

Biotecnología, S.A. Una aproximación sociológica

Francisco Javier Garrido

Formidables e inquietantes descubrimientos

La manipulación de lo natural es tan antigua como el origen de la humanidad, y tal actividad manipuladora ha cumplido siempre una doble función: satisfacer las necesidades humanas y manejar a la propia especie. Las metáforas bíblicas de la manzana de Adán y Eva o la multiplicación de los panes y los peces son imágenes evocadoras, por un lado, de esa doble maniobra implícita en la relación del hombre con la naturaleza y, por otro, del carácter social de la acción humana sobre el medio. Asimismo, a través del conocimiento y de la técnica, nuestra especie ha sido la que más ha contribuido a modificar el medio ambiente natural, hasta el punto de que hace ya mucho tiempo que la naturaleza dejó de ser exclusivamente natural para convertirse en un producto fundamentalmente humano. En este proceso de transformación, la revolución industrial supuso un cambio cualitativo y cuantitativo en relación a épocas anteriores, pero es en las últimas décadas cuando nuevos descubrimientos científicos están permitiendo no sólo cambiar el mundo externo a través del manejo de la materia y de la energía, sino el mismo núcleo interno de la propia vida.

Nos referimos a los recientes avances científicos y a las aplicaciones asociadas a la biotecnología, que nos proporciona nuevas herramientas capaces de modificar nuestro mundo a niveles desconocidos e impensables hasta ahora. En efecto, tras el desarrollo de la biología a lo largo del pasado siglo, los avances impresionantes de la genética molecular en las últimas décadas y más recientemente la asociación de la informática y la ciencia genética, se han convertido en uno —el mayor, en opinión de Jeremy Rifkin— de los campos científicos más decisivos en todos los órdenes de nuestra existencia y de la vida misma en la naturaleza. Citemos, como ejemplo pretendidamente impactante del cambio que se opera, el mito de la quimera, esa imagen fabulada de un monstruo configurado por varias especies, que en un breve lapso de tiempo ha pasado de ser una imagen de la fantasía a convertirse en una realidad producida por la biotecnología. Pero la

evocación del mito es sólo uno de los efectos inquietantes de las nuevas tecnociencias como instrumentos de realización de ensueños, uno más de los logros de la revolución que avanza vertiginosa y que anuncia el nuevo «siglo de la biotecnología» (Rifkin, 1999) ¹.

¿Exageraciones sensacionalistas? ¿Indicios del rechazo irracional a los prometedores avances de la ciencia? En absoluto son esas las intenciones de este artículo, lo que pretendemos con estas afirmaciones iniciales es llamar la atención sobre los formidables efectos y las múltiples dimensiones del cambio que se ha iniciado con el desarrollo espectacular de la biología y de la ingeniería genética. Repase-mos, en este sentido, otros ejemplos significativos de los sueños que se están cumpliendo en un plazo de tiempo muy corto y tratemos de imaginar el alcance de los mismos: creación de especies transgénicas y clones animales y humanos; producción de nuevas variedades agrícolas que sobrevivan a las adversidades ambientales; plantas de tabaco luminiscentes porque se les ha introducido un gen de la luciérnaga; superratones desarrollados con la hormona del crecimiento humano; órganos de cerdos modificados genéticamente para poder ser transplantados a las personas; cambios genéticos en los embriones para corregir anomalías o enfermedades y para mejorar los rasgos físicos, la inteligencia y la conducta de las personas ². ¿No estamos ante cambios espectaculares? ¿No afectan estos hechos a nuestras aspiraciones más queridas y a nuestros miedos más arraigados? De cualquier modo, lo cierto es que la revolución biotecnológica adquiere la capacidad de recrearnos y de rehacer nuestro mundo natural y social, de modificar nuestros cuerpos y nuestras vidas, nuestros ecosistemas y nuestras sociedades.

Por otro lado, no vamos a insistir aquí en el hecho evidente de que la biología y las ciencias de la vida han contribuido de manera inequívoca a la mejora de la condición humana, y que en un futuro inmediato pueden hacerlo de forma aún más fascinante. Pero, al mismo tiempo, su desarrollo actual amenaza con grandes riesgos que también deben ser reconocidos. En términos generales podemos agruparlos en tres grandes apartados: sanitarios, ecológicos y sociopolíticos. De tipo sanitario son, por ejemplo, alergias producidas por los nuevos alimentos; difusión de

infecciones; resistencias a antibióticos comunes; transferencia de genes a microorganismos de los consumidores; transmisión de enfermedades de los animales a través de la alimentación o de los xenotransplantes; eliminación de genes en los individuos que pueden cumplir varias funciones desconocidas; y otros riesgos impredecibles desde nuestros conocimientos sanitarios actuales. Las amenazas de tipo ecológico se relacionan con la disminución de la biodiversidad; la contaminación de suelos y aguas por organismos manipulados genéticamente para que expresen sustancias químicas; la transmisión natural de los genes de los cultivos manipulados genéticamente a los cultivos no manipulados y a las plantas silvestres; la desestabilización en cadena o la ruptura de los complejos equilibrios naturales de los ecosistemas; la generación de superpatógenos bacterianos y víricos; el incremento de la insostenibilidad medioambiental de los sistemas de producción; y –tal vez lo más importante– la imprevisibilidad (consustancial al proceso evolutivo de la naturaleza) a medio plazo de la evolución de su potencia ecológica y de la transformación de los organismos transgénicos. Por último, entre los riesgos sociopolíticos cabe señalar la reducción de la diversidad agropecuaria; la ruptura del equilibrio de ecosistemas de producción locales; el incremento de la colonización agropecuaria de las regiones del sur y el aumento de las desigualdades Norte-Sur; la estigmatización social de grupos o etnias con determinadas características genéticas; la profundización de la polarización social mediante la formación de élites genéticas; la difusión de las ideologías y prácticas eugenésicas; la apropiación, concentración y comercialización de los conocimientos y de los resultados biotecnológicos en un complejo bioindustrial sumamente poderoso; la producción de armas biológicas.

Esperanzadoras potencialidades y graves riesgos que demandan un debate social sobre la biotecnología, pues despierta cuestiones inquietantes que hasta el momento se han ignorado o han eludido el análisis y la reflexión pública que requieren ³. Para proceder a ese debate, partimos del presupuesto de que la ciencia y la tecnología no son intrínsecamente buenas o malas, son esencialmente actividades humanas y, por lo tanto, con un origen y unas

consecuencias sociales y medioambientales. Planteado en términos estrictamente biológicos el problema se reduciría a sus dimensiones de conocimiento científico y técnico. Sin embargo, ningún problema científico deja de ser un problema social, y menos aún en el caso que nos ocupa, pues el laboratorio ha dejado de ser un cuarto de experimentación herméticamente cerrado, de modo que todos los cuerpos y el ecosistema se han convertido en un gigantesco laboratorio cuyos descubrimientos y riesgos afectan a todos los órdenes de la vida. Además, la dimensión socioeconómica es insoslayable, pues como indica Riechman (1999: 18), «*El problema no es la «biotecnología» en sí misma, sino la «biotecnología de las multinacionales»*: y una parte de ese problema es que la biotecnología de las multinacionales tiende a convertirse en *toda* la biotecnología».

La potencialidad transformadora de la biotecnología exige, por tanto, un debate particular de tipo científico-técnico, pero junto al mismo y de forma indisoluble se hace preciso el análisis sociopolítico. En este sentido, se comprueba que, hasta ahora, las Ciencias Sociales y, en concreto, la Sociología, apenas se han ocupado del tema. Sin embargo, consideramos que hemos entrado en una nueva etapa histórica caracterizada fundamentalmente por la fusión de las ciencias de la vida y de la información, de manera que si la Sociología prescinde de su análisis, con toda la complejidad que conlleva, prescindiría de uno de los principales vectores de cambio que orientará el futuro próximo de la sociedad.

Para proceder a esta tarea, se ha de comenzar por superar la tradicional separación e incluso aversión entre ciencias naturales y ciencias sociales y, en ese sentido, parece conveniente introducir aquí una breve aproximación a los aspectos técnicos de la biotecnología, para conocer lo esencial de lo que hace y de cómo puede aplicarse, sin lo cual difícilmente podríamos adentrarnos en el análisis sociológico de la problemática. No obstante, con el fin de no romper el hilo argumental y para evitar las habituales reticencias entre los científicos sociales a prestar atención a conceptos propios de las ciencias naturales, hemos preferido exponer tales conceptos elementales en un anexo al final de este artículo. A él remi-

timos a quienes no estén familiarizados con el vocabulario de esta ciencia y deseen una aproximación básica al tema, sin la cual, insistimos, será muy difícil la comprensión de las páginas que siguen.

Desde el enfoque sociológico que proponemos, otro obstáculo inicial a superar se relaciona con las dificultades de percepción del problema por parte de quienes (casi todos) no estamos especializados o familiarizados con el tema. Quiere esto decir que la capacidad de la biotecnología para manipular la vida es algo tan fantástico, que las imágenes que recibimos son incapaces de aproximarnos al fondo de esa realidad. Más aún, puesto que la difusión de los conocimientos y experimentos sobre la manipulación genética se presentan como imagen, como espectáculo en una sociedad de la imagen, el enorme poder que subyace a esa capacidad de manipulación permanece normalmente oculto. Además, la imagen que transmiten los científicos y los medios de comunicación es agradable y positiva, se encierra en el ámbito mitificado de los descubrimientos de la investigación científica y en su supuesta aplicación provechosa para la humanidad. Las informaciones que se difunden sobre la revolución biotecnológica se centran en la increíble potencialidad de sus descubrimientos y, normalmente a continuación, en las motivaciones inaceptables que guían a los críticos de esta ciencia y de sus beneficiosas aplicaciones.

En este sentido, como ocurre con todas las revoluciones científicas, la que viene de mano de la ingeniería genética está provocando posturas radicales de oposición y de defensa. Por ello, consideramos que lo más conveniente no es adoptar de partida una posición unívoca, pues el problema es tan reciente, complejo y escaso de análisis, que lo prioritario es profundizar en él para contribuir a su esclarecimiento. No obstante, no conviene olvidar que el tiempo de la ciencia y, en concreto, el tiempo de la ciencia biológica corre vertiginoso, y que el alcance de su aplicación es de tal magnitud que el debate exige rápidas respuestas. Nuestro propósito en este artículo consiste en contribuir a dicha tarea desde una perspectiva sociológica, vinculando la discusión del interior de lo natural con los condicionantes del universo sociopolítico que lo determinan, de

manera que el universo de la biotecnología se abra a las opciones y a los procesos de negociación social.

¿Continuidad o salto cualitativo en la manipulación de la naturaleza?

En un sentido general, la investigación y aplicación de la biotecnología dan continuidad a la motivación milenaria de la especie humana por conseguir un mayor rendimiento y calidad de los recursos vivos, incluido el hombre. Pero su verdadero alcance sólo puede ser comprendido si lo comparamos y establecemos las diferencias con la técnicas tradicionales de mejora de la productividad y calidad efectuados en la naturaleza desde la revolución agrícola del neolítico.

Frente a quienes sostienen que se trata simplemente de un cambio de grado, de un avance en el proceso de hibridación de animales y plantas que se viene realizando desde hace más de 10.000 años, es preciso destacar que tales prácticas tradicionales están restringidas por la separación natural de las especies, por unas limitaciones naturales estrictas que se basan en la diferenciación de especies. La ingeniería genética supera estas limitaciones, sobrepasa los mecanismos naturales de la evolución. Con la manipulación genética a través del ADN recombinante se derriban las barreras naturales para el cruce de material genético entre organismo, pues los genes propios de una especie se transfieren a los organismos de otra que ya no tienen la misma especificidad, sino que son mezcla de ambas, es decir, una quimera, aunque su expresión morfológica no nos cause a simple vista la impresión abrumadora de la imagen mitológica. Con la diseminación de organismos modificados genéticamente (OMGs), se resquebraja el modelo de la evolución biológica en nuestro planeta desde hace cientos de millones de años. Un modelo que se caracteriza por la progresiva diversificación y continuidad de acervos génicos separados, la selección natural y supervivencia de los mismos a través de su interacción con el medio ambiente, y la imposibilidad de una nueva

fusión de dichos acervos génicos previamente separados.

Por consiguiente, la tecnología del ADN recombinante es una técnica cualitativamente nueva y las posibles consecuencias de su aplicación se revelan enormes. Como consecuencia lógica, nuestra concepción de la naturaleza y nuestra relación con ella cambian sustancialmente. Las manipulaciones genéticas llevan inherente una visión de la vida desde una perspectiva química y no desde la ecológica: el nivel químico de la existencia desplaza al ecosistémico. Se modifica también nuestra forma de ver y entender la enfermedad y la salud, los seguros médicos, la belleza, incluso la inmortalidad. Nuestros deseos y valores culturales, los principios económicos de productividad, eficacia y apropiabilidad se aplican a la modificación de los códigos genéticos de los seres vivos, convirtiéndonos en dioses de un nuevo génesis.

La mera idea de reordenar la vida desde sus fundamentos más primarios y elementales se hace difícilmente asimilable para nuestras mentes, que funcionan con códigos y experiencias cotidianas diferentes. Nuestros patrones fundamentales de concepción y ordenación del mundo responden a la observación directa de la evolución natural y se resisten a imaginar un cambio como el que presagia la biotecnología. El conocimiento científico, en este sentido, después del profundo cuestionamiento a que fue sometido en el último siglo, vuelve a recuperar un carácter mágico, inaprensible desde los patrones de comprensión y relación con la naturaleza que nos guían en nuestra actividad cotidiana. Las artes químicas que buscaban en la edad media el elixir de la vida y que fueron combatidas por la racionalidad del conocimiento científico, se actualizan desde la tecnociencia genética y reclaman una nueva concepción de la vida, una cosmovisión que legitime la nueva «magia» científica y su aplicación económica.

La biotecnología implica un cambio profundo en la forma de entender la vida y requiere un marco cultural, económico y político que le confiera legitimidad y facilite su actuación. En esta tarea se afanan los científicos, las grandes empresas y muchos líderes políticos, quienes ensalzan las ventajas de las nuevas tecnologías y transmiten un entusiasmo tal que es difícil escapar a él sin ser tachados de retrógrados o alarmistas.

La privatización del manejo de la vida y sus implicaciones

Algunas empresas multinacionales han descubierto la importancia económica y política del salto cualitativo que implica la tecnobiología en nuestra relación manipuladora con el mundo, y compiten duramente entre sí y con los gobiernos por conseguir la propiedad de la riqueza y la diversidad genética del planeta. La argumentación que pretende dar legitimidad a este proceso sostiene que los beneficios del conocimiento de los genes será de provecho universal, pero que la investigación necesaria y su aplicación sólo se realizarán con el incentivo que proporciona el mercado, es decir, cuando se descubren y manipulan los genes para que adquieran un valor económico, cuando el conocimiento y su aplicación puedan ser apropiados, privatizados y comercializados para obtener rentabilidad. En definitiva, los genes se reducen a su condición económica, medida por su valor de cambio, cuya propiedad pertenece a quienes logran el conocimiento a través de la inversión en investigación.

El fundamento legal para conseguir este dominio privado/económico de la vida se está llevando a cabo a través de la concesión de patentes tanto sobre la utilización de determinados genes descubiertos como sobre la recombinación genética. El inicio del proceso legal para patentar la vida se inició en Estados Unidos cuando el microbiólogo indio Chakrabaty solicitó en 1971 la patente sobre un microorganismo que había sido modificado genéticamente para consumir los vertidos de petróleo en el mar. Hasta entonces, ningún organismo vivo había sido patentable, pero el proceso jurídico que inició Chakrabaty se resolvió en 1980 con la concesión de la patente sobre esa forma de vida por parte del Tribunal Supremo de Estados Unidos. Esta decisión, que reduce la vida misma a un objeto manipulable y esencialmente económico, incentivó la apuesta de las empresas químicas, agropecuarias, farmacéuticas, tecnológicas, por la investigación y el desarrollo de la ingeniería genética, pues significaba la posibilidad de obtener grandes ganancias comerciales. Años después, en 1987, la oficina de patentes del mismo país

reforzó esta posición promulgando una directriz que establecía que todos los organismos vivos que fueran transformados mediante ingeniería genética podrían ser patentados.

Las ideas implícitas y las consecuencias de la legalización de la privatización y comercialización de la vida son diversas. Por un lado, se asume que los organismos, al igual que las máquinas u otras cosas fabricadas por el hombre, carecen de cualquier cualidad esencial que los diferencie de los objetos mecánicos. Para hacerlo patentable, cualquier ser vivo modificado biotecnológicamente, con excepción del hombre, se convierte en un invento, un artefacto susceptible de apropiación y explotación comercial. De este modo, aunque nadie ha inventado un gen, al ser descubierto y recombinado mediante técnicas que poseen los grandes laboratorios públicos o las multinacionales, se reconceptualiza como un invento susceptible de propiedad intelectual y comercial. Y, en consecuencia, la concesión de patentes a empresas agropecuarias y farmacéuticas sobre ciertos cultivos, animales, etc., pone en manos de algunos grupos económicos la posibilidad de actuar para controlar nuestra alimentación y nuestra salud.

En un sentido similar, la concesión de este tipo de patentes revela la concepción implícita de que los genes creados por la naturaleza y su recombinación no constituyen un recurso público, un patrimonio común de la humanidad. Y puesto que la mayor riqueza genética mundial se encuentra en los países en vías de desarrollo, el objetivo de las empresas capaces de descubrir y modificar el material genético consiste en apropiarse de sus recursos genéticos a través de la obtención de patentes concedidas por los gobiernos del norte para sus empresas multinacionales. Así, además de ser los principales responsables de la reducción de la diversidad ecológica del planeta, los países del norte se apropian de los resultados del trabajo de cientos de años realizado por las comunidades locales, que han preservado y cuidado organismos y ecosistemas que contienen los genes que ahora se patentan.

Este proceso pone de manifiesto también un componente epistemológico, pues enfrenta el conocimiento llamado científico a los conocimientos populares construidos desde la experiencia de las comunidades humanas durante siglos. El saber producido mediante procedi-

mientos de las ciencias modernas es considerado privado y patentable, mientras que los resultados del saber popular, en los cuales se fundamenta la labor de los descubrimientos científicos, como no genera riqueza privatizable, no se considera verdadero conocimiento. Más bien al contrario, los derechos privados de propiedad intelectual excluyen los conocimientos e innovaciones de los patrimonios intelectuales comunes de las comunidades locales (Shiva, 1997: 10). Es decir, la usurpación de los conocimientos populares y de los recursos no sólo se legitima mediante razonamientos sustentados en la lógica económica dominante, sino que tiene una fundamentación epistemológica basada en la peculiaridad del procedimiento científico, a saber, que sólo el conocimiento elaborado con procedimientos de la ciencia moderna tiene valor, mientras que el saber común de los campesinos o de las prácticas medicinales locales carece de él. En última instancia, el dinero traza la frontera de lo que es el verdadero conocimiento, y la lógica económica y de dominación determinan los fundamentos epistemológicos de la biotecnología.

El problema de la propiedad privada de los fundamentos de la vida se agranda cuando afecta a la propia especie humana, como ocurre con la bioprospección y próxima aplicación de conocimientos del genoma humano de individuos o de comunidades peculiares, generalmente aisladas o alejadas de los países desarrollados. La localización de genes propios de una etnia o de un grupo social específico adquiere un valor económico enorme, ya que puede facilitar la lucha contra ciertas enfermedades o el logro de «mejoras» en la constitución genética de la raza humana. Pero al buscar y patentar la utilización de tales genes, el patrimonio genético común de un grupo social se privatiza y comercializa –aunque sea con fines terapéuticos– y, por otra parte, su aplicación sólo estará al alcance de las poblaciones de los países desarrollados. En todo caso, cuando las patentes alcanzan a los genes, células, tejidos, órganos y embriones de la misma especie humana manipulados por la biotecnología, nos enfrentamos a un problema trascendental que afecta al núcleo mismo de nuestras creencias sobre la naturaleza de la vida, sobre su valor intrínseco o instrumental. El asunto, pues, es de índole ética y filosófica en primera instancia, pero también de concentración de

poder económico y político más que estrictamente científico.

Otra de las ideas que se esgrimen para defender la privatización y comercialización de los fundamentos de la vida es que se controlan las repercusiones ecológicas de su desarrollo, pues su aplicación puede encerrarse en el ámbito del dominio privado. Sin embargo, muchos de los organismos sometidos a ingeniería genética tienen capacidad de reproducirse, migrar y modificar a otros organismos de la misma o de otras especies no manipuladas con técnicas genéticas, de modo que las nuevas técnicas de recombinación genética abren el camino a una nueva forma de colonización humana que disemina graves riesgos medioambientales tal vez irreversibles⁴. El problema hunde sus raíces en el hecho de que la vida, una vez alumbrada, es esencialmente incontrolable, de manera que la contaminación biológica puede multiplicarse, propagarse y mutar de manera incontrolable.

Además, la concepción de los procesos que subyace en la mayoría de los biólogos moleculares continua siendo de tipo determinista y lineal, pues consideran la manipulación de los genes en una secuencia causa efecto determinada, como si un organismo fuese el resultado exclusivo de las instrucciones contenidas en sus genes. Por el contrario, desde una concepción sistémica de los procesos, el gen, el organismo y el ecosistema constituyen una unidad interrelacionada, y el desarrollo de cada uno de sus componentes es fruto de la complejidad de un sistema en interacción. Además, en el mundo biológico ya se ha comprobado que las estrategias de sentido único dan como resultado la aparición de resistencias progresivas por parte de los organismos que se pretende combatir, como es el caso de algunas hierbas respecto al herbicida principal y más conocido de Monsanto, el Roundup Ready.

Los cultivos transgénicos, las multinacionales y los pobres

La lucha por el derecho a patentar la vida y por la obtención de patentes concretas por parte de algunas grandes empresas es una de las manifestaciones del aumento del interés y de la reordenación de

algunas multinacionales en el campo de la biología. Se observa, en este sentido, un proceso de compra y de fusión de empresas biotécnicas, agropecuarias, alimentarias, farmacéuticas, sanitarias, que está conduciendo a complejos biocientíficos gigantescos, a una concentración empresarial bioindustrial que en unos años estará en condiciones de manejar la industria de la vida. Desde mediados de la década de los 80, el reagrupamiento de empresas se ha multiplicado en un 15% anual, y el 96% de ellas se concentra en 8 países del Norte. Las 10 primeras empresas agroquímicas controlan el 81% del mercado agroquímico mundial. Las 10 empresas más grandes de la industria farmacéutica internacional representan el 50% de las ventas y el 85% de los gastos en investigación y desarrollo. Novartis, Monsanto, Dow Elanco, Du Pont, Bayer, Pfizer, son algunas de estas grandes multinacionales que se están posicionando estratégicamente para controlar la producción y el mercado bioindustrial.

Novartis (la mayor empresa agroquímica, la segunda semillera y farmacéutica y la cuarta farmacéutica veterinaria) y Monsanto (que adquirió Holden, Agracetus, Calgene y tiene un 40% de DeKalb) ocupan un lugar destacado en el campo más extendido de concesión de patentes y de aplicación comercial de la biogenética: la agricultura y la ganadería. Su estrategia se orienta en dos sentidos: por un lado, sus cultivos biotécnicos adquieren caracteres genéticos nuevos extraídos de otras plantas, virus, bacterias y animales, que se introducen en las principales cultivos de la alimentación humana (soja, arroz, maíz, trigo, muchas variedades de frutas y verduras) con el fin de hacerlos más productivos o resistentes a las amenazas medioambientales⁵. Por otro lado, los experimentos realizados en este campo se centran en la creación de plantas que toleran los herbicidas y resisten las plagas o los virus, todo ello con el fin de incrementar la cuota de mercado de las semillas y de los herbicidas o plaguicidas que las mismas empresas fabrican⁶.

Pero la sobrecogedora capacidad de un número reducido de multinacionales para transformar la naturaleza y nuestra relación con ella no puede ocultar el hecho de que se trata de una industria extractiva en el sentido de que se limita a utilizar el material genético

existente en la naturaleza. Más aún, en un contexto ecológico de pérdida acelerada de la biodiversidad por causa de la explotación económica de los ecosistemas, es muy probable que la práctica biotecnológica comercial, al intensificar la selección de un número reducido de semillas y animales transgénicos comercialmente competitivos, afiance dicha tendencia a reducir la diversidad genética de la cual se nutre. Las variedades tradicionales, que son el resultado de la mejora genética efectuada por la evolución natural de cientos o miles de años y que tal vez posean propiedades genéticas todavía desconocidas y sumamente útiles, se verán desplazadas o quizá eliminadas por especies que añaden uno o muy pocos genes extraños y cuyo cultivo obedece principalmente a motivaciones económicas.

De todos modos, el problema medioambiental de los cultivos transgénicos es múltiple, afecta también —como se indicó más arriba— a la colonización de cultivos no transgénicos por parte de productos transgénicos. Y no se trata ya de riesgos potenciales, sino de casos concretos de contaminación biológica que han hecho saltar los timbres de alarma entre los científicos críticos y en algunas comunidades locales afectadas⁷. Por otro lado, como la mayoría de estas plantaciones transgénicas se siembran para tolerar los herbicidas y plaguicidas que comercializan las mismas empresas, la consecuencia más probable de tal estrategia comercial es que se multiplique su uso debido a la resistencia creciente de las hierbas a los herbicidas y de superbichos que resistan a los efectos de los plaguicidas. Además, se desconocen los posibles efectos nocivos que tendrá en la fertilidad del suelo, la calidad del agua, las hierbas y los insectos benéficos, así como la incidencia en la cadena trófica de los respectivos ecosistemas en los que se apliquen. Por último, la invasión y colonización de nuevos hábitats y el desplazamiento de las plantas existentes cambiará la dinámica ecológica de los ecosistemas. Todo ello plantea el problema de que, al igual que las multinacionales del sector esperan obtener grandes beneficios de sus inversiones, se debe avanzar también en la determinación de sus responsabilidades en caso de contaminación medioambiental y pérdidas ambientales del entorno en que se desarrollan los productos modificados biotecnológicamente.

En un sentido más general, la manipulación genética de los alimentos agrava también la problemática generada por el modelo de producción agropecuario dominante. Incide en la misma dirección seguida por la trágica experiencia para ganaderos y consumidores conocida popularmente como crisis de las vacas locas, que es un clarificador ejemplo de los efectos del modelo de producción alimenticia industrializado, sometido a fuertes presiones productivistas que repercuten en graves riesgos para la salud humana y en el maltrato de los animales. En el caso de los países en vías de desarrollo se podría añadir el agravante de que las actividades de más alto riesgo en el campo biotecnológico se trasladen a ellos, donde generalmente es más fácil transgredir la legislación al respecto —si es que existe— y donde los posibles daños serán menos conocidos o tendrán una menor repercusión pública.

La amenaza medioambiental provocada por la liberación de organismos transgénicos se extiende incluso a las armas biológicas, pues la obtención a bajo coste de grandes cantidades de materiales de guerra química hace de éstos una opción militar viable y atractiva. Tales armas no se restringen a los patógenos tradicionales, como la peste, la fiebre Q, la encefalitis equina oriental o la viruela, sino que incluyen organismos con ADN recombinante (microorganismos infecciosos resistentes a los antibióticos, clonación de toxinas que afectan a determinados grupos raciales). Tampoco las consecuencias de su utilización se limitan a los efectos directos e intencionadamente selectivos sobre poblaciones localizadas o sobre cultivos y animales esenciales en la dieta humana, sino que acarrearán efectos indirectos relacionados con las emisiones accidentales, con la mutación, reproducción y propagación indiscriminada o con su conservación en el medio ambiente de forma indefinida.

Por otro lado, atendiendo a la dimensión social del cultivo de plantas y animales transgénicos, en el caso más que probable de que se confirme la tendencia a la obtención de patentes y la concentración de las mismas en un puñado de multinacionales, es previsible que se produzcan cambios importantes en las sociedades de los países en vías de desarrollo. De una parte, la mayor competitividad de estos cultivos transgénicos afectará al modo de pro-

ducción tradicional basado en la utilización de los recursos y la energía siguiendo los principios ecológicos de la sostenibilidad local, así como al equilibrio de los ecosistemas naturales de los que forman parte. Y, de otra, no sólo se agravará la dependencia de los productores locales respecto a las semillas y animales transgénicos patentados por el complejo bioindustrial de los países del norte, sino que también se modificarán las relaciones sociales de aquellas comunidades, como ya ocurrió en épocas anteriores con la formación de latifundios de cultivos para la exportación.

Para finalizar este apartado no podemos dejar sin discutir la tesis frecuentemente esgrimida por las multinacionales del sector de que la ingeniería genética es la vía natural a nuestro alcance para acabar con el hambre en el mundo, una idea que suele ir aparejada con la acusación a los críticos de los cultivos y animales transgénicos de que impiden la solución de ese trágico problema. A este respecto, lo primero que se debe advertir es que el hambre y la desnutrición no son un problema técnico ni de disponibilidad de recursos, no son consecuencia de la falta de alimentos, pues con la producción actual se podrían satisfacer de forma más que suficiente las necesidades básicas de toda la población mundial. Las situaciones de hambre vienen generadas por la distribución desigual de los recursos y por el despilfarro de los mismo en las sociedades opulentas, en definitiva, por motivos socioeconómicos y políticos. Por consiguiente, la supuesta segunda revolución verde pronosticada por las multinacionales de la biotecnología agropecuaria, aunque aumente la productividad de los cultivos, no implicará por sí misma el alivio del hambre, pues la solución no está en producir más con nuevas técnicas, sino en hacer una mejor distribución y optimización del uso de lo producido. Por el contrario, la expansión de cultivos transgénicos podría empeorar la situación⁸, pues contribuirá a sustraer más tierras a los agricultores y ganaderos pobres —que generalmente combinan diversos tipos de productos agropecuarios— a favor de la concentración de la producción en monocultivos de grandes propiedades, y provocará la dependencia progresiva de los agricultores de los insumos (semillas, fertilizantes, plaguicidas y herbicidas) que comercializan las multinacionales de la biotecnología⁹.

En cualquier caso, no cabe engañarse con el discurso de que serán los pobres los beneficiarios de la biotecnología agraria, pues, al margen de la lógica sospecha que despierta la racionalidad económica dominante (rentabilidad de las inversiones, control de la producción y del mercado, que nada tienen que ver con las necesidades de subsistencia de los pobres), en la práctica ninguno de los productos transgénicos comercializados posee características de cultivo que tiendan a facilitar la reducción del hambre por parte de quienes lo sufren (Riechman, 1999: 52-54). Incluso si la biotecnología aumenta los rendimientos y el valor alimenticio de los cultivos, los verdaderos beneficiarios serán las multinacionales de los países del norte, que son quienes poseen las patentes y dominan el mercado de semillas, herbicidas, plaguicidas y alimentos transgénicos.

Mejora de la salud, eugenesia y cambio social

Como hemos visto, pues, los problemas derivados de la biotecnología son numerosos y afectan a diferentes campos de interés, pero por razones políticas y publicitarias obvias, los gobiernos y las multinacionales centran sus esfuerzos en prevenir los riesgos sobre la salud humana. Es en este campo donde existe una mayor sensibilidad social a los avances de la biotecnología y es también ahí donde se concentran las preocupaciones y los controles de los gobiernos.

A este respecto y enlazando con el tema desarrollado en párrafos anteriores, cabe plantear en primer lugar los problemas relacionados con la salud humana a partir de la introducción de nuevos genes en los alimentos convencionales. En este sentido, existe el riesgo de graves reacciones alérgicas de las personas ante genes procedentes de plantas y organismos que se introducen en los cultivos comestibles y que nunca antes habían formado parte de la dieta humana. Otra posibilidad real y peligrosa es que el transplante a los seres humanos de órganos de animales modificados genéticamente transfiera también los virus de las especies animales, provocando nuevas epi-

demias víricas que, además, puedan transmitirse por vía sanguínea o sexual.

En un plano más sociológico, la biotecnología, al tiempo que despierta grandes expectativas de mejora de la salud humana, facilita la emergencia de una sociedad eugenésica determinada por el poder económico de los individuos. En realidad, la concepción eugenésica de la vida acompaña inexorablemente a las nuevas técnicas de ingeniería genética, pues, por definición, son instrumentos para mejorar los planos genéticos de los organismos, incluidos los seres humanos, y hacerlo de acuerdo a cánones dominantes en determinadas sociedades o a los intereses de ciertos grupos de poder económico y/o político. En este marco biotecnológico, la salud adquiere un significado novedoso, pues no sólo consistiría en la eliminación de las enfermedades mediante la manipulación de los genes, sino que incluiría la anulación de caracteres biológicos considerados indeseables y la inserción selectiva de genes que mejoran las características de los individuos o de la especie en función de los modelos socialmente dominantes.

Aplicada a las personas, la manipulación genética admite dos tipos de terapias, la somática y la germinal. En la primera se interviene sobre las células somáticas y los cambios genéticos no se transmiten a los descendientes, en la segunda los cambios genéticos se realizan en el nivel básico de la reproducción: en las células del esperma, del ovario o del embrión, y se transmiten a las generaciones futuras. En la actualidad se realizan experimentos cada vez más exitosos en ambas líneas de intervención, tanto en animales como en hombres, que abren un enorme campo de investigación con posibilidades terapéuticas antes inimaginables.

Hay varias formas de intervenir a nivel somático y, pese a que los resultados de las investigaciones son todavía escasos, se admite en general que es un campo de intervención saludable que en breve dará unos resultados sólidos, permitiendo la curación de enfermedades que con los procedimientos tradicionales resultan incurables. Es en las terapias de la línea germinal donde se plantea una polémica más enconada, pues se trata de un nivel de intervención que puede marcar el desarrollo evolutivo de las generaciones futuras y pone sobre la mesa la inquietante posibilidad de una

sociedad eugenésica comercial. El procedimiento técnico básico consiste bien en eliminar en la línea germinal los genes causantes de anomalías o enfermedades hereditarias, bien en introducir genes que expresen ciertas características deseadas o en utilizar células madre embrionarias que sean capaces de generar las células de nuestro organismo deseadas. Las razones a favor de la investigación en la línea germinal hablan de salud y tratamientos más económicos que los que hoy requiere combatir las enfermedades a lo largo de la vida de un individuo, de libertad personal de elección y de responsabilidad colectiva ante la salud y la calidad de vida de las generaciones futuras.

Con la intervención genética en la línea germinal se superan las posibilidades de diagnóstico prenatal del feto, pues se basa en el chequeo y manipulación de los genes del semen, de los ovarios o de las células embrionarias. No es extraño, por tanto, que este salto cualitativo en la capacidad de controlar la reproducción esté siendo objeto de una tajante oposición por parte de todos los dirigentes religiosos del mundo y de los gobiernos más conservadores, pues nos otorga la capacidad de decidir sobre la creación misma de la vida humana. En todo caso y con independencia de las creencias religiosas, esta capacidad de la biotecnología apuntala el proceso de redefinición de las relaciones de pareja, pues se podrá, por ejemplo, elegir la pareja en función de su genotipo o de la estigmatización genética de personas con determinadas anomalías o caracteres genéticos no deseados. Cambia también la noción misma de paternidad/maternidad, pues los padres conocerán su propia constitución genética y se verán ante el dilema de optar por el control de la transmisión a su descendencia de determinados caracteres genéticos o por la aleatoriedad de la reproducción natural

Este dilema plantea de forma ineludible la cuestión de la eugenesia, como revela el hecho de que en Alemania, donde el tema despierta la memoria de su pasado nazi, existan prohibiciones legales absolutas para la generación de embriones humanos para la investigación. Las preguntas que surgen son numerosas. ¿Quién, por ejemplo, se negará a una intervención genética que elimine posibles enfermedades de sus hijos? ¿Quién escapará a la presión social que acuse de negligencia a los padres que no

intervengan para corregir las anomalías de sus descendientes? ¿Quién, dando un paso más, no tratará de mejorar los rasgos genéticos de su prole? ¿No se propagará en forma de ideología social la lógica inherente a la ingeniería genética de mejora de la especie? Si la mejora genética de los individuos está al alcance sólo de quien pueda pagarla, ¿se seguirá cerrando el círculo vicioso de que a más riqueza, mejor constitución genética, mayor riqueza, mejor constitución genética...? ¿Quién definirá lo que son defectos o anomalías o, en el otro lado de la moneda, el arquetipo deseable, el individuo perfecto?

Llevando el razonamiento hasta uno de los temas centrales de la Sociología, la intervención genética en la línea germinal replantea el problema teórico y político del cambio social, que hasta ahora había sido interpretado a partir de la interacción social, de modo que la mejora de la sociedad se había de realizar actuando sobre su estructura. La nueva ingeniería genética refuerza la interpretación sociobiológica (Wilson, 1981), que da preeminencia a la constitución genética en la explicación de la conducta, de manera que si se desea cambiar la sociedad, se habrán de cambiar los genes de la especie, pues el problema no se encuentra en lo que la sociedad construye (instituciones, organizaciones, cultura), sino en cómo está constituida la humanidad en su propia génesis biológica¹⁰. Una posición ideológica que reformula la tesis conservadora de que las situaciones sociales derivan de diferencias innatas y no del entorno, justificando así el orden social actual.

Frente a esta hipótesis, que se basa en la tesis de que la organización de un sistema vivo se halla determinada por los genes contenidos en las células, la especialidad de la genética del desarrollo (Newman, 1989; Beardsley, 1991) sostiene que los sistemas vivos son esencialmente dinámicos y sensibles al entorno, es decir, que su desarrollo sólo puede entenderse si se les concibe integrados en redes complejas que incluyen tanto el organismo como el entorno exterior. Desde esta perspectiva, las enfermedades son vistas como el resultado de la interacción entre las predisposiciones genéticas y el medio ambiente natural y social, de manera que no es posible explicarlas exclusivamente por su causalidad genética ni establecer procedimientos de curación que

excluyan la modificación del entorno. Pero éste es un tema biomédico que reservamos a los especialistas y que, sin duda, se expondrá en otros artículos de la revista. Lo que aquí debemos resaltar, desde la perspectiva sociológica que nos guía, es que al explicar los problemas sociales desde los determinantes biológicos, se sustrae la responsabilidad a la organización y funcionamiento de la sociedad, una estrategia que no deja de beneficiar a quienes son responsables principales de las injusticias sociales. Estas posiciones teóricas/ideológicas permiten incluir, por ejemplo, correlacionar un sin fin de problemas sociales como la anomia, los comportamientos desviados, la pobreza, los conflictos familiares, las drogodependencia, el paro, etc., con predisposiciones genéticas de determinados grupos étnicos, clases sociales o el mismo género (sexo) de las personas. Podemos imaginar fácilmente las consecuencias que esto acarrearía para la organización y la acción políticas.

Por otro lado, han aparecido algunos síntomas y no parece aventurado prever que la constitución genética de los individuos o de ciertos grupos sociales se convierta en una fuente de discriminación en diferentes ámbitos sociales. La capacidad que brinda la ingeniería genética para efectuar chequeos genéticos no escapa a los intereses de las compañías de seguros, los servicios médicos, los centros de educación, las empresas, que ven en el recurso a estas técnicas biológicas la posibilidad de asegurar el rendimiento de sus contratos o servicios y de evitar pérdidas mediante la selección de individuos genéticamente adecuados a sus intereses. Se puede producir así la discriminación en el trabajo, en la atención médica, en la educación, en los seguros, basadas en las peculiaridades genéticas de los individuos o de ciertos grupos étnicos. Más aún, como relata Lee Silver en su obra *Vuelta al Edén*, no es absurdo suponer un escenario de polarización social entre una élite enriquecida genéticamente (una aristocracia genética de empresarios, deportistas, intelectuales, políticos) cuyo ejercicio del poder en sus respectivas áreas adquiere paulatinamente un carácter más absoluto, aunque disfrazado de argumentaciones técnicas, frente a una clase social de naturales o pobres genéticos, que se ocupará de las tareas menos atractivas y peor pagadas. En definitiva, las nuevas técnicas biológicas suscitan cuestiones políticas de enorme trascendencia: ¿Quién

tendrá el poder de decidir sobre su aplicación y bajo qué condiciones? ¿Quién dispondrá de la autoridad para determinar cuáles son los genes buenos que deben recombinarse y cuáles los malos que se han de eliminar?

Algunas sugerencias para proceder al debate social

A lo largo de este artículo hemos visto que la biotecnología despier-ta grandes expectativas de mejora en la salud y en la alimentación, sobre todo, y al mismo tiempo, abre graves amenazas de peligros medioambientales y sociales. Frente a tal ambivalencia, el debate se polariza en torno al dilema de su rechazo frontal o de su aceptación entusiasta. Pero la complejidad del tema nos obliga a no adoptar posiciones fundamentalistas de defensa de una integridad biológica sagrada e inmutable ni, por el contrario, de dotar con un carácter divino al binomio ciencia-progreso. Ahora bien, constatamos por un lado que estamos ante tecnologías definidoras de la naturaleza, de la sociedad, de la relación entre ambas y del futuro de la vida en el planeta, y por otro, que las características mismas de la fusión actual entre técnica, ciencia y multinacionales ponen de manifiesto la presencia ineludible de sus dimensiones políticas, económicas y culturales. El problema no es si estamos a favor o en contra, sino de qué tipo de biotecnología se es partidario, con qué fines y desde qué estructura de poder económico y político. Por tanto, la multidimensionalidad, complejidad y trascendencia del tema exige un debate social abierto a toda la población, que deberá efectuar opciones democráticas y vinculantes para la ciencia y su aplicación.

En este sentido, el primer punto a considerar se refiere a la prevalencia social, económica y científica del paradigma del excepcionalismo humano (Catton y Dunlap, 1977). Este paradigma se sustenta en la idea de que el hombre se encuentra por encima de las limitaciones impuestas por la naturaleza a los demás seres vivos, y que nuestra misión excepcional consiste en controlar, explotar, moldear, dominar

las fuerzas naturales de cara a la consecución de un progreso ilimitado. Seguimos presos de una cosmovisión que parte de la Ilustración y que niega el valor propio de la naturaleza, la cual debe ser reformada y utilizada para nuestros fines. La ingeniería genética continúa en esa dirección. La diferencia se encuentra en que ya no sólo somos algo excepcional, capaces de desarrollarnos al margen de las constricciones impuestas por lo natural, sino que damos un paso más y nos convertimos en creadores de la naturaleza, en artífices de la vida. A este paradigma, que se ha revelado profundamente desequilibrador del ecosistema natural y social, cabe contraponer otro de tipo ecológico, respetuoso con el valor intrínseco de la naturaleza y guiado por los principios de la sostenibilidad medioambiental y social. La posición que se adopte respecto a este punto determinará el marco básico de la discusión.

Ante el hecho de que la biotecnología nos dota de capacidad para modificar el modelo milenario de evolución natural del planeta, debemos reflexionar y decidir sobre lo que queremos hacer y sobre la existencia de alternativas que puedan conseguir los resultados deseados y con menos riesgos. En este sentido, hay otras formas, no menos rigurosas ni menos científicas que la adoptada por la biotecnología, de acercarse a la naturaleza. La Ecología, en concreto, ve a ésta como una compleja red de relaciones entre los componentes bióticos y abióticos que constituyen los ecosistemas que conforman la biosfera. Desde esta perspectiva científica, el hombre es una especie más de la naturaleza, y su relación con ella debe ser de adaptación al funcionamiento sostenible de la misma. Esta diferencia de concepciones conduce a tipos de prácticas muy distintos. Aplicada a la agricultura, la biotecnología plantea reductos, islas, de producción separadas de la dinámica de los ecosistemas en los que se introducen y basadas en el cruce de especies a través de la manipulación genética. El enfoque biotecnológico de las grandes empresas de producción agrícola se orienta por una espiral ilimitada de producción de biocidas, con el consiguiente aumento de plantas resistentes, y el consecuente incremento de uso de biocidas, y el consiguiente aumento de plantas resistentes, y... Desde la alternativa ecológica, los datos genómicos se utilizan para conocer mejor las relaciones entre las influencias medioambientales y las mutaciones genéticas,

de manera que las prácticas agrícolas se efectúen de forma integradora con el ecosistema. El control de las plagas y de las hierbas no se basa en la propagación de pesticidas y herbicidas sino en métodos compatibles con la dinámica de los ecosistemas locales y con la sostenibilidad global del ecosistema natural de la biosfera. De un modo similar, en lugar de eliminar o recombinar genes en el paciente para anular las enfermedades o detener su avance, algunos biólogos moleculares investigan las relaciones entre el contexto medioambiental natural/social y las mutaciones genéticas, con el fin de practicar una medicina preventiva que se dirija al individuo como un todo, como una persona inserta en un medio social¹¹. No percibe los genes como agentes aislados, sino formando parte de una estructura orgánica perteneciente a un entorno natural y social con el cual se halla en constante interacción y en mutua influencia.

Esto no significa que planteemos el problema en términos alternativos, más bien nos inclinamos por un acercamiento complementario y mutuamente enriquecedor entre ambas tendencias, al menos en algunos campos de investigación. Pero, en todo caso, consideramos fundamental que las investigaciones y aplicaciones científicas se desarrollen desde un paradigma ecosistémico, caracterizado por los principios de la biodiversidad, la interdependencia y la sostenibilidad. En definitiva, pensamos que la ingeniería genética debe ceder su posición dominante a la ecología y practicarse dentro del marco ecosistémico que ésta propone.

Por otro lado, ante el enorme potencial de transformación ecosistémica y la impredecibilidad de las consecuencias, se hace imprescindible una ecología predictiva que evalúe riesgos y establezca el principio de precaución como axioma fundamental de la experimentación biogenética. Este principio señala que debemos anticiparnos a los graves problemas de índole ecológico y sanitario, lo que implica que –tanto en investigación como en sus aplicaciones comerciales– quien realiza una actividad o elabora un producto, tiene la obligación de demostrar su inocuidad para el medio ambiente y la salud humana antes de realizarla, incluso cuando se carezca de una prueba concluyente del probable daño, especialmente cuando los riesgos son muy elevados y la incertidumbre científica sobre las interacciones causales es también notable. Como señala el Tra-

tado de Maastrich (art. 103.2), «La política de la Comunidad en el ámbito del medio ambiente (...) Se basará en los principios de precaución y de acción preventiva, en el principio de corrección de los atentados al medio ambiente preferentemente en la fuente misma, y en el principio de que quien contamina paga».

Una ecología de evaluación de riesgos que, como se deduce de lo expuesto en páginas anteriores, debe partir del reconocimiento de la presión y de las prácticas de científicos y empresas muy poderosas, que tratan de asegurar por todos los medios la comercialización y el dominio de sus descubrimientos transgénicos por encima de cualquier riesgo de perjuicio medioambiental o de salud. Dado que la presión de la competitividad y la obtención rápida de beneficios en detrimento de la seguridad es fortísima, el principio de precaución ante los graves riesgos implícitos en la biotecnología debería ser extremado, y deberán ser sus posibles afectados, es decir, el conjunto de la sociedad, quien decida democráticamente qué riesgos acepta y en qué medida.

El problema, en términos más concretos, es que son algunas empresas multinacionales, científicos e instituciones de los países del norte quienes tienen a su alcance el ejercicio del poder por antonomasia: la capacidad de controlar y recrear la vida en su nivel más fundamental, y que este complejo bioeconómico ha optado por el enfoque reduccionista, pues encuentra más rentable y controlable el negocio que ofrece la ingeniería genética. Pero la responsabilidad política es de todos y sólo se puede ejercer a partir de la información y el debate abierto. Bien informada y a través de cauces democráticos, la sociedad podría apoyar y aceptar algunas de las aplicaciones de la biotecnología, como el chequeo genético con el fin de prevenir enfermedades, o la producción de nuevos fármacos basados en el ADN recombinante, o la utilización de células madre embrionarias para reemplazar las células dañadas o enfermas de un organismo y para realizar trasplantes de órganos. Hay otras aplicaciones de la biotecnología que son más problemáticas y probablemente deban ser prohibidas, como la clonación, la terapia génica en la línea germinal para corregir «defectos» congénitos, la utilización del chequeo genético con fines de selección de individuos, o la liberación de organismos transgénicos al medio ambiente y la alimentación basada en los mismos.

Hasta ahora, la participación en el debate —cuando existe— se ha limitado a los científicos, los empresarios, los responsables políticos y algunos movimientos sociales críticos, pero es necesario que se incorpore la población en su conjunto, entre otras razones porque son nuestras expectativas, deseos, valores, preferencias y comportamientos los que están en juego y los que orientarán la investigación y la rentabilidad de la biotecnología. Por ello, resulta inaceptable la restricción tecnocrática que pretende dejar en manos de los expertos las decisiones sobre la investigación y uso de la biotecnología, pues supone una usurpación antidemocrática del poder: transforma a la técnica y a los técnicos en sujetos de los procesos mientras que los ciudadanos se convierten en objetos pasivos de sus decisiones. En última instancia, circunscribir el debate al campo pretendidamente aséptico de la técnica supone defender los intereses del orden económico y social dominante. Además, presionados por las multinacionales, que son quienes financian más de las dos terceras partes de la investigación, los científicos no sólo se ven impulsados a investigar en áreas económicamente rentables, sino que su campo de observación, salvo notables excepciones, se encierra en especializaciones reduccionistas que deberían ser integradas con otras parcelas de la realidad que desconocen y sobre las cuales incide su trabajo. En definitiva, no se trata de renunciar a la ciencia, sino de dotarla de conciencia responsable y de ejercerla bajo la tutela democrática dentro de un orden social propiamente humano.

Dicho debate democrático se enfrenta al problema de que la sociedad no está formada por individuos aislados e independientes, sino por personas que piensan y actúan en un medio social determinado. Como hemos señalado, este medio se caracteriza, entre otras cosas, por la presión de intereses económicos y de poderes informativos que tratan de imponer una ideología tecnoentusiasta, tildando a los tecnocráticos como antidemocráticos o como ecologistas extremistas que se oponen al progreso o a la disminución del hambre en el mundo. La relación de fuerzas, por tanto, es profundamente desigual, pues el poder de influencia de las multinacionales es descomunal frente al de los críticos, como lo muestra la destrucción por presiones de Monsanto del número de septiembre-octubre de 1998 de la

revista *The Ecologist* titulado «The Monsanto Files» —en el cual, por cierto, se incluye un artículo del Príncipe Carlos de Inglaterra—, lo que pone de manifiesto el nulo interés de las multinacionales por someter las prácticas biotecnológicas a un debate democrático. Por su parte los gobiernos, y en concreto el español, asumen un fatalismo tecnológico según el cual la investigación y comercialización de productos biotecnológicos es imparable y, por consiguiente, debe ser impulsada, pues quienes antes consigan los descubrimientos más rentables serán los más beneficiados. Así, aunque públicamente se defiende la necesidad de proceder a un debate público objetivo, la realidad es que los gobiernos no muestran ningún interés por promoverlo, más bien al contrario, toman la decisión práctica, por ejemplo, de aceptar la introducción de alimentos transgénicos para nuestro consumo, incluso sabiendo que la opinión mayoritaria de los ciudadanos es contraria a la producción de alimentos transgénicos y, en su caso, reclama un claro etiquetado. No resulta extraño, por tanto, que los ciudadanos no confíen ni en las empresas ni en los gobiernos como fuentes de información fiable, y que más bien consideren que, como consecuencia de la alianza de intereses y de la confusión entre las burocracias públicas y las empresariales, se está produciendo un ocultamiento de las investigaciones, de su aplicación y de los efectos dañinos conocidos.

En este contexto social, económico y político, es fundamental el papel de los movimientos sociales para provocar el debate democrático, evaluar alternativas y exigir el cumplimiento de las decisiones alcanzadas. Por diversas razones, son estas organizaciones las que pueden aglutinar un conjunto de fuerzas capaces de generar el debate democrático y urgente que proponemos, pero se trata de un asunto complejo que merece un tratamiento específico en otro artículo. Aquí únicamente queremos plantear el tema de la biotecnología en sus coordenadas generales desde una perspectiva multidimensional y eminentemente sociológica, y ofrecer algunos elementos esenciales del debate. Habremos conseguido nuestro objetivo si, por encima de la opinión que de forma más o menos explícita recorre este texto, el lector siente la necesidad de profundizar en algunos aspectos de la problemática y de elaborar sus propias conclusiones.

Adenda

ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS DE BIOTECNOLOGÍA

Suponiendo que una probable mayoría de los lectores de esta revista de sociología no se halla familiarizada con los conceptos básicos de la biotecnología y que su conocimiento es condición indispensables para proceder al análisis sociológico, he considerado oportuno sintetizar en esta Adenda los elementos teóricos y técnicos imprescindibles para comprender los argumentos que desarrollo en mi artículo y que al mismo tiempo sirven de referencia para el conjunto de artículos que componen este número de la revista. Espero que los lectores y los colegas de las ciencias naturales perdonen mi atrevimiento y sepan disculpar las posibles deficiencias que pudieran descubrir en esta sintética exposición.

Usted y yo, el presidente de Microsoft y una bacteria, estamos formados por *moléculas*, por los mismos tipos de moléculas, que se constituyen por la combinación de media docena de elementos comunes: carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre. La biotecnología moderna opera a nivel de esta unidad fundamental de todo ser vivo, el molecular, en el cual todo funciona básicamente de la misma manera. De un modo general e introductorio podemos afirmar que lo que hace la biotecnología actual es descubrir y tratar de organizar con propósitos determinados las complejas combinaciones que se dan entre moléculas.

Gracias a las moléculas de las células nos desarrollamos desde huevos fertilizados hasta individuos completos que andan, respiran o discuten. La estructura química en la que se recoge y codifica la información necesaria para que la vida se reproduzca y perpetúe a sí misma es —con excepción de algunos virus— *el ADN (Acido Desoxirribonucléico)*, que se encuentra —salvo en las bacterias— en el núcleo de todas las células, y cuyos elementos básicos son tres moléculas enlazadas (azúcar, fosfato y base). El ADN es el material del que están hechos los genes, y posee dos propiedades extraordinarias: la capacidad de almacenar y transmitir la información genética que sirve

para la reproducción y funcionamiento de los seres vivos, y la capacidad de copiarse a sí mismo.

El ADN presenta la figura de una doble hélice enrollada en espiral, formada por dos largos filamentos configurados por una sucesión de estructuras químicas llamadas *nucleótidos*. Como se ha indicado, los elementos básicos de la composición química del ADN son tres moléculas enlazadas: azúcar, fosfato y bases (cuatro distintas) que contienen nitrógeno, denominadas guanina (G), citosina (C), timina (T) y adenina (A), siendo cada una de ellas complementaria de otra (A se asocia siempre con T, y C con G). Las barandillas de dicha escalera de caracol (hélice en espiral) son las moléculas alternas de azúcar (S) y fosfato (P), y los peldaños que las unen son pares de bases. Esta configuración del ADN fue descubierta en 1953 en la Universidad de Cambridge por James Watson y Francis Crick, y constituye el descubrimiento biológico clave para el desarrollo de la moderna biotecnología.

Las bases señaladas son las *letras del alfabeto genético* (G, C, T, A) y pueden estar dispuestas en una variedad prácticamente infinita de secuencias a lo largo de los dos filamentos que componen la molécula de ADN. Es el orden de las bases lo que contiene la clave de la información genética, de modo que una determinada secuencia de los pares formados por las cuatro letras (como ocurre con la sucesión de ceros y unos en el código binario de la informática) y su correspondiente longitud, deletrean un determinado gen, teniendo cada gen diferentes secuencias y longitudes. A su vez, los dos filamentos —complementarios entre sí— del ADN pueden separarse y cada uno de ellos reconstruye (por la interacción química sistemática de A con T y C con G) el filamento complementario. Por otro lado, las moléculas de ADN se replican fielmente a sí mismas en todas las células de un cuerpo vivo, de modo que todas tienen copias esencialmente idénticas de las secuencias personales del ADN que fueron combinadas desde la concepción del ser vivo y que se van replicando cada vez que una célula se divide. Para replicarse, las moléculas de ADN se separan por el centro y los filamentos separados se reconstruyen después utilizando sus propias secuencias de bases como contraparte o plantilla para construir sus otras mitades complementarias, de

modo que se producen dos copias idénticas del original.

Los genes, esa secuencia de información mediante nucleótidos dispuesta a lo largo de los filamentos del ADN, se agrupan en grandes bloques independientes denominados *chromosomas*. El número de genes varía enormemente de una especie a otra, por ejemplo, las bacterias tienen unos 5000 genes y los hombres unos 100.000, y cada especie cuenta con un número específico de cromosomas, en el caso de los humanos son 46 distribuidos en 23 pares, pero en el mosquito son 6 y en el caballo 64. Al conjunto de todo el material genético se le denomina *genoma*, el del trigo, por ejemplo, contiene unos dieciséis mil millones de bases, el humano unos tres mil millones.

Un gen, pues, es un segmento de la hélice del ADN que contiene una determinada información. Esta información consiste en instrucciones para producir diversas *proteínas*, es decir, todos los genes codifican proteínas, unos, los genes estructurales, las fabrican, otros, los reguladores, activan o desactivan los mecanismos mediante los cuales un gen estructural se traduce en una proteína que se sintetiza en el citoplasma celular. Si bien el ADN contiene y transporta la información genética, la función de formar las proteínas la desempeña un ácido nucleico similar, *el ARN (ácido ribonucleico)*, que es el que ejecuta las instrucciones codificadas en el ADN. El ARN arma las proteínas, de *aminoácido* en aminoácido, sirviéndose para ello de la información que le proporcionan los genes.

Todos los procesos y los productos de las células vivas dependen de las proteínas, cada una de las cuales tiene una función específica, desde activar reacciones químicas esenciales hasta transportar mensajes entre células y formar membranas celulares, tendones, sangre, huesos, etc. En definitiva, las proteínas son responsables de casi todas las propiedades distintas de una célula y las que provocan que un organismo tenga la morfología y funcionamiento que tiene. Todas las células de un individuo contienen los mismos genes y, por tanto, el mismo potencial genético, pero no el mismo destino, pues sólo una parte de ellos se expresa en un momento determinado, dando lugar a que una célula sea cerebral o cardíaca. Pero, a pesar de sus funciones distintas, todas las proteínas (el cuerpo humano contiene más de

30.000, cada una con una función específica) están construidas en forma de largas cadenas plegadas de moléculas más pequeñas (sobre todo aminoácidos, combinados de distintas maneras para producir las diferentes proteínas) que se tuercen, entrelazan y repliegan. El número, los tipos y la disposición de los aminoácidos de una proteína determinan su estructura, la cual a su vez determina la función de la proteína en el organismo.

Pongamos *un ejemplo simplificado* que ilustre lo que venimos describiendo: la peculiaridad del color de los ojos de cada individuo. Éste viene determinado por las instrucciones que portan los genes heredados de los padres, pero de forma más inmediata queda determinado por la cantidad de producción y distribución de cierto pigmento que depende de las reacciones químicas de ciertas proteínas (las enzimas). Si usted tiene los ojos azules es porque le falta la enzima que deposita pigmento en el iris. Y si quisiera que el color de los ojos de su futuro hijo fuera diferente, tendría que poder contratar los servicios, por ejemplo, de una empresa biotecnológica que fuera capaz de modificar los genes del recién concebido que portan las instrucciones, para que se produjera una acción enzimática distinta, es decir, que tuviera un patrón diferente de deposición de pigmento. Por ahora no debe preocuparse por esta posibilidad, pues no está al alcance de la ciencia, pero el ejemplo es válido para ilustrar los fundamentos de la biotecnología moderna, pues la microscópica planta de montaje que es la célula funciona de un modo similar en todos los organismos. En síntesis, el código genético es universal y cualquier célula de un organismo puede descifrar un gen y traducirlo a la respectiva proteína, mientras que lo que provoca las diferencias entre organismos y entre especies depende del número, especificación y combinación particular de los genes heredados o de los que artificialmente se le introduzcan.

La biotecnología utiliza estos mecanismos para tratar de modificar un organismo con un propósito determinado. El poder de la biotecnología se basa en su capacidad para discernir qué proteínas concretas se forman a partir de qué instrucciones genéticas específicas, y en disponer de técnicas que permitan manipularlas o recombinarlas con fines determinados. De donde se deduce que *Biotecnología* es

un término general que se aplica a diversas técnicas que utilizan la capacidad de los seres vivos para elaborar productos o proporcionar servicios. Ahora bien, lo que distingue a la biotecnología moderna de la tradicional no consiste en el principio común de utilizar varios organismos para obtener productos como el pan, el vino o ciertos derivados lácteos, que se basan en técnicas biológicas tradicionales. Lo nuevo tampoco es la alteración genética a través de la reproducción selectiva o la clonación de plantas por injerto. Lo específico de la biotecnología, en su acepción moderna, son las técnicas que aplica principalmente a células y moléculas para aprovechar los procesos biológicos descritos anteriormente con propósitos específicos.

Muchas de las técnicas que aplica se fundamentan en las propiedades naturales de varias células, genes y enzimas. La mayoría de ellas se agrupan bajo la denominación de *ingeniería genética*, que consiste básicamente en el conjunto de procedimientos que sirven para seccionar las moléculas de ADN, identificar determinados genes, empalmar trozos de ADN, duplicar genes y modificar organismos mediante la introducción o recambio de genes que le son extraños. La biotecnología ha perfeccionado mucho la capacidad de identificar, aislar, recombinar y almacenar los genes de diferentes organismos y especies desde que Stanley Cohen y Herbert Boyer consiguieron en 1973 aislar sendos fragmentos de ADN de dos organismos (un sapo y una bacteria) no emparentados (sin posibilidad de apareamiento) y los recombinaron para producir un nuevo *ADN recombinante*. Un ADN recombinante (quimérico, se podría decir), que es la herramienta más impresionante hasta hoy del conjunto de técnicas de la biología, es una secuencia nueva de ADN creada artificialmente en el laboratorio por la unión de genes procedentes de diferentes organismos. Para crear el ADN recombinante, primero se extraen las moléculas de ADN de una célula de un organismo donante, se corta y separa mediante enzimas de restricción un pequeño segmento de este material genético (un trozo de ADN, que contiene uno o varios genes) y se construye una molécula portadora o vector que contiene el gen o genes que interesan. A continuación, se implanta el vector en el organismo receptor, el cual (en principio, pues no existe una determi-

nación lineal y autónoma), se desarrolla y reproduce siguiendo las instrucciones contenidas en el gen insertado ¹². A los organismos cuyo material genético ha sido modificado de forma artificial (por ejemplo mediante el ADN recombinante) se les conoce como *organismos genéticamente modificados (OMG)*.

Gran parte de la investigación que permitió el avance de la biotecnología se centró en los organismos monocelulares más numerosos y variados, más adaptados a todos los entornos ambientales y más antiguos sobre la tierra: *las bacterias*, las cuales siguen desempeñando, junto a *los virus*, un papel principal en muchas de las aplicaciones de la biotecnología. En efecto, para producir ADN recombinante (el que ha sido modificado con la introducción de una nueva secuencia o gen de una especie en otra), se suelen utilizar como vectores o agentes transmisores los *plásmidos* de las bacterias y los *virus bacteriófagos*. Para que se entienda su utilidad técnica debemos señalar algunas características de ambos tipos de seres.

A diferencia del resto de los organismos, las bacterias carecen de núcleo, y el ADN se encuentra en un solo cromosoma o en círculos de ADN independientes llamados plásmidos. Tienen también la capacidad única de transmitir su información genética de modo horizontal entre individuos, y no sólo de forma vertical, por reproducción de generación tras generación, que es como lo hacen el resto de los organismos. Un *sistema de este tipo de transferencia* es el que se realiza por *transformación*: unas bacterias sueltan el ADN en su entorno y otras lo toman para incorporarlo a su propio ADN. Otro sistema, el *de transducción*, involucra a los virus, entidades que carecen de la maquinaria necesaria para su autoreproducción y necesitan invadir células vivas para utilizar su aparato metabólico y trastornarlo con el fin de que reproduzcan nuevos virus, los cuales, llegado el momento, romperán la célula y se dispersarán en el entorno. Los virus que se adueñan de las células bacterianas son denominados bacteriófagos. El sistema de transferencia genética entre bacterias a través de los virus se basa en que éstos son capaces de combinar fragmentos de ADN de las bacterias con el suyo y transportar ese material genético importado de una especie de bacteria hasta otra, infectando al tiempo a nuevas células. Por la capacidad de invadir y

modificar las células de otros organismos para que ejecuten sus instrucciones genéticas, los virus pueden ser vistos como ingenieros genéticos naturales.

Para defenderse de la invasión del ADN o ARN de los virus, las bacterias utilizan un grupo de *enzimas* denominadas *de restricción*, que tienen la propiedad de poder trocear las moléculas invasoras en determinadas secuencias de nucleótidos, con lo cual controlan la infección. Los científicos han descubierto más de 800 enzimas de restricción que utilizan como herramientas para separar fragmentos de ADN que serán posteriormente empalmados en el ADN (separado del mismo modo) en otras células, ya sean de individuos de la misma o de diferente especie, es decir, para crear un ADN recombinante.

Aunque el mundo de la biología y de las técnicas que aplica es mucho más complejo que lo expuesto hasta aquí, estos son los elementos básicos y los procedimientos más relevantes de la biotecnología y, en particular, de la ingeniería genética, que es la que ha centrado los contenidos de este anexo. Con ellos se producen OMGs para el cultivo de plantas y alimentos, se elaboran y administran fármacos, se eliminan genes causantes de enfermedades, se producen órganos de animales transplantables a los seres humanos, etc. La velocidad de los descubrimientos es asombrosa (se calcula que la información se duplica cada dos años y el conocimiento cada cinco) y los campos de aplicación no dejan de extenderse. Pero todo ello no puede ocultar el hecho de que, en la actualidad, la ingeniería genética no ofrece los niveles de precisión, seguridad y control que connota el término, siendo todavía el azar un componente inherente a la biotecnología, de modo que sería más adecuado hablar de tecnologías del ADN recombinante o de sastrería genética que de ingeniería.

NOTAS

¹ Las principales técnicas de la biología actual son la mutagénesis o alteración de genomas por irradiación o por medios químicos, la clonación molecular de organismos, la fusión celular, el cultivo de células, tejidos y embriones in vitro y, la más impresionante de todas ellas, las técnicas del ADN recombinante, que abren inmensas posibilidades de intervención en la modificación de los organismos vivos.

² Las aplicaciones actuales de la manipulación genética pueden distribuirse en tres campos. *En medicina y farmacia*: síntesis de compuestos como hormonas, antibióticos, interferón; xenotrasplantes al hombre de órganos cultivados en animales; cultivo de células madre para producir órganos humanos transplantables y para corregir enfermedades genéticas; terapia genética y mejora de rasgos físicos o psíquicos deseados. *En agroalimentación*: producción de nuevas variedades de estirpes (trigo, maíz, arroz, soja, tomates, por ejemplo) que sobrevivan a las adversidades ambientales de sequías y heladas; resistan a plagas y enfermedades; toleren herbicidas y plaguicidas; aumenten el rendimiento; incorporen propiedades alimenticias o curativas ajenas a la especie huésped; faciliten el almacenamiento, conservación y transporte; permitan el cultivo intensivo en espacios cerrados; productos lácteos, bebidas estimulantes y alcohólicas; animales con mejores propiedades y rendimientos. *En Medio Ambiente*: biodescontaminación (eliminación de residuos orgánicos y químicos, limpieza de vertidos de petróleo); producción de energía alternativa a los combustibles fósiles; bioabsorción (por ejemplo, del cianuro asociado al oro); construcción de bioindicadores o identificadores de determinados compuestos. Un listado de productos resultantes de la aplicación de la biotecnología puede verse en Muñoz, 1997: 35.

³ Para conocer de forma rigurosa y sintética las principales potencialidades y riesgos de la biotecnología, véase *La biotecnología al desnudo*, escrita por Eric S. Grace (1998) en un lenguaje de fácil comprensión y lectura.

⁴ En cuanto a las probabilidades de contaminación genética en la agricultura, cabe señalar que son mayores en los países del Sur, pues las principales especies agrícolas cultivadas proceden de ellos, en los cuales existen muchos más parientes silvestres a los que pueden colonizar.

⁵ Generalmente se consideran alimentos transgénicos a los organismos sometidos a ingeniería genética que se consumen directamente como alimento y a los que en su composición contienen un ingrediente procedente de un organismo transgénico, pero también se suelen incluir –aunque sea menos preciso– a los que se han elaborado utilizando en su procesamiento un producto auxiliar creado por ingeniería genética.

⁶ Casi la totalidad de las solicitudes y las aprobaciones de autorización para comercializar productos transgénicos por parte de la UE se concentran en plantas productoras de toxinas contra plagas de insectos, en las que resisten a determinados herbicidas, y en vacunas contra enfermedades de animales.

⁷ Por ejemplo, se ha comprobado el traspaso de genes modificados de la variedad de colza transgénica *Brassica napus* a su pariente silvestre *Brassica campestris*, la contaminación de maíz normal por el maíz transgénico BT-176 de Novartis.

⁸ Así lo han entendido los países menos desarrollados, como lo prueba el hecho de que, en la reunión de la FAO de junio de 1998 sobre plantas transgénicas, todos los delegados africanos –menos los de Suráfrica– rechazaron este tipo de cultivos y defendieron las prácticas de cosechas tradicionales. Véase al respecto el vol. 28, n.º 5 de la Revista *The Ecologist*. Existe, por cierto, una tra-

ducción española del mismo, impulsada por distintas organizaciones ecologistas en respuesta a las tremendas trabas de impresión y de difusión que puso la multinacional Monsanto para su habitual publicación en inglés.

⁹ La denominada por los críticos «tecnología terminator» constituye un ejemplo paradigmático de dicha tendencia progresiva hacia la dependencia y la monopolización de las semillas y su cultivo. Se trata de una técnica de modificación genética –oportunamente patentada y, ahora, propiedad de Monsanto– que impide que los frutos obtenidos a partir de las semillas tratadas puedan germinar, es decir, no es posible una segunda generación de la planta, son semillas estériles. Es difícil, desde luego, inventar una técnica más antinatural ni mejor diseñada para impedir su utilización (ya sea por parte de los pobres del sur o de los grandes agricultores del norte) sin el permiso de quienes la comercializan.

¹⁰ Para Rifkin (1999: 150), este «Cambio radical de la crianza a la naturaleza [como fuente de explicación de lo social] es atribuible, en parte, al intenso interés generado por el Proyecto Genoma Humano. (...) El motivo de buena parte de esta retórica, qué duda cabe, es político; quiere que la opinión pública se centre en los grandes beneficios potenciales que seguramente manarán del Proyecto Genoma Humano».

¹¹ Como señala Rifkin (1999: 214), más del 70% de las muertes en Estados Unidos y en otros países industrializados se pueden atribuir a las enfermedades de la riqueza, de modo que si bien los individuos muestran distintas susceptibilidades genéticas a tales enfermedades, la forma de vida y los factores medioambientales contribuyen grandemente a que se produzcan las mutaciones genéticas.

¹² La clonación sigue un procedimiento diferente, consistente en el trasplante nuclear: se destruye o extrae el núcleo de una célula de óvulo y se sustituye por el núcleo extraído de cualquier otra célula de un individuo, de manera que el óvulo desarrollará un nuevo organismo genéticamente idéntico al que proporcionó el núcleo.

BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, M.A. (2001): *Mitos de la biotecnología agrícola. Algunas consideraciones éticas*. <http://www.grm.es/avalla/mitos.htm>.
- BALLESTEROS, J., y ADAN, J.P. (coord.) (1997): *Sociedad y medio ambiente*. Madrid. Trotta.
- BEARDSLEY, T. (1991): «Genes inteligentes». *Investigación y Ciencia*, n.º de octubre.
- CATTON, W.R., y DUNLAP, R.E. (1978): «Paradigms, theories and the primacy of the HEP-NEP distinction», en *The American Sociologist*, n.º 13: 256-259.
- DUNLAP, R.E., y CATTON, W.R. (1994): «Struggling with human exemptionalism: the rise, decline and revitalization of environmental sociology», en *The American Sociologist*, n.º 25: 5-30.
- DURAN, A., y RIECHMAN, J. (1998): *Genes en el laboratorio y en la fábrica*. Madrid. Trotta.
- ECOLOGISTAS EN ACCIÓN: (2002): *Alimentos manipulados genéticamente*. <http://www.ecologistasenaccion.org/accion/biotecnologia/alimentos.htm>.
- FAO: *Declaración de la FAO sobre biotecnología*. <http://www.fao.org/biotech>.

- GRACE, E.S. (1998): *La biotecnología al desnudo*. Barcelona. Anagrama.
- MORENO, L.; LEMKOW, L., y LIZON, A. (1992): *Biología y sociedad. Percepción y actitudes públicas*. Madrid. MOPT.
- MUÑOZ, E. (1997): *Biología, industria y sociedad*. Madrid. Fundación CEFI/GABIOTEC.
- NEWMAN, S.A. (1989): «Genetic Engineering as Metaphysics and Menace». *Science and Nature*, vol. 9/10.
- RIDLEY, M. (2000): *Genoma. La autobiografía de una especie en 23 capítulos*. Madrid. Taurus.
- RIECHMAN, J. (1999): *Argumentos recombinantes. Sobre cultivos y alimentos transgénicos*. Madrid. Los Libros de la Catarata.
- SEASSON, A. (1998): *Biotecnologías aplicadas a la producción de fármacos y vacunas*. La Habana. Elfos.
- SHIVA, Vandana (1997): *Biopiracy: The Plunder of Nature and Knowledge*. Boston. South End Press.
- SOUTILLO, D. (1997): *La eugenesia*. Madrid. Talasa.
- VV.AA. (1998): «The Monsanto Files. Can we survive genetic engineering?». Monográfico de *The Ecologist*, n.º 28, septiembre/octubre (edición en español en enero de 1999).
- WILSON, E.O. (1981): *Sociobiología. La nueva síntesis*. Barcelona. Omega.
- WILSON, W.J. (1987): *The Truly Disadvantaged*. Chicago. Univ. of Chicago Press.