

“Los virus no son patógenos por definición”. Entrevista con Máximo Sandín

15 septiembre, 2010

Llegó septiembre, la vuelta al cole, el inicio de curso y con todo ello nuestra sección de entrevistas. En esta ocasión agradecemos la participación en esta sección de Máximo Sandín, doctor en Ciencias Biológicas y Profesor Titular en la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Madrid, con el que iniciamos el nuevo curso escolar.

1. En la última década hemos asistido a un “boom” en la secuenciación de genomas de diversos organismos, lo que ha llevado a que ahora dispongamos de bases de datos bastante completas. ¿Cómo crees que esa información puede afectar al entendimiento de los mecanismos evolutivos?

Responderé con las palabras de científicos implicados en estas secuenciaciones: han tenido “profundas consecuencias evolutivas”. Por ejemplo, el genoma de la anémona, cuyo origen se sitúa en hace 700 millones de años, tiene unos 18.000 genes (el hombre tiene unos 22.000) codificantes de proteínas. Se han encontrado en el genoma de la anémona “bloques de ADN” que están presentes en el hombre en la misma disposición. Más del 80% de sus intrones están en los mismos sitios que en el hombre y han encontrado 283 “genes” que en el hombre se asocian a enfermedades, entre ellos, uno casi exacto al “gen” BRCA2, supuestamente responsable del cáncer de mama.

En el genoma del erizo de mar, que se sitúa en 500 millones de años de antigüedad, también existen estos “bloques”. El número de genes codificantes de proteínas es de ¡23.500! de los que compartimos 7.077, entre ellos los relacionados con la visión, olfato y oído pero, sobre todo, los genes Rag (como sabrán, originados por transposones) implicados en la respuesta inmunitaria, y mucho otros genes asociados, en el hombre, con enfermedades como la distrofia muscular, la corea de Huntington... No es extraño que en los comentarios a estos descubrimientos en revistas como Science los califiquen de “revolución intelectual”.

Pero desde el punto de vista concreto de estudios relacionados directamente con la evolución, las secuenciaciones de genomas de mamíferos han desbaratado por completo las antiguas filogenias. Han definido tres superórdenes de mamíferos: Afrotheria (la mayoría de las especies africanas), Xenartra (especies de Centro y Sudamérica) y Laurasiatheria (fundamentalmente los euroasiáticos). Hay otra agrupación superior muy curiosa, Boreotheria, que agrupa a Laurasiatheria con Suprprimates que incluyen roedores y primates. Lo interesante es que estudios de los retrotransposones de mamíferos relacionados con datos paleontológicos indican un origen “casi simultáneo” de estos superórdenes.

A esto hay que añadirle características de los genomas conocidas hace tiempo, como que los genes no son unidades “discretas”, sino que están compuestos por fragmentos de ADN, a veces con muchos intrones dentro, a veces dispersos por el genoma, y que están sometidos a “splicing alternativo” (transcripcional y postranscripcional) es decir a una especie de barajamiento de sus componentes, por lo que una secuencia puede codificar cientos o miles de proteínas diferentes, que se expresan de modo diferente en cada tejido y en cada momento y que esa expresión está controlada por el conjunto del genoma, lo que incluye lo que se ha considerado hasta hace poco ADN “basura”, mediante mecanismos enormemente complejos (microARNs, ARN de interferencia, ARN antisentido...) y que este control está condicionado por el proteoma y el metaboloma, dependientes a su vez de las condiciones del ambiente celular y, por tanto, del ambiente externo. Y que en la construcción de los organismos los genes operan en “redes”. Todo esto sin contar con la herencia epigenética, también dependiente del ambiente.

El prestigioso experto en biología evolutiva del desarrollo Stuart A. Newman lo explica de una manera muy brillante: “los genes no determinan unívocamente lo que hay en la célula, sino que lo que hay en la célula determina cómo se usan los genes”

2. ¿Podrías explicarnos por qué consideras que la Teoría Sintética, en torno a la cual parece que existe un gran consenso, es inadecuada para explicar la evolución?

Después de la exposición, extremadamente simplificada y resumida, de los descubrimientos empíricos, reales, sobre la extrema complejidad del control de la información genética resultaría un insulto a la inteligencia de los biólogos que conozcan las hipótesis genéticas sobre las que está basada la Síntesis “moderna” explicarles por qué éstas no tiene la menor relación con la realidad, pero por si alguna persona no relacionada profesionalmente con la Biología lee esto, lo intentaré explicar de una forma breve: Las hipótesis sobre las que se elaboró, a principios del siglo

pasado, la genética de poblaciones, pilar de la Teoría Sintética, suponían que los genes eran entidades discretas, responsables directas de un carácter, con dos variantes, dominante y recesiva, que en una población “de tamaño infinito” las frecuencias de estas variantes responderían a la siguiente relación: $p + q = 1$, que variaban por mutaciones puntuales, individuales y al azar, que normalmente son deletéreas, pero que “en el caso” de que una de estas mutaciones confiriera “una ventaja” a su portador, con el tiempo se haría mayoritaria o única en toda la especie. Supongo que no es necesaria una gran capacidad de reflexión para comprender que si los datos empíricos ponen de manifiesto que esta concepción de “los genes” no tiene la menor relación con la realidad, es decir, es totalmente falsa, todas las elaboraciones realizadas a partir de ella serán falsas, por muy bien que salgan los números.

3. Tu crítica al “neodarwinismo” se basa, lógicamente, en la invalidez de la selección natural actuando sobre mutaciones al azar como proceso evolutivo. Sin embargo, un organismo originado por simbiosis, un carácter adquirido por transmisión horizontal de genes o cualquier otro mecanismo que sea responsable de la generación de nueva información genética, ¿no se enfrenta a la selección natural para su pervivencia en la población?

Un organismo originado por simbiosis, un carácter adquirido por transmisión horizontal o cualquier otro fenómeno como una duplicación o una reorganización genómica, fenómenos de los que hay abundantes datos, no se enfrentarían a la selección natural; se enfrentarían a la más terrible soledad e incompreensión (los “monstruos esperanzados” de Goldschmidt) si esto se produjera en un solo individuo. La cuestión es que hay datos que indican que estos cambios se pueden producir en grupos de individuos, lo que produce una población con estos cambios. Se ha comprobado experimentalmente que en los genomas existen “hot spots”, (puntos calientes), sitios donde tienden a insertarse los elementos móviles cuando cambian de localización, donde tienden a producirse duplicaciones o inserciones de virus. También se han encontrado “hot spots” para la transferencia horizontal. Es decir, si estos cambios pueden hacer aparecer una población con nuevas características, aparece y ya está, la selección natural no tiene papel que jugar en este proceso.

De hecho, hay datos concretos sobre estos cambios bruscos en las poblaciones. En una investigación publicada el año pasado en Nature, se estudiaron 100 filogenias de animales, plantas y hongos. Encontraron que en el 78% de los “árboles” las especies aparecían claramente por eventos repentinos. Y finalizan con una reflexión muy interesante: “Speciation is freed from the gradual tug of natural selection, there need not be an ‘arms race’ between the species and its environment, nor even any biotic effects”.

4. Uno de los pilares centrales, y que aún sigue vigente, de la teoría de Darwin es que cualquier modificación -sea cual sea su origen y su envergadura- que aumente la probabilidad de alcanzar la edad reproductora o mejore ésta, será seleccionado positivamente, mientras que una alteración que disminuya estos factores lo será de forma negativa. ¿Piensas que este concepto es erróneo en sí mismo, o por el contrario está mal entendido en la biología evolutiva actual?

No pienso que este concepto (si se le puede llamar así) sea erróneo. Es una perogrullada. Es evidente que si un ser vivo tiene una patología, un defecto o un desgraciado accidente que le impide llegar a la edad reproductora, no se reproducirá. Lo que no puedo imaginar desde un punto de vista biológico es qué tipo de modificación puede sufrir un ser vivo, cuya condición natural es llegar a la edad reproductora (si no, no existiría la especie) para que una “modificación” aumente su probabilidad de alcanzar la edad reproductora. En cualquier caso, quizás sea un problema mío, pero no comprendo qué tiene esto que ver con los fenómenos genéticos y embriológicos implicados en la evolución.

Y sí, efectivamente, parece que este es uno de los “pilares centrales” de una teoría de la evolución del Siglo XXI.

5. Creo que has postulado que los verdaderos artífices de la evolución son los virus, que permiten la integración de genomas completos y funcionales en otros organismos. ¿Qué ejemplos podemos observar de funciones o caracteres específicos que hayan sido conseguidos mediante la integración de genomas víricos?

En estos momentos no se puede decir que soy el único en mantener esa afirmación. Por ejemplo, Carl Woese, Luis Virarreal, Günther Witzany, Patrick Forterre, Nigel Goldenfeld, Philip Hunter, Peer Bork, por citar algunos virólogos o microbiólogos prestigiosos, tienen abundantes publicaciones en este sentido. De ellas y algunas otras publicaciones se pueden resumir algunas de las funciones y caracteres por los que preguntan, por ejemplo:

- Características del núcleo eucariota no provenientes de las bacterias, como cromosomas lineales, telómeros y telomerasas, y separación de la transcripción de la traslación son de origen viral.

- El 10% del genoma humano está formado por retrovirus endógenos que se expresan en todos los tejidos y órganos como parte constituyente y esencial, tanto en el estado adulto como, especialmente, en el desarrollo embrionario.
- Los intrones han mostrado ser de origen viral.
- Se ha comprobado que los retrovirus endógenos codifican microRNAs.
- Se ha comprobado que los virus endógenos poseen capacidad de edición del genoma.
- Existen cientos de miles de fragmentos dispersos de virus que son constituyentes del genoma, especialmente sus LTR ("long terminal repeats"), que son reguladoras y promotoras de otros genes.

En cuanto al proteoma, se ha comprobado que son codificadas por virus las glicosiltransferasas, ubicuitina, DNA ligasa, ribonucleotido reductasa 1, SNF2 global transactivator, inhibidor de la apoptosis, quitinasa, UDP-glucosiltransferasa... Por ejemplo, los priones, que son proteínas de comunicación celular son los genes de la cápside (NCp7) del HIV-1, el gen ERVWE1 de la cápside del retrovirus endógeno W codifica las sincitinas, proteínas responsables de la formación del sincitio-trofoblasto, es decir, implicadas en la placentación... Hay bastante bibliografía al respecto.

Pero si seguimos la pista a los transposones y retrotransposones, parece que finalmente reconocidos como de origen viral, nos encontramos con que la inmensa mayor parte de los genomas en su sentido real, es decir completo (secuencias repetidas, LINEs, SINEs, intrones, etc) son de origen viral.

En definitiva, parece que hay que dar datos que conceden a los virus un papel digno de consideración en la evolución.

6. Los virus como "mensajeros" nos obliga a pensar obligatoriamente en la historia del huevo y la gallina, dado que sus genes debieron formarse de alguna manera ¿cómo piensa que surgieron y evolucionaron los primeros virus o sus precursores?

Como intento basar lo que planteo sobre datos empíricos, verificables, y no sobre especulaciones responderé de una manera muy sencilla: no tengo la menor idea. Todavía no hay datos que permitan comprender cuando, donde y como se produjeron los virus. La especulación de que podían provenir de genes celulares "escapados" por su condición "egoísta" se ha venido abajo con el hallazgo de millones de genes virales que no tienen correspondencia con ningún gen de seres vivos. Se sabe que los virus bacterianos (fagos) estaban en la Tierra junto con las bacterias antes de que la vida, tal como la conocemos, fuera posible, y que su variedad era muy grande desde el principio. Como no parece que sea imprescindible inventarse un origen para comprender su función, habrá que esperar nuevos datos.

7. Me ha parecido leer que no defiendes la posición actual de los epidemiólogos, que tienden a considerar la interacción contra los patógenos como una batalla, porque estos organismos (especialmente los virus) son creadores de diversidad génica. ¿Estoy equivocado? ¿Cómo se debería proceder entonces, tanto de forma preventiva como curativa, contra ese tipo de microorganismos que se encuentran en todos los habitats?

Me resulta muy curioso cuando se habla de la posición actual de "los epidemiólogos". Es como cuando se habla de lo que sostienen "los biólogos", porque así como hay biólogos que creen firmemente en determinadas cosas, hay (habemos) muchos biólogos, y más de los que se piensa, que no "creemos" en ellas. En el caso de los epidemiólogos, hay muchos que siguen a pies juntillas los dictados de la industria farmacéutica, pero hay muchos otros, muy cualificados, que son muy críticos con ella, por ejemplo, con las campañas de vacunación masiva. Mi contacto con este tema y con epidemiólogos críticos se produjo como consecuencia de la vergonzosa (y peligrosa) campaña de vacunación masiva contra el papilomavirus y las turbias condiciones que rodearon la concesión del Nobel a Zur Hausen como promoción, pero cuando me informé sobre la manera de elaborar las vacunas comprendí muchas cosas, por ejemplo, por qué los virus de la gripe son híbridos de humano y ave, o con secuencias procedentes de cerdos: han fabricado las vacunas contra la gripe cultivando virus de la gripe humana en huevos de gallina embrionizados, y el nuevo sistema es cultivarlos en líneas celulares. Tanto en un caso como en otro los cultivos están repletos de virus y retrovirus endógenos en plena actividad. Esto explica las hibridaciones de los virus. Y también explica por qué cada año, con cada nueva campaña de vacunación, los virus "mutan". Por cierto, en los años 80 Hillary Koprovsky fabricó, en un laboratorio del Congo, una vacuna contra la polio utilizando como sustrato riñones enteros de chimpancé y mono verde, con sus virus endógenos de la inmunosupresión correspondientes.

La asociación de virus con determinadas enfermedades puede estar condicionada por la concepción belicista dominante de los fenómenos naturales. Se ha comprobado experimentalmente que los órganos o tejidos sometidos a estrés o "agresiones" ambientales pueden emitir partículas virales. Por eso se asocian enfermedades como el cáncer, la artritis, el síndrome de fatiga crónica y otras asociaciones aún más absurdas a un origen viral. La conclusión

(provisional) que se puede obtener de todo esto es que los virus asociados con enfermedades serían virus que tienen una función concreta en los organismos y su aparición se debe a que han sido sometidos a una agresión ambiental o alguna manipulación como las antes descritas.

Y claro que se encuentran en todos los hábitats en unas cantidades más que astronómicas y con unas funciones perfectamente integradas en ellos. Por ejemplo, en aguas marinas (no he visto estudios en agua dulce) se han contado diez mil millones de virus por litro que están implicados en el control de la base de la pirámide trófica y para impedir que el crecimiento excesivo de bacterias y algas dificulte la entrada de los rayos solares necesarios para la vida marina y también en fenómenos biogeoquímicos fundamentales que incluyen la contribución de los derivados sulfurosos que produce su actividad a la nucleación de las nubes. En la tierra los números y actividades son semejantes (se han contado quinientos millones de virus por gramo de tierra seca). Según Carl Woese, posiblemente el más prestigioso microbiólogo actual, los virus de los ecosistemas “constituyen un importante almacén y memoria de información genética de una comunidad, contribuyendo a la dinámica evolutiva y a la estabilidad del sistema”. Según Luis Villareal de la Universidad de California, el 80 % de los genes encontrados en los virus de los ecosistemas marinos y terrestres no tienen correspondencia con ningún gen conocido.

También tenemos miles de millones de virus (fagos) en nuestro aparato digestivo, que son los elementos de comunicación y control de las colonias bacterianas. Recientemente se han secuenciado 3,3 millones de genes (150 veces el genoma humano) pertenecientes a las colonias de bacterias de nuestro intestino que son imprescindibles para la vida, es decir, también son nuestro genoma.

Parece claro que los virus no son patógenos por definición como, al parecer, ya se ha asumido con las bacterias (se han estimado cuarenta millones de bacterias en un gramo de tierra y un millón en un mililitro de agua dulce, y en nuestro organismo se estimó hace tiempo que hay diez veces más bacterias que células, pero seguramente son más). Está claro que si todos lo fueran no viviríamos ni un segundo. Y también parece claro a la luz de los nuevos datos que hay muchas cosas asumidas sobre las que hay que reflexionar.

8. ¿Tienes alguna hipótesis para explicar lo que ocurrió durante la denominada explosión cámbrica?, ¿puedes sugerir algún mecanismo por el que apareció de golpe una diversidad tan espectacular en un período de tiempo relativamente pequeño?

Tengo una explicación, para mí muy plausible (aunque, naturalmente, puedo estar equivocado) para la explosión del Cámbrico, real, según los estudios de Simon Conway Morris, que no sé si se puede considerar una hipótesis. Lo que he hecho ha sido seguir la pista de los datos hasta llegar a una (posible) explicación. Intentaré resumir este camino:

Sabemos que hay virus que contienen, que codifican secuencias funcionales con contenido biológico concreto en organismos eucariotas. Sabemos que los retrotransposones, provenientes de los retrovirus, son los responsables de las duplicaciones de ADN en los genomas. Sabemos que los genes homeóticos fundamentales (hay otros pequeños o fragmentarios) que controlan el desarrollo de tejidos y órganos y que, por fuerza, estaban presentes en el Cámbrico, están constituidos por secuencias repetidas en tandem y que en distintos organismos difieren por el número de duplicaciones por lo que su contenido, su “significado”, tendría que estar contenido en la secuencia original de esas duplicaciones (de hecho los retrovirus endógenos tienen una gran actividad en el desarrollo embrionario). Esto explicaría la aparición repentina de distintos organismos complejos a partir de antecesores muy simples. Lo que está claro es que los conservadísimos “bloques” de genes del desarrollo no pueden haberse producido por mutaciones “al azar” de los conservadísimos genes bacterianos de arqueas y eubacterias que todavía se pueden identificar en los organismos eucariotas. La conclusión (provisional) es que los retrovirus están en el origen de los genes del desarrollo y que sus inserciones en los genomas de los sencillos organismos previos pueden explicar, mediante distintas combinaciones de ellos, la explosión de diversidad animal del Cámbrico.

Comprendo que el fenómeno resulta muy complejo y difícil de “visualizar” tal como nos han enseñado a pensar en “como ha de ser” la evolución, pero los datos nos están mostrando fenómenos biológicos extraordinariamente complejos y parecen apuntar claramente en esa dirección. Creo que no se pierde nada por atreverse a pensar en ello y quizás se puedan entender muchos otros fenómenos.

9. Ahora vamos a viajar bastante más atrás en el tiempo. La ciencia todavía no conoce con seguridad cómo surgió la vida sobre nuestro planeta. ¿Tienes alguna hipótesis que explique cómo ocurrió ese evento?

No. En este caso tampoco tengo hipótesis. Lo que hay son datos de espectro de infrarrojos sobre meteoritos con una carga abundante de agua y materia orgánica. Esta primavera se ha publicado en Nature el hallazgo de que ambos están no sólo presentes sino “prevalentes” en el asteroide 24 Themis. Parece bastante asumido que el agua de la Tierra proviene, mayoritariamente, de meteoritos que impactaron en ella (y como sabemos, el agua marina es una auténtica “sopa” de bacterias y virus). He leído artículos de revistas de Astrobiología, de Cosmología y de Astrofísica que hablan con toda naturalidad del origen de la vida en el espacio exterior. Y las bacterias y los virus estaban en la Tierra antes, al parecer; de que existieran condiciones para la vida tal como la conocemos. También sabemos que hay bacterias y, por supuesto, los virus, que pueden resistir perfectamente las radiaciones del espacio exterior. Habrá que esperar a tener datos directos sobre cómo está organizada la materia orgánica detectada en los asteroides.

10. ¿Cuál tu opinión acerca del Diseño Inteligente, es una alternativa científica al darwinismo como plantean sus proponentes o es algo que pertenece al terreno de la metafísica y no de la ciencia?

La actividad científica consiste en estudiar fenómenos naturales, materiales, para intentar comprenderlos hasta donde sea posible mediante observaciones o experimentos que sean verificables o reproducibles, es decir mediante explicaciones materiales basadas en hechos materiales, y siempre será una explicación parcial, provisional. (Sabemos que hay otras vías de acceso al conocimiento, pero en este caso estamos hablando de la práctica científica, que es a la que me dedico o pretendo dedicarme). Recurrir a un ente abstracto y todopoderoso para explicar lo que nos resulta difícil de entender o de explicar con los medios actuales está fuera de la práctica científica. La actividad científica consiste en llegar hasta donde nos lleven los datos y los medios, las técnicas disponibles y si no se puede explicar “todo” esperar a que nuevos datos o nuevas tecnologías nos permitan seguir profundizando en el conocimiento (y de esto saben mucho los físicos, por ejemplo).

No es científico inventarse supuestas explicaciones o recurrir a especulaciones retóricas para intentar explicar “todo” (y de esto, los biólogos hemos tenido sobredosis durante mucho tiempo). Ahora tenemos datos y conocimientos cada día más profundos, que eran impensables hace unos pocos años y que se están mostrando muy diferentes de cómo se creía cuando no disponíamos de la tecnología actual y que permiten explicar, comprender muchas cosas, pero lógicamente no todas. Quizás no lo consigamos nunca. En cualquier caso, habrá que esperar.

11. No son pocos los que afirman que la ciencia está crisis en favor del pensamiento mítico y la pseudociencias. ¿Estás de acuerdo con esa opinión?, ¿cuál sería para ti una solución para que la ciencia sea percibida como algo importante por parte de la sociedad?

Pues no serán pocos, pero me parece que andan algo despistados. En ningún momento de la historia (al menos en los países autodenominados “avanzados”) la ciencia ha tenido tanto prestigio social como portadora de la Verdad. No hay más que echar un vistazo a los grandes medios de comunicación. Para muchos (quizás sean esos “no pocos” que se sienten “acosados”) el pensamiento científico es la única forma moderna de pensamiento. La única vía para captar la esencia del Mundo, de la realidad (la que sí parece estar en crisis o, al menos, en franco retroceso en la sociedad, es la Filosofía).

A lo que quizás se refieran los que opinan tal cosa es a la minoritaria, pero creciente, actitud crítica con determinadas aplicaciones de “la ciencia” y la búsqueda de alternativas. La enorme capacidad de circulación de la información que se ha producido como consecuencia de acceso a Internet ha producido muchas informaciones “dudosas” pero también ha permitido la circulación de verdaderas noticias que no suelen aparecer en los grandes medios de comunicación. Por ejemplo, sobre los perniciosos efectos para la salud y para el medio ambiente, comprobados por científicos, de los productos transgénicos y sus terribles consecuencias para millones de pequeños agricultores. O los escándalos que se producen periódicamente por los terribles efectos secundarios (o directos) de determinados medicamentos o las prácticas de la industria farmacéutica en el Tercer Mundo. El evidente componente económico que hay detrás de estas industrias hace dudar a muchos de la honestidad de sus intenciones porque cuando el dinero y el poder están por medio la ética, la verdad, incluso la Ciencia, se resienten y, como sabemos, la industria farmacéutica es una de las tres o cuatro que más dinero “generan” en el Mundo y las empresas de la “agroindustria” están acaparando el control de la alimentación mundial. Es comprensible que quienes tengan acceso a estas informaciones intenten buscar alternativas.

El problema científico que subyace en esta situación es que ambas industrias parecen seguir basando sus actividades en concepciones reduccionistas de los fenómenos naturales y la visión competitiva y “azarosa” de las relaciones entre los componentes de la vida, ya superadas por las investigaciones de la Ciencia llamada básica, es decir, no “aplicada”. Por eso, los ataques a estos componentes de la vida producen graves efectos en el organismo

que no se identifican como consecuencia de estas agresiones porque no se conoce su verdadera función. Por eso, las manipulaciones genéticas “a boleo” y el uso de virus, transposones y plásmidos como “vectores” para introducir “genes” ajenos en los genomas tienen consecuencias imprevisibles. Por eso, los “genes” introducidos en los seres vivos transgénicos producen alteraciones genómicas de consecuencias imprevisibles e incontrolables y por eso “se escapan” de los organismos transgénicos produciendo una contaminación, un desequilibrio genético irreversible.

En cuanto a la segunda pregunta, intentaré ser más breve. La práctica científica es una actividad maravillosa. Para mí, y supongo que para la mayoría de los científicos, no hay una profesión más bella, más gratificante personalmente, que dedicarse a la búsqueda del conocimiento para compartirlo con los demás. Y los conocimientos, cada día más profundos, sobre la Naturaleza nos están mostrando una realidad que supera las fantasías de la mente más creativa. Un Mundo (tal vez un Universo), en el que todos y cada uno de sus componentes están integrados, coordinados en una red que conecta el mundo orgánico con el inorgánico en la que todos, absolutamente todos sus componentes tienen su papel. Todos contribuyen (no digo “cooperan” porque, como dije antes, ya hemos tenido “sobredosis” de aplicaciones de conceptos sociales a la Naturaleza) al mantenimiento equilibrado de la vida y la Naturaleza tiene sus propios medios para mantener este equilibrio. Pero todo tiene sus límites...

Creo que esto es lo que hay que transmitir a la sociedad, y no los mensajes de “competencia”, de “carreras armamentísticas”, de “ventajas” evolutivas y de “los más aptos”, para que valore a la Ciencia como se merece. Y también explicarle lo que es Ciencia y lo que no es Ciencia (sí, con mayúsculas). Porque la tecnología no es Ciencia. Es la aplicación, con fines prácticos (económicos en nuestra sociedad) de los conocimientos científicos. Pero si estas aplicaciones se realizan sin tener los conocimientos suficientes, sin tener claro qué se está haciendo y sin controlar los efectos de esas manipulaciones, estas agresiones a la Naturaleza se convierten en un peligro de consecuencias imprevisibles.

No me he cansado de repetir esto en todos los sitios donde he podido hablar y de escribirlo donde he podido escribir pero, por mi experiencia, tengo la impresión de que las ideas científicas parecen entenderse mejor si están escritas en inglés, por lo que voy a recurrir a las palabras de Carl Woese en su artículo “A new Biology for a new Century”, publicado en 2004 en la revista MICROBIOLOGY AND MOLECULAR BIOLOGY:

A society that permits biology to become an engineering discipline, that allows that science to slip into the role of changing the living world without trying to understand it, is a danger to itself. Modern society knows that it desperately needs to learn how to live in harmony with the biosphere. Today more than ever we are in need of a science of biology that helps us to do this, shows the way.

Nota final: Esta entrevista es original y ha sido realizada por el equipo de La Ciencia y sus Demonios al Dr. Sandín

fuelle <http://lacienciaysusdemonios.com/2010/09/15/%E2%80%9Clos-virus-no-son-patogenos-por-definicion%E2%80%9D/>