estos experimentos, deberían hacer pensar en el sentido y el peligro real de semejantes intentos. Y aquí me voy a atrever a someter al criterio del lector una información sobre un terrible indicio de estos peligros: Desde 1992 hasta 1999, el periodista Edward Hooper siguió el rastro de la aparición del SIDA hasta un laboratorio en Stanleyville en el interior del Congo, por entonces belga, en el que un equipo dirigido por el Dr. Hilary Koprowski, elaboró una vacuna contra la polio utilizando como sustrato riñones de chimpancé y macaco. El “ensayo” de esta vacuna activa tuvo lugar entre 1957 y 1960, mediante un método muy habitual “en aquellos tiempos”, la vacunación de más de un

millón de niños en diversas “colonias” de la zona. Hooper fue vapuleado públicamente por una comisión de científicos que negaron rotundamente esa relación. Desde entonces, se han publicado varios “rigurosos” estudios que asociaban el origen del sida con mercados africanos en los que era práctica habitual la venta de carne de mono o, más recientemente, “retrasando” la fecha de aparición hasta el siglo XIX mediante un supuesto “reloj molecular” basado en la comparación de cambios en las secuencias genéticas de virus. Lo que Hooper ni Koprowsky podían saber era que los mamíferos tenemos virus endógenos que se expresan en los linfocitos y que son responsables de la inmunodepresión materna durante el embarazo.

Las barreras de especie son un obstáculo natural para evitar el salto de virus de una especie a otra. Son necesarias unas condiciones extremas de estrés ambiental o unas manipulaciones totalmente antinaturales para que esto ocurra. Como, por ejemplo, que se consiguiera superar el “rechazo hiperagudo” en los xenotransplantes y que, con la supervivencia del paciente, se crearan las condiciones para la hibridación de nuevos virus incontrolables...

Es necesario detenerse a pensar sobre lo que hay realmente detrás de muchas supuestas soluciones a problemas inexistentes o mal diagnosticados, como la puesta en el mercado de millones de dosis de supuestas vacunas contra la “gripe aviar”, o las campañas de vacunación masiva contra un virus endógeno. Porque, como todos sabemos, “el Mercado” es el que dirige el destino de la Humanidad. Y ante “el Mercado”, ni la ética, ni la Ciencia, ni la verdad, tienen ningún poder.

Los biólogos, los científicos, tenemos ante nosotros una grave responsabilidad: Decidir si asistimos pasivamente al desenlace de esta aventura irresponsable, o si afrontamos la tarea de construir y transmitir a la sociedad una Biología realmente científica. Al servicio de la Humanidad.

BIBLIOGRAFÍA

ABDALLA, M. (2007). El principio de cooperación. En busca de una nueva racionalidad. Crimentales, Murcia

ABDALLA, M. (2006). La crisis latente del darwinismo. *Asclepio*, Vol. LVIII. N° 1, 43-94.

AGO, H., KANAOKA, Y., IRIKURA, D., LAM, B.K., SHIMAMURA, T., AUSTEN, K.F. & MIYANO, M. (2007) Crystal structure of a human membrane protein involved in cysteinyl leukotriene biosynthesis. *Nature* **448**, 609–612.

ABIGAIL C. ALLWOOD, MALCOLM R. WALTER, BALZ S. KAMBER, CRAIG P. MARSHALL & IAN W. BURCH (2006). Stromatolite reef from the Early Archaean era of Australia *Nature* Vol **441**|8 June |doi:10.1038/nature04764

ADEREM, A. (2005). Systems Biology: Its Practice and Challenges *CELL* Volume **121**, Issue 4 , Pages 511-513

ARTHUR, W. (2006). Timeline: D'Arcy Thompson and the theory of transformations. *Nature Reviews Genetics* **7**, 401-406 (May 2006) | doi:10.1038/nrg1835

AYALA, F. J. (1999). La teoría de la evolución. De Darwin a los últimos avances de la genética. Temas de hoy. Madrid.

AYALA, F. J. (2007). Darwin's greatest discovery: Design without designer *PNAS* vol. **104**, 1 pp. 8567–8573.

ARSUAGA, J. L. 2001. El enigma de la esfinge. Las causas, el curso y el propósito de la evolución. Plaza Janés. Barcelona.

BALL, P. (2001). Ideas for a new biology. Nature science update. 12 Feb.

BARABÁSI, A-L. & OLTVAI, Z. N. (2004). Network biology: understanding the cell's functional organization. *Nature Reviews Genetics* **5**, 101-113; doi:10.1038/nrg1272

BASCOMPTE, J., JORDANO, P. AND OLESEN, J. M. (2006): Asymmetric Coevolutionary Networks Facilitate Biodiversity Maintenance *Science* Vol **312** 21 pp.431-433

BEARD, C. (2002). East of Eden at the Paleocene/Eocene Boundary. *Science* **295** N° 5562: 2028-2029.

BECKER, P. B. (2006). Gene regulation: A finger on the mark. *Nature* 442, 31-32

BELL, P. J. 2001. Viral eukaryogenesis: was the ancestor of the nucleus a complex DNA virus? *Journal of Molecular Evolution* **53**(3): 251-256.

BENETTI, R., GARCÍA-CAO, M. & BLASCO, M. (2007). Telomere length regulates the epigenetic status of mammalian telomeres and subtelomeres *Nature Genetics* Volume **39** (2): 243-250

BEN JACOB, E, AHARONOV, Y. AND ASPIRA, Y. (2005). Bacteria harnessing complexity. *Biofilms*.**1**, 239- 263

BENTON, M.J.. WILLS, M.A. y HITCHIN, R. (2000). Quality of the fossil record through time. *Nature*, **403**: 535-537.

BERGMAN, C. M. and BENSASSON. D. (2007). Recent LTR retrotransposon insertion contrasts with waves of non-LTR insertion since speciation in *Drosophila melanogaster*. *PNAS*, vol. **104** no. 27, 11340-11345

BORNHOLDT, S. (2005). Less Is More in Modeling Large Genetic Networks. *Science* **310**, 451

BRITTEN, R. J. (2004). Coding sequences of functioning human genes

derived entirely from mobile element sequences *PNAS* vol. **101** no. 48, 16825–16830

BYERS, J. A. and WAITS, L. (2006). Good genes and sexual selection in nature. *PNAS* vol. **103** no. 44, 16343-16345

CARROLL, R. L. (2000). Towards a new evolutionary synthesis. *TREE*, Vol. **15**, N° 1:27-32.

CASINOS, A. (1986). Prólogo de Filosofía zoológica. Alta Fulla, Barcelona.

CELA CONDE, C. J. Y AYALA, F. J. Senderos de la evolución humana, Madrid, Alianza, 2001

CHAUVIN, R. (2000). Darwinismo: El Fin de un Mito. Espasa Calpe, Madrid

COHEN, J. (2008). HIV Gets By With a Lot of Help From Human Host. *Science* Vol. 319.no.5860,pp.143-144.

CULLEY, A. I., ANDREW S. LANG, A. S. AND SUTTLE, C. A. (2006). Metagenomic Analysis of Coastal RNA Virus Communities. *Science* 23 June 2006: Vol. 312. no. 5781, pp. 1795 - 1798

CROPLEY, J. E., SUTER, C. M., BECKMAN, K. B. and MARTIN, D. I. K. (2006). Germ-line epigenetic modification of the murine A^{vy} allele by nutritional supplementation. *PNAS* vol. **103** no. 46, 17308-17312

DAVIES, J. (2006). Are antibiotics naturally antibiotics? *J Ind Microbiol Biotechnol.* **33**: 496–499

DARWIN, CH.R. (1859): "*On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*". Versión española: "El Origen de las Especies". Akal, 1998.

DARWIN, CH.R. (1871): "*The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*". Versión española: "El Origen del Hombre". Ediciones Petronio. Barcelona. 1973.

DARWIN, CH.R. (1876): "*Autobiografía y cartas escogidas*". Selección de Francis Darwin. Alianza Editorial. Madrid. 1997.

DAWKINS, R. (1975): "*The Selfish Gene*". Oxford University Press. Versión española: "El Gen Egoísta" Biblioteca Científica Salvat. 1993. Barcelona.

DEVILLERS, Ch. y CHARLINE, J. (1993): *Evolution. An Evolving Theory*. Berlin Heidelberg. (Springer-Verlag).

DOBZHANSKY, TH. (1951). *Genetics and the origin of species*. Columbia University Press. New York.

ELDREDGE, N. (1997). *Síntesis inacabada*. Fondo de cultura económica. México.

ENSERINK, M. (2007). Selfish Genes Could Help Disease-Free Mosquitoes Spread. *Science* Vol. **315**. no. 5820, pp. 1777 - 1778

ERICKSON, J. (1992). *La extinción de las especies*. McGraw-Hill

FEDOROV, A., ROY, S. FEDOROVA, L. & GILBERT, W. (2003). Mystery of Intron Gain. *Genetics Research* **13**: 2236-2241.

FERNÁNDEZ, J. (1983). Prólogo al "Origen de las especies" Akal. Madrid.

FERGUSON-SMITH, A. C. & GREALLY, J. M. (2007). Epigenetics: Perceptive enzymes. *Nature* **449**, 148-149

FLAWELL, A. J. (1999). Long terminal repeat retrotransposons jump between species. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* **91** (22): 12211-12212.

FLORES, M., LUCÍA MORALES, CLAUDIA GONZAGA-JAUREGUI, ROCÍO DOMÍNGUEZ-VIDAÑA, CINTHYA ZEPEDA, OMAR YAÑEZ, MARÍA GUTIÉRREZ, TZITZIKI LEMUS, DAVID VALLE, MA. CARMEN AVILA, DANIEL BLANCO, SOFÍA MEDINA-RUIZ, KARLA MEZA, ERANDI AYALA, DELFINO GARCÍA, PATRICIA BUSTOS, VÍCTOR GONZÁLEZ, LOURDES GIRARD, TERESA TUSIE-LUNA , GUILLERMO DÁVILA, AND RAFAEL PALACIOS. (2007). Recurrent DNA inversion rearrangements in the human genome. *PNAS*, vol. **104** no. 15 6099-6106

FRAGA, M. F., ESTEBAN BALLESTAR, MARIA F. PAZ, SANTIAGO ROPERO, FERNANDO SETIEN, MARIA L. BALLESTAR, DAMIA HEINE-SUÑER, JUAN C. CIGUDOSA, MIGUEL URIOSTE, JAVIER BENITEZ, MANUEL BOIX-CHORNET, ABEL SANCHEZ-AGUILERA, CHARLOTTE LING, EMMA CARLSSON, PERNILLE POULSEN, ALLAN VAAG, ZARKO STEPHAN, TIM D.

SPECTOR, YUE-ZHONG WU, CHRISTOPH PLASS, AND MANEL ESTELLER. (2006). Epigenetic differences arise during the lifetime of monozygotic twins. *PNAS* vol. **102**, no. 30, 10604–10609

GALERA, A. (2002). Modelos evolutivos predarwinistas. *Arbor*. N° 677 Pp. 1-16.

GARCIA-FERNÁNDEZ, J. (2005). The genesis and evolution of

homeobox gene clusters. *Nature Reviews Genetics* Volume **6**, 881-892.

GAVIN, A.C. et al., (2002). Functional organization of the yeast proteome by systematic analysis of protein complexes. *Nature*, **415**: 141-147.

GEE, H. (2000). Of Goethe, genomes an how babies are made. *Nature science update*. 10 Feb.

GERSTEIN, M. K., BRUCE, C., ROZOWSKY, J.S., ZHENG, D., JAN, J-D., KORBEL, O., EMANUELSSON, O., ZHANG,Z.D., WEISSMAN, S. and SNYDER, M. (2007). What is a gene, post-ENCODE? History and updated definition. *Genome Res.* **17**: 669-681

GILBERT, S. F., OPITZ, J. M. & RAFF, R. A. (1996). Resynthesizing Evolutionary and Developmental Biology. *DEVELOPMENTAL BIOLOGY* **173**, 357-372.

GOLDENFELD, N. and WOESE, C. (2007). Biology's next revolution. *Nature* **445**, 369.

GOLDSCHMIDT, E. 1940. The material basis of evolution. Yale University Press.

GUERRERO, R. PIQUERAS, M. y BERLANGA, M. (2002). Microbial mats and the search for minimal ecosystems. *Int Microbiol* **5**: 177–188

GUO, J., and XIN, H. (2006). CHINESE GENE THERAPY: Splicing Out the West? *Science*, Vol. **314**. no. 5803, pp. 1232 - 1235

GU, X., WANG, Y. & GU, J. 2002. Age distribution of human gene families shows significant roles of both large and small-scale duplications in vertebrate evolution. *Nature Genetics* **32** (2): 205-209.

HALDANE, J. B. S. (1924). A mathematical theory of natural and artificial selection. *I. Trans. Camb. Philos. Soc.* **23**:19-41.

HALL, B. K. (2003). Evo-Devo: evolutionary developmental mechanisms. *Int. J. Dev. Biol.* **47**: 491-495

HAMILTON, G. (2006). Virology: The gene weavers. *Nature* 441, 683-685.

HAN, J-H., STEVEN A. KUSHNER, ADELAIDE P. YIU, CHRISTY J. COLE, ANNA MATYNIA, ROBERT A. BROWN, RACHAEL L. NEVE, JOHN F. GUZOWSKI, ALCINO J. SILVA, SHEENA A. JOSSELYN (2007). Neuronal Competition and Selection During Memory Formation. *Science* Vol. 316. no. 5823, pp. 457 – 460.

HAUERT , C., FRANZISKA MICHOR , MARTIN A. NOWAK AND MICHAEL DOEBELI (2006). Synergy and discounting of cooperation in social dilemmas. *J. Theo. Biol.***21;239**(2):195-202.

HARRIS, C.L. (1985): "*Evolución. Génesis y revelaciones*". Hermann Blume. Madrid.

HEMLEBEN, J. (1971): "*Darwin*". Alianza Editorial. Madrid.

HIGGS, D. R. and WOOD, W. G. (2008). Genetic complexity in sickle cell disease *PNAS* vol. **105** no. 33 11595-11596

HOYLE, A. 1982. Evolution from space. University College Cardiff Press.

HUNT, G. (2007). The relative importance of directional change, random walks, and stasis in the evolution of fossil lineages. *PNAS* vol. **104** no. 47, 18404–18408

HO, Y, et al., 2002. Systematic identification of protein complexes in *Saccharomyces cerevisiae* by mass spectrometry. *Nature*, **415**: 180-183.

KHARE, A AND SHAULSKY, G. (2006). First among equals: competition between genetically identical cells. *Nature Reviews Genetics* Volume **7**, 577

KEMP, T.S. (1999). Fossils and Evolution. Oxford University Press.

KERR, R. A. (1995). Did Darwin get it All Right? *Science*. **267**: 1421.

KNIGHT, J. (2002). Physics meets biology: Bridging the culture gap. *Nature*, **419**: 244-246.

KONDO, T.; ZAKAUY, J.; INNIS, J.W. & DUBOULE, D. (1997). Of fingers, toes and penises. *Nature*. **390**: 29.

LACHMANN, M. and JABLONKA, E. (1996). The Inheritance of Phenotypes. An Adaptation to Fluctuating Environments. *J Theor Biol* **181**, 1-9

LAMARCK, J.B. de M. (1809): "*Filosofía Zoológica*". Editorial Alta Fulla. 1986.

LI, C. M. and KLEVECZ, R. R. (2006). A rapid genome-scale response of the transcriptional oscillator to perturbation reveals a period-doubling path to phenotypic change. *PNAS* vol. **103** no. 44 16254–16259

LIVINGSTONE BELL P. J. (2006). Sex and the eukaryotic cell cycle is consistent with a viral ancestry for the eukaryotic nucleus. *Journal of Theoretical Biology* vol. **243**, no1, pp. 54-63

LÖNNIG, W-L. (2003) *Biston betularia*: Where do 99.9% of the peppered moths rest by day according to all the known data - or where do they not rest? internetlibrary.html

LÖNNIG, W.W. & SAEDLER, H. 2003. Chromosome Rearrangements and Transposable Elements. *Annual Reviews of Genetics* **36** (1): 389-416.

LOZUPONE, C. A. and KNIGHT, R. (2007). Global patterns in bacterial diversity. *PNAS* vol. **104** no. 27, 11436-11440

MALTHUS, T. R. (1798) *An Essay on the Principle of Population*. Ensayo sobre el principio de la población. Editorial Claridad. 1997

MATTICK, J.S. (2003). Challenging the Dogma: the hidden layer of non-protein-coding RNAs in complex organisms. *Bio Essays* **25**: 930-935.

MAYR, E. (1997). The establishment of evolutionary biology as a discrete biological discipline. *BioEssays*, **19** (3): 263-266.

MAZUR, S., SCHECK-WENDEROTH, M. AND KRZYWIEC, P. (2005). Different modes of the Late Cretaceous–Early Tertiary inversion in the North German and Polish basins. *International Journal of Earth Sciences*, Vol. **94**, Numbers 5-6 . PP. 782-798

MCLYSAGHT, A. et al. (2002). Extensive genomic duplication during early chordate evolution. *Nature Genetics* **31** (2): 200-204.

MICHOR, F. y NOWAK, M. A. 2002. Evolution: The good, the bad and the lonely. *Nature*, **419**: 677-679.

MEDRANO-SOTO, A., MORENO-HAGELSIEB, G., VINUESA, P., CHRISTEN, J. A. & COLLADO-VIDES, J. (2004). Successful Lateral Transfer Requires Codon Usage Compatibility Between Foreign Genes and Recipient Genomes. *Molecular Biology and Evolution* **21**(10): 1884-1899.

MILNER, R. (1995). *Diccionario de la evolución*. Bibliograf, Barcelona

MIVART, St. G. (1871). On the génesis of species. Macmillan & Co., Londres.

MORENO, M. (2002). Botánica y evolución. *Arbor* **677**: 59-99.

MORRIS, S. C. (2000). The Cambrian "explosion": Slow-fuse or megatonnage?. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*. Vol. **97**, Issue 9, 4426-4429.

MULLEY, J. F., CHI-HUA C. and HOLLAND, P. W. H. (2006). Breakup of a homeobox cluster after genome duplication in teleosts. *PNAS* vol. **103** no. 27, 10369-10372

MUSE, G. H., GILCHRIST, D. A., NECHAEV. S., SHAH, R. , PARKER, J. S. , GRISSOM, S. F., ZEITLINGER, J. & ADELMAN, K. (2007) RNA polymerase is poised for activation across the genome. *Nature Genetics* 39, 1507 - 1511

MULLIGAN, M. K., PONOMAREV, I., HITZEMANN. R., BELKNAP, J. K., TABAKOFF. B., HARRIS, R. A., CRABBE, J. C., BLEDNOV, Y. A., GRAHAME, N. J., PHILLIPS, T. J., FINN, D. A., HOFFMAN, P. L., IYER, V. R., KOOB. G. F. AND BERGESON, S. E. (2006). Toward understanding the genetics of alcohol drinking through transcriptome meta-analysis. *PNAS* vol. **103** no. 16 6368-6373

PAN, Q., OFER SHAI, LEO J LEE, BRENDAN J FREY & BENJAMIN J BLENCOWE. (2008). Deep surveying of alternative splicing complexity in the human transcriptome by high-throughput sequencing. *Nature Genetics* Published online: 2 November 2008 | doi:10.1038/ng.259

PEARSON, H. (2006). Genetics: What is a gene? *Nature* **441**, 398-401

PIERCE, S.K., MASSEY, S.E., HANTEN, J.J. & CURTIS, N.E. (2003). Horizontal Transfer of Functional Nuclear Genes Between Multicellular Organisms. *Biological Bulletin* **204**: 237-240.

PRABHAKAR, S. AND VISEL, A. (2008). Human-Specific Gain of Function in a Developmental Enhancer. *Science* Vol. **321**. no. 5894, pp. 1346 - 1350

PROKOPH, A., FOWLER, A.D. y PATTERSON, R.T. (2000). Evidence for periodicity and nonlinearity in a hig-resolution fossil record of long-term evolution. *Geology*, Vol. **28**; N° 10: 867-870.

PROULX, S. R., PROMISLOW, D. E. L. AND PHILLIPS, P. C. (2005). Network thinking in ecology and Evolution. *Trends in Ecology and Evolution* Vol.20 No.6 June 2005 doi:10.1016/j.tree.2005.04.004

REIK, W. (2007). Stability and flexibility of epigenetic gene regulation in mammalian development. *Nature* **447**, 425-432

RICHARDS, E. J. (2006). Opinion: Inherited epigenetic variation — revisiting soft inheritance. *Nature Reviews Genetics* **7**, 395-401

RONSHAUGEN, M., MCGINNIS, N. & MCGINNIS, W. (2002). Hox protein mutation and macroevolution of the insect body plan. *Nature* **415**, 914-917

RUSSELL, B. (1935). *Religion and Science*. Oxford Univ. Press. New York.

SANDÍN, M. (1997). Teoría Sintética: Crisis y Revolución. *Arbor*. Nº **623-624**. Pp. 269-303.

SANDÍN, M. (2002). Una nueva Biología para una nueva sociedad. *POLÍTICA Y SOCIEDAD* Vol **39**, Nº 3.

SANDÍN, M. (2005). La transformación de la evolución. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica*. Tomo **100**(1-4), 139-167.

SCHAEFER, C. B., T. OOI, S. K., BESTOR, T. H. AND BOURC'HIS, D. (2007). Epigenetic Decisions in Mammalian Germ Cells. *Science* Vol. 316. no. 5823, pp. 398 - 399

SAUER, U., HEINEMANN, M. and ZAMBONI, N. (2007). Getting Closer to the Whole Picture. *Science* Vol. 316. no. 5824, pp. 550 - 551

SCHEFER, M. et al., 2001. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, **413**: 591-596.

SHAPIRO, J. A. (2007). Bacteria are small but not stupid: cognition, natural genetic

engineering and socio-bacteriology. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.* **38**, 807–819

SCHINDEWOLF, O. (1993). *Basic Questions in Paleontology: Geologic Time, Organic Evolution and Biological Systematics*. The University of Chicago Press. Chicago.

SCHAWALDER, J., PARIC, E. & NEFF, N.F. (2003). Telomere and ribosomal DNA repeats are chromosomal target of the bloom syndrome DNA helicase. *BioMed Central Cell Biology* **4**: 11.

SAN PEDRO, J.L. (2002). *"El mercado y la globalización"*. Destino. Madrid.

SMITH, A. (1776). Investigación sobre la naturaleza y causas de la riqueza de las naciones. Fondo De Cultura Económica. 1996.

SUTTLE, C. A. (2005). Viruses in the sea. *Nature* **437**, 356-361

SHUTT, T. E. AND GRAY, M. W. (2006). Bacteriophage origins of mitochondrial

replication and transcription proteins. *Trends in Genetics* Vol.**22** No.2, 92-95

SLOTKIN, R. K. AND MARTIENSSEN, R. (2007). Transposable elements and the epigenetic regulation of the genome. *Nature Reviews Genetics* **8**, 272-285

SZATHMÁRY, E. (2006). Darwin for All Seasons. *Science* Vol. 313. no. 5785, pp. 306 - 307

SMITH, A. (1776). La riqueza de las naciones (An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations) MetaLibri Digital Library

STUMPF, M. A. & MCVEAN, G. A. T. (2003). Estimating recombination rates from population-genetic data. *Nature Reviews Genetics* **4**, 959-968

TAMKUN, J. W. (2007). Stalled polymerases and transcriptional regulation. *Nature Genetics* **39**, 1421 – 1422

THE HUMAN GENOME SEQUENCING CONSORTIUM. 2001. Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* **409**: 860-921.

TIMAKOV, B., LIU, X., TURGUT, I. & ZHANG, P. (2002). Timing and Targeting of P-Element Local Transposition in the Male Germline Cells of *Drosophila melanogaster*. *Genetics* **160**: 1011-1022.

UNITED NATIONS DRUG CONTROL PROGRAM, Report of the International Narcotics Control Board for 1999, E/INCB/1999/1 United Nations, Vienna 1999.

VILLAREAL, L.P. & DE FILIPPIS, V.R. (2000). A Hypothesis for DNA Viruses as the Origin of Eukaryotic Replication Proteins. *Journal of Virology* **74** (15): 7079-7084.

VILLARREAL, L. P. (2004). *Viruses and the Evolution of Life*. ASM Press, Washington.

Von BERTALANFFY, K. L. (1968). *General System theory: Foundations, Development, Applications*, New York: George Braziller, revised edition 1976.

VON STERNBERG, R. (2002). On the Roles of Repetitive DNA Elements in the context of a Unified Genomic-Epigenetic System. *Annals of the New York Academy of Sciences*, **981**: 154-188.

WAGNER, G. P., AMEMIYA, C. AND RUDDLE, F. (2003). Hox cluster duplications and the opportunity for evolutionary novelties. *PNAS* vol.100 no. **25**, 14603–14606

WEBB, J. S., GIVSKOV, M. AND KJELLEBERG. S. (2003). Bacterial biofilms: prokaryotic adventures in multicellularity. *Current Opinion in Microbiology* **6**:578–585

WILLIAMSON, K.E., WOMMACK, K.E. AND RADOSEVICH, M. (2003). Sampling Natural Viral Communities from Soil for Culture-Independent Analyses. *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. **69**, No. 11, p. 6628-6633

WORKMAN, C. T., MAK, H. C., MCCUINE, S., TAGNE, J-B., AGARWAL, M., OZIER, O. BEGLEY, T. J., SAMSON, L. D., IDEKER, L. T. (2006). A Systems Approach to Mapping DNA Damage Response Pathways. *Science* Vol. 312. no. 5776, pp. 1054 - 1059

WEITZ, J.S., MILEYKO, Y., JOH, R. J. and VOIT, E. O. (2008). Collective Decision Making in Bacterial Viruses. *Biophysical Journal* **95**:2673-2680

WELLS, J. (1999). Second Thoughts about Peppered Moths This classical story of evolution by natural selection needs revising. *The Scientist*, Vol:**13**, N° 11, p. 13

WESSLER, S. R. (2006): Transposable elements and the evolution of eukaryotic genomes. *PNAS* vol. **103** no. 47 17600-17601

WILLIAMSON, P.G. (1983). Speciation in molluscs from Turkana Basin. *Nature*, **302**: 659-663.

WOESE, C. R. (2002). On the evolution of cells. *PNAS* vol. **99** no. 13, 8742-8747.

XIANG, D-B., CHEN, Z-T., WANG, D., LI, M-X.XIE, J-Y., ZHANG, Y-S., QING, Y., LI, Z-P. AND XIE, J. (2008). Chimeric adenoviral vector Ad5/F35-mediated

APE1 siRNA enhances sensitivity of human colorectal cancer cells to radiotherapy *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Gene Therapy* **15**, 625–635

YOUNG, R.M. (1973). "The historiographic and ideological contexts of the nineteenth-century debate on man's place in nature". En "Changing perspectives in the history of Science". Ed. M. Teich and R.M. Young. Reidel: Boston.

ZILLIG, W. y ARNOLD, H. P. (1999). Sur la piste des virus primordiaux. *La Recherche* **317**:26-29.