

BIOTECNOLOGIA: APLICACIONES Y PROBLEMAS ETICOS

María Luisa Sarricolea Erausquin

Dra en Ciencias Biológicas

María Pilar García-Noblejas Ferrer

Lcda en Ciencias Biológicas

INTRODUCCION

Son muchas posibilidades que las técnicas biológicas ofrecen en distintos campos, tales como el sanitario, industrial, agrícola, ecológico, etc.

La biotecnología se puede definir de una manera amplia, como "la utilización de organismos, sistemas y procedimientos biológicos para actividades industriales, manufactureras y de servicios".

Su inicio puede situarse en el siglo XIX con el comienzo de la industria de las fermentaciones: L. Pasteur (1862), demostró que dicho proceso no era exclusivamente químico sino que requería la intervención de microorganismos vivos. Por su parte, E. Büchner en 1897 descubrió que la fermentación alcohólica puede ser provocada por extractos de levadura exentos de células; y extrajo los enzimas que catalizan dicha fermentación. Sobre estas bases la industria pudo mejorar la producción de alimentos y bebidas, así como fabricar mediante fermentación alcohol y acetona.

El siguiente gran paso en el avance de la biotecnología se debe a A. Fleming que en 1928 descubrió la penicilina, cuyo advenimiento señaló el comienzo de la era de los antibióticos.

Pero el avance más importante se dió en 1953, cuando J. Watson y H. Crick descubren la estructura en doble hélice del material hereditario por excelencia: el ácido desoxirribonucleico o ADN. Pronto el código genético, los mecanismos que aseguran la transferencia de la información presente en los cromosomas y que conducen a la síntesis celular de proteínas revelarían sus secretos.

En 1968, Meselson y Yuang aislaron el primer enzima capaz de cortar el ADN en lugares concretos: se trataba de una *endonucleasa o enzima de restricción (ER)* que se mostró como una eficaz herramienta para la manipulación del material hereditario. Desde entonces nuevos enzimas de restricción -cuyo nombre toman de la especie bacteriana que la sintetiza- se han ido aislando y añadiendo a la lista que hoy conocemos. Así mismo se descubrieron las *ligasas* o enzimas con capacidad para soldar fragmentos de ADN.

El conocimiento detallado de la estructura del ADN y de los enzimas para cortarlo y ligarlo alumbró el nacimiento de la ingeniería genética: en 1972, Berg y colaboradores consiguieron el primer genoma híbrido o quimera molecular uniendo ADN de un virus animal al de un virus bacteriano. La finalidad del experimento no era otra que la de estudiar las propiedades del nuevo ADN formado; pero pronto surgió la idea de generalizar esta técnica para recombinar genes.

Con estas quimeras de ADN, o ADN recombinante, pueden transformarse poblaciones de células en cultivo, ya sean bacterias, vegetales o animales. La transferencia de genes permite que se exprese el carácter portado por el gen foráneo en cualquier tejido, así como en las células germinales con-

virtiéndolo en hereditario. De este modo, Palmiter consiguió crear una raza de ratones gigantes implantando en su patrimonio genético, el gen de la hormona de crecimiento de un mamífero de mayor tamaño.

No es pues, de extrañar que los primeros experimentos de la ingeniería genética resultaran, cuando menos, chocantes para la opinión pública. El peligro que suponía la posibilidad de forzar las barreras interespecíficas, de crear quimeras, de modificar artificialmente los ecosistemas, de acrecentar la patogenicidad de las bacterias e, incluso, de intervenir sobre el hombre originó un primer momento de temor y rechazo.

Nunca habían sido las ciencias de la vida tan provocadoras. A cambio, nunca habían permitido abrigar tantas esperanzas.

LA BIOTECNOLOGIA APLICADA AL HOMBRE

1) Productos biológicos de uso terapéutico

Al menos una veintena de sustancias derivadas de la nueva biotecnología han recibido ya la autorización de salida al mercado.

Hormonas que venían extrayéndose de los distintos órganos de animales de consumo, en procesos caracterizados por un bajísimo rendimiento, pueden ser ahora obtenidas en grandes cantidades mediante fermentaciones convencionales de bacterias y levaduras, a cuyo genoma ha sido incorporado el segmento genético responsable de la síntesis de la sustancia activa en la especie humana.

El primer producto biológico con uso terapéutico fabricado a escala industrial mediante ADN recombinante fue la *insulina*, comercializándose en 1982.

Los primeros *interferones* aparecieron en el mercado en 1985. Si bien sus efectos terapéuticos no carecen de interés, están muy lejos de colmar las esperanzas que se habían depositado en ellos; las desorbitadas previsiones que se formulaban tenían mayores componentes económicos que científicos; de todas formas, a medida que prosiguen las investigaciones, los interferones van siendo ensayados en asociación con otros factores, como el TNF, que al parecer refuerzan su acción.

Otro de los productos que hoy nos ofrece la bioindustria es el *activador del plasminógeno tisular*, o TPA (*Tissue Plasminogen Activator*), proteína capaz de disolver los coágulos evitando la formación de trombos.

También se podrían citar la *caquectina*, o TNF (*Tumor Necrosis Factor*), que presenta una poderosa actividad antitumoral "in vitro". O la *albúmina*, proteína empleada en los medios sanguíneos reconstituidos; o el *factor antihemofílico A* (o *factor VIII*) que restaura la capacidad de coagulación de la mayoría de los hemofílicos. Asimismo, la *interleukina-2*, podría renovar la lucha contra las infecciones o contra el desarrollo de los tumores estimulando las defensas naturales del organismo. Y la *eritropoyetina*, o factor de maduración de los glóbulos rojos, podría aportar mucho al tratamiento de ciertas formas graves de anemia.

La ingeniería genética asimismo pone a disposición de la medicina la *hormona de crecimiento humano* o HGH (*Human Growth Hormone*), cuyo empleo suscita igualmente todo un cúmulo de esperanzas, no sólo para combatir el enanismo sino también para el tratamiento de determinadas enfermedades óseas o para la regeneración de los tejidos en los quemados

graves; hasta el presente, y desde el descubrimiento de la hormona en 1967, era extraída de tejidos procedentes de cadáveres humanos.

Sin embargo, esta nueva estrategia no carece de riesgos. Las sustancias obtenidas mediante síntesis bacteriana, en el cuerpo humano, son objeto de una regulación extremadamente ajustada. Sus efectos pueden desencadenar una serie de contraefectos difícilmente previsibles. Por otro lado, estas sustancias son con frecuencia inestables, o más aún, tan sólo funcionan en dosis muy superiores a las que se encuentran en el organismo en estado normal, lo que puede provocar respuestas no deseadas (Gros 1993).

2- Vacunas génicas

La investigación de vacunas constituye uno de los mayores desafíos que la salud del hombre puede plantear hoy a las nuevas tecnologías.

Ahora que los componentes proteínicos del virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) son bien conocidos, se espera que podrán ser obtenidos los antígenos requeridos para la elaboración de la vacuna que permitiría luchar contra las epidemias ligadas a dicho virus, agente del síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). Sin embargo, tanto su elevado índice de mutación, así como la naturaleza de los fenómenos autoinmunes que acompañan a la infección, sin olvidar la dificultad para encontrar animales de laboratorio susceptibles de servir de modelos experimentales, suponen serios obstáculos para estos trabajos.

Otro reto importante está ligado a la prevención de las grandes enfermedades parasi-

tarias, con efectos mortales en los países en vías de desarrollo (Gros 1993).

3- Anticuerpos monoclonales. Sondas génicas.

Mientras que los productos bioterapéuticos y las vacunas génicas parece que van a renovar la medicina de intervención o la prevención, la biotecnología está suponiendo ya una innovación en la detección de trastornos patológicos y en el seguimiento de los enfermos.

Los anticuerpos monoclonales, han renovado el análisis biomédico o el monitoring tradicionales. Segregados por células híbridas llamadas hibridomas, dichos anticuerpos presentan una especificidad bioquímica estricta. De ahí que estos detectores biológicos, de fiabilidad absoluta, convenientemente señalados con marcadores radiactivos, permitan la identificación de células tumorales o el diagnóstico de una infección bacteriana o vírica (Gros 1993).

Además, al disponer de auténticas baterías de anticuerpos monoclonales aptos para fijarse sobre una serie de proteínas específicas como las hormonas, pueden también practicarse numerosos análisis fisiológicos, como por ejemplo, los test de embarazo.

Por su parte, las sondas génicas son moléculas de ADN señaladas con un marcador que tienen el poder de reconocer genes en los cromosomas y establecer si dichos genes son normales o portadores de alteraciones.

Una de sus aplicaciones más extendida consiste en el establecimiento de diagnósticos prenatales, que son realizados sobre muestras de células fetales. El análisis genético del feto permite establecer si el niño que va a nacer es

portador o no de un gen defectuoso o deletéreo.

Son numerosos los problemas éticos que plantea el diagnóstico prenatal: por una parte, los riesgos que lleva consigo la extracción de muestras fetales mediante algunas de las técnicas, como la amniocentesis o la biopsia corial, que son invasivas y no están exentas de riesgos; por otra parte, con frecuencia su finalidad es la identificación precoz de embriones o fetos tarados para su inmediata eliminación mediante el aborto.

No obstante, la opción antiabortista no debería declinar la participación en el diagnóstico prenatal, pues hay defectos que son susceptibles de tratamiento intrauterino y que pueden experimentar un agravamiento anatómico progresivo durante la gestación (hidrocefalia progresiva, hidronefrosis creciente...). En estos casos, se opta por el adelantamiento del parto, que podría mejorar el pronóstico de ciertos defectos congénitos (Junceda 1997).

Por lo tanto, desde el punto de vista ético, el diagnóstico prenatal es aceptable y válido si respeta la vida e integridad del embrión y del feto humano, y siempre que de su estudio vayan a derivarse beneficios para su curación o conservación. El diagnóstico prenatal debe tener como fin la curación y no una sentencia de muerte que, irremediamente, conduzca al aborto del feto. El portador de una malformación congénita no pierde por esto las prerrogativas propias de un ser humano, a quien debe tributársele el respeto a que tiene derecho todo paciente.

El diagnóstico mediante el empleo de sondas génicas puede utilizarse también después del nacimiento, por ejemplo, para preci-

sar la naturaleza y amplitud de una alteración genética; o para el caso de parejas procedentes de familias "de riesgo" en particular para las mujeres que deseen saber si son "portadoras" de un determinado precursor de enfermedad (Gros 1993).

4- Secuenciación del genoma humano

Este ambicioso proyecto intenta establecer la secuencia química íntegra y completa de todo el material genético presente en los cromosomas del hombre. Una vez elaborado el mapa genético humano, el paso siguiente consistiría en identificar genes deletéreos responsables de las enfermedades hereditarias. En un tercer momento se aspira finalmente a la identificación de los genes en cuestión en el hombre concreto de que se trate.

Cuando el análisis del genoma humano se haya establecido será problemático determinar si es lícito reclamar -y hasta dónde lo es- el "derecho a no saber". Si bien cada individuo debe determinar racionalmente lo que quiere comunicar sobre sí mismo y a quién. A él le corresponde también decidir lo que quisiera saber sobre sí mismo (Reiter 1992).

5- Terapia génica

Su objetivo consiste en introducir un gen funcional que compense las deficiencias del gen alterado. No se limita, por tanto, a suprimir los síntomas, sino a remediar las causas.

En la actualidad, la terapia génica surge exclusivamente para tratar enfermedades hereditarias monogénicas, es decir, provocadas por la alteración de un único gen.

Existen varios métodos para introducir genes sanos en las células. El más eficaz recurre a virus modificados y empleados como

vectores de tales genes. La modificación vírica supone la eliminación de los genes causantes de la patogenicidad -los que determinan la síntesis de las macromoléculas del virus para multiplicarse y causar enfermedades-, y la incorporación del gen corrector. El virus así modificado puede transportar genes útiles hasta el interior de las células, pero sin dañarlas.

La terapia génica puede aplicarse de dos maneras: 1) Mediante la inserción de una copia sana de un gen en las células del paciente, para compensar el efecto del gen deletéreo. 2) Mediante la introducción de un gen especialmente diseñado para que suministre una nueva propiedad a las células, por ejemplo que obstaculice la replicación del virus frenando el progreso de la enfermedad.

Se dispone de varias estrategias de terapia génica. Pero tanto si se trata de una terapia *ex vivo* ("fuera del cuerpo") -utiliza células sanguíneas que una vez modificadas son reincorporadas al paciente-, o de un tratamiento *in situ* ("en el mismo lugar") -en el que la introducción del vector portador del gen corrector se realiza directamente en los tejidos afectados-, los genes no siempre producen buenas cantidades de las proteínas que cifran. Por otra parte, las células alteradas no suelen ser inmortales, y por tanto los genes útiles se pierden cuando mueren las células que los portan.

Finalmente, en los dos tipos de terapias, una vez que los genes entran en las células, se integran al azar en el ADN de los cromosomas. Aunque puede que no ocurra nada, en algunos casos podría acarrear graves consecuencias si cuando se integra un gen corrector

interrumpe un gen supresor de tumores con lo que podría originarse un cáncer.

Actualmente las esperanzas están puestas en una tercera estrategia de terapia génica: la llamada terapia *in vivo* ("dentro del cuerpo"). Consistiría en la inyección de vectores de genes en la sangre, a la manera de fármacos. Una vez dentro del cuerpo, los vectores se encontrarían con sus células diana (ignorando a las demás) y transferirían su información genética. Se ha progresado bastante en el refinamiento de las técnicas empleadas para encauzar los vectores hacia tipos celulares específicos. Menos, si se trata de que los vectores inserten su carga génica en las células diana o de que eludan el sistema inmunitario del paciente. La inserción aleatoria en el ADN sigue siendo un problema (French 1995).

La introducción o inserción de genes podría aplicarse no solamente a las *células somáticas* (las que componen el soma o cuerpo del organismo), sino también a las *células germinales* o *reproductoras* (gametos y sus células precursoras).

Para emitir un juicio ético sobre terapia génica, conviene distinguir las células en las que se lleva a cabo así como la intencionalidad con la que es realizada.

La terapia génica somática está dirigida a las células del organismo que no trabajan convenientemente. Se trata de una terapia sustitutoria, y queda limitada a la persona sometida a tratamiento. Su legitimidad ética depende de las siguientes exigencias: que el defecto genético entrañe un elevado riesgo patológico, que no existan métodos de tratamiento alternativos y que el beneficio perseguido justifique el riesgo (Reiter 1992).

El carácter experimental de una intervención no es motivo de prohibición absoluta, y puede ser aceptable aunque sea con riesgo grave si tiene carácter terapéutico, bien distinto del puramente experimental; ahora bien, hasta que tenga suficientes posibilidades de éxito, esa terapia debe hacerse en animales (López Moratalla 1987).

Además, la técnica para corregir con un gen una enfermedad letal sirve también para introducir un gen con propósitos menos nobles. Existe, por tanto el peligro real de la eugenesia. Una cosa es ofrecer una existencia normal a un individuo enfermo, y otra bien distinta "mejorar" al individuo normal. La situación será incluso más peligrosa cuando se inicie la alteración de células germinales. Dicha alteración supondría una fijación de los rasgos genéticos de su descendencia alterando el patrimonio genético de las próximas generaciones.

BIOTECNOLOGIA APLICADA A LOS ANIMALES

Los proyectos de biotecnología en animales domésticos persiguen, además de la mejora ganadera -obtención de animales de mayor peso, con más resistencia a enfermedades, y que proporcionarán una carne menos rica en grasa-, dotar a ciertos mamíferos de la capacidad de segregar fármacos en la leche o en la sangre.

La clonación facilitaría la multiplicación de esos individuos genéticamente manipulados cuyas alteraciones introducidas interesen ser mantenidas sin variaciones. La combinación de dichas técnicas -transgénesis y clonación-, supondría un intento científico y comercial de crear rebaños de animales gené-

ticamente alterados para producir una determinada sustancia, o lo que es lo mismo, convertir el ganado vacuno, lanar o porcino en verdaderas "fábricas" vivas de fármacos. Tal es el caso de alfa-1-antitripsina, que está en vías de ensayo para el tratamiento de la fibrosis quística en humanos, obtenida en leche de una oveja transgénica, o distintos productos coagulantes -fibrinógeno, factor VII, factor IX- de la sangre obtenidos igualmente a partir de animales de granja genéticamente manipulados.

La obtención de individuos mediante reproducción asexual, supone una disminución del pool genético con su inevitable uniformidad y empobrecimiento de la especie, así como un aumento de su vulnerabilidad -debido a la reducción de la diversidad genética- lo que acrecienta el grado de indefensión ante los agentes patógenos.

BIOTECNOLOGIA APLICADA A VEGETALES

Uno de los factores limitantes de la producción agrícola es la escasez de nutrientes nitrogenados. Existe un grupo de vegetales superiores, las leguminosas, en las que el nitrógeno es aportado por unas bacterias (*Rhizobium*) que viven simbióticamente en sus raíces. Este fenómeno reduce considerablemente para estas plantas las necesidades de abono nitrogenado.

La ingeniería genética ha suscitado la posibilidad de transferencia de genes fijadores del nitrógeno, a algunas variedades de plantas que carecen de esa capacidad simbiótica. Dicha bio-reducción del nitrógeno atmosférico evitaría enormes dispendios, y la erosión ecológica que el uso generalizado de

abonos artificialmente comporta (Mayor 1986). Pero hasta ahora no se ha conseguido ningún avance importante a pesar de las investigaciones en los enzimas y microorganismos fijadores de nitrógeno libre.

Por otra parte, 1996 ha visto crecer los primeros cultivos a escala industrial de vegetales transgénicos. El término transgénico hace referencia a la presencia de genes foráneos, ya sean de otra planta, hongo, bacteria o incluso animal o virus. La soja, el maíz, el algodón y la colza son los primeros exponentes de cultivos nacidos de la ingeniería vegetal.

La introducción de genes específicos para la transformación genética, permite aportar características tales como, aumento del contenido de una determinada vitamina o de una sustancia de reserva, aceleración del crecimiento o retardo en la maduración, así como resistencia a los pesticidas y las plagas, etc.

Más y mejor: Ésta parece ser la base de la Agricultura transgénica: más productividad, más resistencia a las plagas, mejor rendimiento económico, mejor comportamiento dietético, mejor potencial alimenticio...

Pero estos nuevos productos llamados también vegetales de diseño o de laboratorio, plantean problemas de falta de seguridad sanitaria: se ignora si, a pesar de la ausencia de toxicidad aguda de algunos alimentos transgénicos, éstos pueden tener efectos perjudiciales para el hombre.

Por otra parte, suponen un riesgo medioambiental ya que las plantas modificadas pueden difundir los genes que le han sido introducidos a otras plantas vecinas y a los insectos con los que tienen contacto.

Los detractores del uso de alimentos transgénicos parecen centrar sus temores con-

cretamente en las nuevas variedades capaces de resistir tratamientos con herbicidas: si una planta se hace tan resistente que no resulte atacada ni por malas hierbas, ni por insectos, ni por herbicidas o pesticidas, puede ir invadiendo terreno en detrimento de otras especies que sí acusen todas estas agresiones y sucumban a ellas; luego la propia ley de selección natural se encargaría de acrecentar el predominio de las plantas transgénicas en detrimento de las otras variedades, lo que supone un evidente peligro de empobrecimiento de la variedad genética del planeta.

Además, y no son más que hipótesis que no se podrán comprobar hasta dentro de tres o cuatro años, las plantas también mantienen una relación de intercambio con los insectos, si los insectos "absorben" o incorporan genes que hacen a las plantas fuertes e invulnerables, quizá ellos mismos desarrollen esa capacidad y se conviertan en especies que constituyan en el futuro una plaga difícil de erradicar.

OTRAS APLICACIONES

La producción de biomasa, la aplicación de métodos biotecnológicos al aprovechamiento de desperdicios, al reciclaje de aguas y vertidos, a prevenir el deterioro del medio ambiente o, en su caso, a recomponerlo... constituyen otras tantas facetas de la extraordinaria variedad de los procesos biotecnológicos (Mayor 1986).

En la lucha contra la contaminación el primer paso fue el tratamiento de aguas residuales. Filtrándolas a través de lechos microbianos y desinfectándolas, pueden hacerse aptas para al menos, el riego (Adaneda 1997).

Pero cada vez se engendran desechos más complicados y la biotecnología trata de

seleccionar microorganismos adaptados a la lucha contra los agentes contaminantes. Existen en el suelo bacterias que degradan una amplia variedad de compuestos orgánicos. La manipulación genética de sus rutas catabólicas permite la degradación simultánea de varios de estos compuestos, lo que permitiría la eliminación de tóxicos recalcitrantes (Ramos 1990).

RIESGOS POTENCIALES

La conmoción suscitada por los primeros experimentos sobre el ADN recombinante, obligó a los biólogos a iniciar una reflexión sobre los problemas éticos ligados a la biología molecular del gen.

En la Conferencia de Asilomar en 1975 se establecieron normas relativas a la experimentación según unos criterios fundamentales; se consideraron los riesgos de diseminación de las combinaciones biológicas producidas y de las moléculas utilizadas. A raíz del informe resultante comenzaron a surgir legislaciones en distintos países (Estados Unidos, Francia e Inglaterra). Pero en pocos años estas normativas se relajaron enormemente; ésto fue debido a que el temido riesgo de dispersión de los organismos patógenos resultó menor; a que experimentos que no han obtenido la licencia para realizarse en un país, sí la han logrado en otro; y a que los comités encargados de vigilar la declaración reglamentaria y la aplicación de las medidas de confinamiento a veces se declararon incapaces de juzgar los experimentos por no poder prever las posibles implicaciones (López Moratalla, Santiago, 1987).

El cuestionamiento ético, planteado por los científicos y por los filósofos, vuelve a ser

indispensable, especialmente a la hora de abordar los problemas jurídicos que plantean las nuevas biotecnologías. Sobre todo ante temas como la terapia génica o los alimentos transgénicos (Gros 1993).

Por una parte, si bien la genética moderna está dotando a la ciencia de valiosos instrumentos para la detección, prevención e intervención en trastornos patológicos, también fomenta la eugenesia proporcionándole una técnica eficaz y numerosísimos datos. Por tanto, la extensión de estas técnicas al mayor número posible de grupos de riesgo, conlleva el peligro de que se utilice no tanto para la previsión médica individual sino para atender los intereses eugenésicos de la sociedad (Reiter 1992).

Por otra parte, aún estamos muy lejos de conocer y comprender qué son y qué beneficios aportan realmente los vegetales transgénicos. Y las consecuencias de cualquier alteración en los organismos vivientes pueden tener resultados imprevisibles como ha quedado bien patente en la reciente crisis de las vacas locas; el origen de la enfermedad: pretender convertir a los herbívoros en carnívoros. No obstante, alimentar con carne a las vacas para que produzcan más es una nimiedad en comparación con las operaciones biogénicas que rompen las barreras entre las especies naturales.

Los investigadores tranquilizan a la opinión pública asegurando que no hay catástrofe ecológica a la vista; pero si hay que esperar tres o cuatro años para comprobar la veracidad o no de los peligros potenciales derivados de los cultivos transgénicos ¿quién nos garantiza que para entonces las aguas no se hayan salido definitivamente de su cauce?

Ya hay en el mundo, en EE.UU. sobre todo, millones de hectáreas que se dedican al cultivo de vegetales transgénicos para el comercio internacional. Cuestiones ecológicas, económicas, médicas, éticas y dietéticas salen ahora a la palestra para encumbrar o denunciar un tipo de cultivos que se perfilan como la alternativa a los vegetales tradicionales del próximo milenio.

EL HOMBRE Y SU ENTORNO

Se ha definido la ciencia como la gran hazaña de nuestro tiempo. Las ciencias experimentales han aportado al hombre un aumento grandioso de conocimientos, pero es innegable la creciente preocupación por los efectos, poco deseables de algunos aspectos de la ciencia; tanto en lo que se refiere al medio ambiente o naturaleza, entendidos como hábitat de la especie humana, como también y principalmente en lo que se refiere al propio hombre: ese protagonista activo de la evolución de las demás especies así como de la suya propia.

El desarrollo tecnológico ha modificado decisivamente la inserción del hombre en su mundo. Los efectos de la acción humana, lejos de ser reabsorbidos por el ecosistema, han iniciado un proceso acumulativo de consecuencias desconocidas. Si hasta ahora el hombre se había habituado a realizar intervenciones de alcance controlado, de las que podía prever los efectos, la incorporación de nuevos caracteres a una especie, esto es, la modificación del patrimonio de un ser vivo, supone una intervención drástica, de consecuencias imprevisibles. La responsabilidad de la acción se prolonga en el espacio y en el tiempo. De ahí que a la conciencia ética haya

que añadir una urgente ampliación de horizonte y temática.

La naturaleza puede mostrar o exigir normas para vivir en ella. El hombre puede modificar profundamente su forma de integración en dicho hábitat, puede saltar sobre sus reglas, prescindiendo de algunas y ampliar los márgenes de otras, pero hasta ciertos límites. Un organismo capaz de superar las exigencias y controles de la naturaleza necesita inexorablemente crear los propios y acordes con su situación, que pongan el límite en algo tan reconocido como los derechos de los demás. La ética debe enunciar normativas de convivencia con el resto de su especie, con las demás especies y con el medio físico-químico. Pero sería preciso tomar las medidas oportunas para que se respeten *por todos* (Gómez 1997).

El tiempo apremia: urge reconstruir la ética interesándose por los nuevos problemas, que por su amplitud espacial y temporal, afectan al destino de toda la humanidad.

Ante la potencia tecnológica que ahora tiene el hombre entre sus manos, capaz de modificar de manera incontrolable el futuro, tenemos que abandonar la ética del interés inmediato y saber mirar más lejos. Como diría el filósofo Hans Jonas, el imperativo categórico moderno es: *actúa de modo tal que tu acción sea compatible con la permanencia de la vida en la tierra.*

Era verdaderamente sabia la intuición de los griegos cuando hablaban del cosmos como unidad indivisible; idea que después fue transformada por el pensamiento judeo-cristiano en "respeto por la creación" y que actualmente la ciencia refleja en el llamado

Principio Ecológico Universal: "todo influye en todo".

La "humildad" ante lo que nos rodea y el consiguiente respeto a la dignidad de las cosas no deberían ser marginados en una tabla de virtudes o valores ecológicos. Tener conciencia de que el hombre comparte suerte y destino con múltiples compañeros de viaje en el mundo de la naturaleza: sentirse interdependiente en una comunidad de vivientes de la que forma parte; reconocer que esa comunidad va más allá de lo que el hombre controla con su poder, son convicciones sobre las que se sustenta cualquier relación correcta del hombre con su entorno (G^a Gómez-Heras 1997).

Además de una ética interhumana, es necesario un cambio de actitud hacia una consideración de la naturaleza como algo no periférico, como un valor en sí mismo. La naturaleza no representa sólo la suma de los recursos. Es una realidad con valor intrínseco. La naturaleza no es una materia neutra de exploración científica o utilización industrial, técnicamente manipulable y económicamente explotable; tiene leyes propias que asumen la función de normas éticas. La humanidad tiene en ella su casa, y la historia de la cultura humana su lugar de representación.

BIBLIOGRAFIA

ADANEDA, R: "Bioética y Ecología". Problemas éticos de la ciencia y la tecnología. (En prensa).

FRENCH, W.: "Terapia génica". Investigación y Ciencia. N° 230, 60-63, 1995.

G^a GÓMEZ-HERAS, J.M.: "El problema de una ética del "medio ambiente". Ética del medio ambiente. Problema, perspectiva, historia. Ed. Tecnos. 17-70, 1997.

GÓMEZ, J.M.: "La naturaleza como modelo de conducta". Ética del medio ambiente. Problema, perspectiva, historia. Ed. Tecnos. 91-117, 1997.

GROS, F.: "Las biotecnologías en el hombre". La ingeniería de la vida. Acento Editorial, 71-101, 1993.

JUNCEDA, E.: "Introducción al diagnóstico prenatal". Manual de bioética general. Ed. Rialp, 217-225, 1997.

LÓPEZ MORATALLA, N., RUIZ RETEGUI, A.: "Manipulación del patrimonio genético humano con fines eugenésicos". Deontología Biológica. Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra, 341-349, 1987.

LÓPEZ MORATALLA, N., SANTIAGO, E.: "Manipulación genética por transferencia de genes". Deontología Biológica. Facultad de Ciencias. Universidad de Navarra, 305-326, 1987.

MAYOR, F.: "Presentación". Biotecnología I. Fundación Ramón Areces, 5-8, 1986.

RAMOS, J.L., ROJO, F.: "Biodegradación e ingeniería genética". Investigación y Ciencia N° 164, 72-79, 1990.

REITER, J.: "Medicina predictiva-Análisis del genoma- Terapia genética". En Bioética. Consideraciones filosófico-teológicas sobre un tema actual. Ed. Rialp, 77-98, 1992.

VELANDER, W., LUBON, H., DROHAN, W.: "Producción de fármacos a través de animales transgénicos". Investigación y Ciencia. N° 246, 46-51.