

EL NOTICIERO

Nº 1 / ENERO- MARZO DE 2000

de las ideas

950 PTAS / 5,71 EUROS

La larga marcha hacia el centro

Para **Charles Powell**, tras un cuarto de siglo de búsqueda, existe por primera vez en España una fuerza política de ámbito nacional capaz de articular y defender los intereses y opiniones de los sectores moderados y conservadores de la sociedad.

El futuro de las biotecnologías

La polémica suscitada en torno a los alimentos transgénicos no debe ocultar que la biotecnología es tan antigua como la civilización. **Pere Puigdomènech** explica cómo el desarrollo de esta ciencia nos afectará a todos más directamente que cualquier otra revolución tecnológica de la historia.

Macroencuesta sobre la situación económica

Más de dos tercios de los especialistas consultados en la macroencuesta que elaborará trimestralmente el **Grupo Correo** y **PriceWaterhouseCoopers** opinan que el crecimiento económico se mantendrá sin cambios respecto al ritmo actual.

MANUEL ALVAR • AURELIO ARTETA • JOSÉ JIMÉNEZ LOZANO • PASCAL BONIFACE
JUAN PABLO FUSI • JOSÉ MANUEL NAREDO • PERE PUIGDOMÈNECH • VALENTÍ PUIG
ALEJANDRO MUÑOZ ALONSO • MANUEL PORTELA • ANTONIO PAPELL

El futuro de las biotecnologías

PERE PUIGDOMÈNECH

Profesor de investigación. Instituto de Biología Molecular de Barcelona. CSIC.

UNO DE LOS CRÍTICOS MÁS ACTIVOS de la moderna sociedad americana, Jeremy Rifkin, afirma en uno de sus últimos libros, *El siglo de la Biotecnología*: «La revolución biotecnológica nos afectará a todos más directa, irresistible e íntimamente que cualquier otra revolución tecnológica de la historia». Si una actividad tiene un nivel elevado de riesgo, ésta es la profecía. Por tanto, afirmar algo como lo que acabamos de leer, o que la Biotecnología será la tecnología clave del próximo siglo, o del milenio, si queremos ser más atrevidos, son afirmaciones arriesgadas. Sin embargo, es posible que lo sean menos que muchas de las predicciones que se están haciendo durante estos últimos tiempos. Al menos podemos comprobar que están de acuerdo en ello grandes compañías que invierten miles de millones de pesetas en el desarrollo de las distintas biotecnologías, los gestores de la investigación en todos los países del mundo o críticos como Rifkin. Por tanto, podemos decir que, si se trata de una profecía arriesgada, personas de procedencias ideológicas muy distintas están tomando el mismo riesgo. Sin embargo, si la Biotecnología se predice de forma tan extendida como una herramienta de futuro, resulta más arriesgado saber cuáles de

las biotecnologías que están emergiendo acabarán por imponerse. Y ello no únicamente por razón del interés técnico o económico de ellas, sino porque en ellas se mezclan tantos aspectos distintos, incluyendo aspectos ideológicos, éticos o incluso religiosos, que la predicción en estas circunstancias se hace muy azarosa.

La razón de la importancia de la Biotecnología podemos entenderla teniendo en cuenta al menos tres hechos simples y obvios: primero, que los individuos de la especie humana somos seres vivos, y por tanto necesitamos conocimientos lo más precisos posible y productos procedentes de seres vivos para dos de nuestros requerimientos esenciales: la salud y la alimentación. Segundo, que el funcionamiento de los seres vivos está basado en la gran eficiencia y diversidad de los mecanismos de la célula viva, eficiencia que puede ser aprovechable desde el punto de vista de una producción industrial sostenible. Tercero, que vivimos inmersos en lo que llamamos la Biosfera, y que para que nuestras interacciones con ella sean lo menos agresivas posible parece prudente utilizar organismos vivos que puedan integrarse mejor en ella.

Como estas razones no son nuevas, ya se ha dicho muchas veces que la Biotecnología es tan



antigua como la civilización. Y es cierto que si tomamos al pie de la letra la definición clásica, según la cual la Biotecnología consiste en la producción de bienes o servicios mediante el uso de organismos vivos o partes de ellos, encontramos actividad en Biotecnología desde el Neolítico. Tomando la definición en sentido amplio, la agricultura o la ganadería serían biotecnologías, pero de forma más estricta lo sería todo aquello que

La Biotecnología, lejos de ser una ciencia moderna, se remonta hasta el Neolítico: la agricultura y la ganadería son actividades biotecnológicas

nos sirve para mejor conservar los alimentos, como por ejemplo la aplicación de las fermentaciones. Ya sabemos que muy pronto las sociedades neolíticas supieron producir cerveza, vino, pan o queso. Ello requiere controlar la transformación de un producto alimentario por microorganismos tales como las levaduras o las bacterias lácticas, de forma que los alimentos se digieran o se conserven mejor. Nuestra industria alimentaria sigue utilizando estos procedimientos, algunos de ellos ancestrales, pero durante este siglo las cosas han cambiado de forma notable.

Durante este siglo hemos sabido, por una parte, aislar e identificar los microorganismos que nos pueden ser útiles, aislar e identificar las actividades que dan lugar al producto de interés, esencialmente enzimas y otras proteínas, y finalmente aislar e identificar los genes que controlan todos estos procesos. Hemos aprendido además a producir estos actores biológicos en cantidad y hacerlos reaccionar de manera que produzcan la sustancia que nos interesa. Pongamos un ejemplo: a finales de los años 20 comienzan a identificarse hongos de la familia *Penicilium* que producen sus-

tancias, las penicilinas, capaces de curar infecciones bacterianas. Habían nacido los antibióticos. La importancia del descubrimiento hizo que se investigara activamente sobre ellos. Se aisló el microorganismo productor y se le pudo hacer crecer en cantidad suficiente en biorreactores para producir el antibiótico. Hoy día estos biorreactores tienen capacidades de decenas o centenares de litros, y las penicilinas pueden sintetizarse total o parcialmente. Aparte de la penicilina tenemos otros antibióticos que podemos producir por métodos químicos, por cultivo de hongos o de bacterias. En este momento se han aislado los genes de los enzimas que producen los antibióticos. Ello permite introducirlos en distintas especies de bacterias u hongos para tener una mayor eficiencia en la producción. Pero también se pueden modificar las rutas metabólicas para producir nuevos antibióticos. Este es un buen ejemplo de una característica de la Biotecnología, que es lo que se denomina «horizontalidad».

Que la Biotecnología sea una disciplina horizontal quiere decir dos cosas: por una parte, que para desarrollarse necesita del aporte de tecnologías muy diversas, y por otra, que afecta a campos de actividad también muy diversos. En efecto, las biotecnologías pueden necesitar de la aplicación de la microbiología, la biología molecular, la química orgánica, la ingeniería o la informática, y sus aplicaciones van desde la medicina a la alimentación, pasando por el medio ambiente o la agricultura. Por esta razón un estudiante, un investigador o un industrial se puede acercar a la Biotecnología desde perspectivas muy distintas, y quizá sea difícil para el no especialista tener una visión de conjunto y distinguir entre las distintas metodologías y sus aplicaciones, que son muy

variadas. Por estas razones es mejor ir descubriendo la Biotecnología paso a paso.

La Biotecnología y el diseño de fármacos

Encontrar moléculas que tengan actividad biológica de manera que puedan utilizarse para el tratamiento de enfermedades es un objetivo lógico de la investigación biomédica. Es, obviamente, el objetivo esencial de la investigación de las compañías farmacéuticas de todo el mundo. Para que una molécula sea activa tiene que entrar en contacto con las células de un tejido determinado, y en general la diana de esta interacción suele ser alguna proteína, aunque puede ser también el DNA o la membrana celular. Los datos de la fisiología nos dicen en muchos casos cuáles son las moléculas que intervienen en un proceso determinado que puede permitir el control de una enfermedad. Ya que las proteínas son la mayoría de las moléculas activas de la célula, muy a menudo lo que un fármaco intenta es interaccionar con una proteína para inhibir o estimular su actividad. En la actualidad es posible sintetizar infinidad de nuevas moléculas, entre las cuales se pueden encontrar posibles nuevos fármacos. Tener la proteína diana pura es muy importante, porque sirve para ensayar estas moléculas de forma muy eficaz y en gran número. Muy a menudo purificar estas proteínas a partir de tejidos humanos es muy difícil, así que tenerla de otra manera es muy útil para quien investiga una nueva molécula. La actual biología molecular soluciona este problema, y los proyectos en marcha, sobre todo los denominados proyectos genoma, van a solucionarlo de forma decisiva. Un ejemplo de esta aproximación ha sido el diseño de fármacos contra el

SIDA. El aislamiento de los genes de las proteínas del virus ha permitido diseñar moléculas que inhiben la actividad de estas proteínas, lo cual consigue, como mínimo, retardar el proceso de infección.

Uno de los grandes proyectos de la biología actual es el que se denomina Proyecto Genoma Humano. Este proyecto consiste en tratar de conocer la estructura de todo el genoma de la especie humana. El genoma no es más que el conjunto de todos los genes que definen a un individuo de nuestra especie. Desde hace casi cincuenta años sabemos que el genoma existe físicamente y que su base se encuentra en una larga molécula que denominamos el DNA. En esta larga molécula lineal tenemos escrita la información que dirige la construcción y la actividad de cualquier individuo desde el momento de su concepción. Sabemos que el genoma humano está formado por entre ochenta y cien mil genes. La mayoría de estos genes se traducen en proteínas, de las cuales algunas son dianas interesantes para fármacos. Una vez conocido el gen que codifica para una proteína, las actuales técnicas nos permiten en general tenerla en la cantidad necesaria para saber si una molécula interacciona con ella. Con suerte, la podemos obtener también en cantidades suficientes como para saber su estructura tridimensional. Es esta una información muy importante para el diseño de nuevas moléculas. Por todo ello podemos entender el interés de las grandes compañías por conocer el genoma humano, la expresión de proteínas, su estructura y los métodos de predicción de moléculas que interaccionan con ellas. Tenemos ahí una vía que en principio debería proporcionar nue-

que contienen, pero también tienen que reducir el componente orgánico que componen. La manera utilizada en estos casos es el tratamiento biológico. Ya se utilizan en muchos casos reactores en los que microorganismos con las propiedades adecuadas digieren los residuos. Hay una investigación muy intensa en este campo, en el que se trata de conseguir microorganismos o conjuntos de microorganismos capaces de tratar residuos de las más distintas procedencias. Otro aspecto en el que se trabaja intensamente es en lo que denomina bioremediación. En este caso de lo que se trata es de conseguir microorganismos o plantas que sean capaces de vivir en terrenos muy contaminados, de forma que estos organismos extraigan los contaminantes permitiendo devolver estos espacios a un equilibrio en el que puedan existir diferentes tipos de organismos vivos. Una variación de estos métodos consiste en utilizar microorganismos que son capaces de vivir en condiciones extremas. Existen bacterias cuyo hábitat son las altas temperaturas, las altas presiones, condiciones extremas de acidez, etc. Se está estudiando su uso, por ejemplo, para actuar sobre terrenos ricos en algún elemento químico, de forma que sea más fácil la extracción de este elemento a partir de un mineral apropiado.

Células y clones

Es probable que las noticias que más llegan a la prensa respecto a nuevas aplicaciones de técnicas biológicas son las que tienen que ver con los cultivos de células, especialmente si son células humanas. Las técnicas de fecundación in vitro ya son rutina en muchos países; baste decir que en el año 2000 vivirán más de 300.000 personas nacidas por estos procedimientos. Estas técnicas han

evolucionado tratando de llegar a un porcentaje de éxitos más elevado, y también para solucionar casos complejos de esterilidad en la pareja. Sin embargo, hay dos técnicas que recientemente han reclamado la atención de los medios de comunicación.

Hace un par de años nació *Dolly*, el primer mamífero concebido a partir de una célula que posee un contenido genético idéntico al de otra oveja adulta. Era el primer ejemplo de clonación de un mamífero. Lo realizado era algo nuevo no sólo desde un punto de vista técnico, sino también científico. Se trataba de reemplazar el núcleo de una célula embrionaria, en el que se encuentra el DNA de la misma, por el núcleo de una célula de la glándula mamaria de una oveja adulta. La célula resultante contiene la información genética de la célula adulta, pero tiene propiedades de un embrión, de modo que, al ser implantado en el útero de una hembra, dio lugar a una oveja idéntica genéticamente a la que proporcionó el núcleo, es decir, idéntica a una oveja adulta. Este resultado tuvo un gran impacto por varias razones. Por una parte, se trataba de un resultado importante desde un punto de vista científico, ya que se demostraba que sería posible reprogramar la información genética de la célula de un adulto de manera que pueda formar un nuevo organismo completo idéntico genéticamente al de la célula de partida. Por otra parte, el resultado llamó poderosamente la atención de los medios de comunicación, ya que se preguntaban si pronto sería posible obtener un individuo genéticamente idéntico a sí mismo.

Otro ejemplo distinto de Biotecnología basado en el cultivo de células que ha llamado la atención de los medios de comunicación es

el de células embrionarias. Esta posibilidad parte de la fecundación *in vitro*. Cuando ésta se produce, da lugar en general a varios embriones fecundados, de los que se implanta a la madre un pequeño número. Pero siempre quedan algunos que no se implantan. Estos embriones pueden mantenerse algunos días en cultivo y continúan su proceso de formación hasta un cierto punto en el que no es posible ya su desarrollo fuera de una madre. El cultivo de embriones ha hecho pensar en la posibilidad de que nazcan individuos en la probeta, como se describía de forma aterradora en la novela *Un mundo feliz* de Aldous Huxley. Esta técnica puede abrir también la posibilidad de alguna forma de manipular del embrión. Por eso se ha prohibido en muchos países el cultivo de estas células. Sin embargo, de las células embrionarias van saliendo durante la formación del embrión los diferentes tejidos que forman el organismo. Los mecanismos que hacen que unas células se diferencien de otras comienzan a ser conocidos. Por ello, la posibilidad de que las células embrionarias se conviertan en una fuente de tejidos para trasplantes ha hecho que esta prohibición se levante en muchos países. No es el primer caso en que una tecnología que parecía peligrosa en un momento es aceptada tiempo después. Discutiremos estos aspectos en la última parte de este artículo.

Las plantas transgénicas

Uno de los productos de la Biotecnología que más tinta ha hecho correr estos últimos años son las plantas transgénicas. Se trata de plantas a las que se ha introducido un gen de cualquier procedencia y que se ha aislado y modificado mediante

métodos moleculares. La aportación que hace esta metodología a la agricultura es que permite introducir caracteres en las plantas que no podían obtenerse, ya que no existía el gen correspondiente en la especie o en una especie distinta. Las actuales técnicas de biología molecular permiten aislar genes de procedencia cualquiera, modificarlos adecuadamente en el laboratorio y, sobre todo, reintroducirlos en plantas y que sean funcionales en ellas. Esta posibilidad despertó unas grandes expectativas. En efecto, el desarrollo de la agricultura desde sus inicios se basa en conseguir las mejores especies y, dentro de éstas, las variedades con mejores rendimientos en el campo. Esto se hizo durante siglos de manera empírica y más tarde aplicando las leyes de la genética, pero lo que llamamos mejora vegetal se basa en los genes que existan en el conjunto de variedades de la especie o en especies cercanas. Por tanto, si un carácter que puede ser deseable introducir en una especie no existe dentro de ella o en especies muy cercanas, no hay nada que hacer. Las técnicas de transformación de plantas permiten buscar el gen en cualquier especie vegetal o animal, en microorganismos o, incluso, crearlos sintéticamente para introducirlo en una planta. Además, esta técnica permite saber de forma precisa los genes que introducimos. Una planta a la que se ha introducido un nuevo gen por métodos moleculares la denominamos una planta transgénica.

Las plantas transgénicas tienen muchas aplicaciones, pero las primeras que han llegado al

Si fuéramos capaces de reemplazar el gen que funciona de forma errónea con genes de funcionamiento correcto, tendríamos la solución a enfermedades de gran importancia

mercado producen múltiples ventajas, esencialmente al agricultor. Se trata de plantas que son resistentes a ciertos insectos, con lo que se reducen las pérdidas en el campo por estas plagas y las aplicaciones de herbicidas o resistentes a herbicidas, con lo que pueden cultivarse especies con tratamientos más suaves o con técnicas más sencillas. Las variedades de maíz, soja, algodón o colza que contienen estos caracteres han tenido un gran éxito en América, pero han tenido una acogida negativa por parte de los consumidores europeos. Estos no ven en las plantas modificadas genéticamente ninguna ventaja, y en cambio se han pregonado múltiples riesgos. Cómo se va a resolver el conflicto planteado por estas primeras variedades transgénicas es algo difícil de prever. Quizá el rechazo que provocan para su uso en la alimentación humana retarde su aplicación generalizada. Sin embargo, son una herramienta de gran interés para la producción en plantas de muchos tipos distintos de sustancias, desde aceites hasta combustibles, pasando por fármacos y plásticos que pueden dar lugar a una agricultura nueva en los siglos que vienen. Si estas ventajas acaban confirmándose, el uso de plantas transgénicas, aunque no sean para el consumo humano, acabará probablemente por imponerse

Animales transgénicos y terapia génica

Si la llegada al mercado de plantas modificadas genéticamente ha producido las reacciones que hemos visto, habría que esperar reacciones peores en el caso de que introdujeran en el mercado animales para el consumo humano. Se han realizado experimentos de animales que crecen más deprisa o que tienen menos grasa modificando sus genomas por técnicas moleculares. En este

momento los animales transgénicos raramente salen de los laboratorios, en los que son unas herramientas importantes como modelos de enfermedades o para averiguar el funcionamiento de genes de interés. También se están utilizando para la producción de proteínas que se usan en el tratamiento de ciertas enfermedades. Hacer producir estas proteínas, por ejemplo, en la leche de la oveja, es algo factible y tiene la ventaja de su fácil extracción y de que si las proteínas se modifican lo son de forma parecida a como ocurre en nuestra especie.

Donde hay esperanzas de nuevos tratamientos es en las terapias génicas. El hecho es que enfermedades de gran interés en nuestra especie se deben a que algún gen ha sufrido una mutación que hace que funcione de forma errónea. Es el caso de las enfermedades hereditarias, pero también de los tumores, en los que en los últimos años se han ido descubriendo genes cuya mutación provoca el crecimiento desordenado de ciertas células. Si fuéramos capaces de reemplazar el gen que funciona de forma errónea con genes de funcionamiento correcto, tendríamos la solución a enfermedades de gran importancia. Esto no es fácil, ya que introducir genes en tejidos concretos de un organismo adulto es algo complejo. Los primeros ensayos han dado resultados de todo tipo, pero el interés del tema hace que se realicen grandes esfuerzos en esta dirección.

Hemos podido ver por qué las biotecnologías son consideradas de forma unánime, junto con las tecnologías informáticas y de telecomunicaciones, como las tecnologías del próximo futuro. Desde la salud a la agricultura, pasando por la industria química y el medio ambiente, es posible que la Biotecnología tenga un impacto impor-

tante en nuestra sociedad. Ello implica unas aplicaciones que deberían incidir de forma significativa en los sistemas de diagnóstico, en el diseño de nuevos fármacos y vacunas y, a plazo más largo, en el desarrollo de nuevos sistemas de curación. Estas aplicaciones son sin duda interesantes para el conjunto de nuestra sociedad, pero no dejan de plantear cuestiones de muy diferentes tipos, económicas, sociales, políticas y éticas que deberemos ir resolviendo en la medida que vayan surgiendo.

Hay, desde luego, cuestiones de seguridad que han ido planteándose desde la aparición de las técnicas moleculares y celulares. El trabajo con virus o bacterias implica unas normas de seguridad que no tardaron en implantarse en los laboratorios. Las recomendaciones de utilizar especies o cepas bacterianas que no sean patógenos o que no puedan sobrevivir fuera del laboratorio han sido probablemente importantes para que no se hayan producido incidentes dignos de mención, a pesar de los millares de lugares en los que se utilizan las técnicas del DNA recombinante. Hay también una tendencia generalizada de sustituir en la medida de lo posible animales por células para reducir el uso de animales de laboratorio e impedir que la investigación sea una fuente inútil de sufrimiento para cualquier tipo de animales. En todos los casos hay siempre que tener en cuenta que estas decisiones se basan en el balance entre el beneficio que se va a obtener y el coste que ello supone. Es obvio que si probar una vacuna contra una gran enfermedad debe hacerse al coste de un cierto sufrimiento en animales, o incluso en voluntarios humanos, pocos objetarán que se haga. En cualquier caso, la conciencia de que en los laboratorios de investi-

gación biotecnológica se deben tener en cuenta, por una parte, unas normas de seguridad que reduzcan al máximo el peligro de cualquier accidente, y por otra parte el cuidado en el trato de los animales de laboratorio, es universal en los países desarrollados.

Las cuestiones éticas surgen en la Biotecnología a cada paso. Podemos mencionar algunos casos. Ya se ha mencionado la discusión alrededor del uso de células embrionarias o la prohibición de modificar genéticamente la línea germinal humana. En ello se encuentra subyacente el principio universal de preservar la libertad del individuo que va a nacer. En este momento, muchas de las tecnologías que se utilizan para introducir genes en mamíferos no permiten predecir con precisión el conjunto de efectos que se van a obtener. Por ejemplo, en el caso de la oveja clónica *Dolly* hubo que implantar más de 250 embriones en ovejas para obtener el resultado deseado, y algunas de las ovejas obtenidas nacieron con malformaciones. Obviamente, algo así no puede ocurrir con personas. Hay que tener en cuenta que los posibles tratamientos de terapia génica tratan de modificar los genes de un grupo de células determinadas; pero no de modificar el genoma de forma que pase a la descendencia. En el actual estado de nuestros conocimientos hay una completa unanimidad de que esto se haga con ciertas limitaciones. Si en el futuro las técnicas son más precisas y tenemos manera de predecir de forma exacta dónde y cómo se va a transferir los genes que introducimos, la situación puede variar. Pensemos por ejemplo en la posibilidad de eliminar algún gen portador de enfermedades en una familia determinada. Una de las características de las biotecnologías

es su constante evolución, y ello quiere decir que los principios que se establezcan en un momento pueden tener que ser revisados al cabo de cierto tiempo. La relación entre los científicos que pueden aportar su conocimiento y quienes en la sociedad construyen la opinión y definen las leyes es una necesidad constante, y lo será cada vez más.

La modificación genética de plantas no plantea los problemas éticos de la modificación de animales, por no hablar de la modificación de nuestra especie. Sin embargo, una gran polémica se ha planteado con la llegada de productos para la alimentación humana que contenían derivados de algún vegetal modificado genéticamente. A pesar de que estas variedades han pasado controles rigurosos desde el punto de vista sanitario, medioambiental y agrícola, en Europa han desatado unas reacciones que han desembocado en una moratoria de facto de su cultivo en nuestro continente. Si bien los posibles problemas sanitarios o medioambientales tienen una base científica muy débil, lo cierto es que las cuestiones de índole económica o política preocupan a sectores importantes de la sociedad europea. Junto a ello, la concentración de estas tecnologías en manos de unas pocas multinacionales, o los desequilibrios globales que pueden producir, son cuestiones que para algunos no están suficientemente planteadas. El hecho es que éstas son cuestiones que afectan a las biotecnologías de cualquier tipo. La concentración en la industria farmacéutica a nivel mundial es un hecho de gran trascendencia. Hay que tener en cuenta que los mismos costes de investigación y desarrollo de los nuevos productos, y los controles

impuestos por las estrictas regulaciones existentes, implican la necesidad de juntar esfuerzos entre empresas. En cualquier caso, que vayamos definiendo un mundo con una parte de la humanidad con un privilegio de acceso a las mejores tecnologías mientras que la mayor parte de ella queda excluida de sus beneficios es una situación que no puede sostenerse por mucho tiempo.

Entramos en el tercer milenio con una Humanidad que ha rebasado los 6.000 millones de habitantes y un planeta en el que ya no existen regiones desconocidas por el hombre. Esta situación no es más que una etapa más en la evolución del planeta que ha desembocado en el dominio de la Tierra por una especie única, el *Homo sapiens*. La evolución biológica ha solucionado los problemas que las especies se han ido encontrando utilizando aquellos elementos que estaban disponibles. Por ello se ha dicho que la evolución es un enorme taller de bricolaje biológico. Lo queramos o no, nuestra especie es en estos momentos un factor decisivo en la evolución de las especies. Nosotros decidimos las especies que sobreviven o se extinguen, nosotros actuamos sobre la composición de la atmósfera o de las aguas y sobre los paisajes del mundo. Vamos a enfrentarnos a esta situación contando con aquellos elementos de que disponemos, aunque sean imperfectos. El conocimiento científico y las herramientas que proporcionan las nuevas tecnologías son nuestros mejores aliados. En este contexto, las biotecnologías son elementos esenciales para la construcción de este mundo que se prepara y cuya evolución, lo queramos o no, es ya responsabilidad de nuestra especie. ■