

El saber científico en la sociedad del siglo XXI

RICARDO TAPIA

La ciencia no busca el poder, sino el saber

No es exagerado calificar al moribundo siglo XX como el de la iluminación científica. La enorme mayoría de nuestros conocimientos sobre la estructura de la materia y sobre los fenómenos naturales, incluidos los procesos biológicos, se ha adquirido en esta centuria, gracias a la profesionalización de la investigación científica y a la retroalimentación que ésta ha recibido de los adelantos tecnológicos que, en una espiral de constante progreso, se han desarrollado a consecuencia de los propios conocimientos que la ciencia proporciona. Es así como las herramientas de la ciencia, desde los equipos analíticos y los instrumentos de observación hasta los métodos para almacenar y emplear la información obtenida, han permitido avances que pocos años antes parecían pertenecer al mundo de la más atrevida ciencia-ficción.

Todos los logros del conocimiento científico se hacen presentes en nuestra vida diaria de manera no sólo continua sino también abrumadora. No hay prácticamente ninguna actividad de la vida citadina —y aun de la rural— que no esté vinculada de una u otra manera con los adelantos tecnológicos contruidos sobre el cimiento que representa el mejor entendimiento de la naturaleza. Estamos tan inmersos en la ciencia y la tecnología, tan “naturalizados” con sus beneficios, que nos parece que las cosas siempre han sido como ahora, que desde siempre la esperanza de vida es de más de setenta años, que nunca ha habido viruela ni poliomielitis, que la comunicación inalámbrica instantánea a grandes distancias, los teléfonos celulares y la televisión a colores nacieron con el hombre, que el transplante de órganos

es un asunto trivial. Vivimos permanentemente inconscientes de que todo esto y mucho más se debe al progreso de la ciencia, al trabajo creativo de la investigación científica; tan inconscientes como lo estamos del trabajo incesante de nuestro sistema nervioso autónomo, que al regular la función de nuestras vísceras nos permite respirar, digerir y asimilar los alimentos, controlar la contracción muscular y llevar la sangre hasta la última célula del organismo, sin que tengamos que concentrarnos en ello.

Es quizá esta inconciencia, aunada a un rechazo generalizado a intentar entender todo lo que suene a ciencia y a la complejidad inherente a ella, lo que hace muy difícil que el método y el conocimiento científicos penetren en la sociedad y sean verdaderamente reconocidos como elementos determinantes del progreso. Mientras que las creencias religiosas y las pseudocientíficas, basadas en dogmas o en explicaciones sin sustento alguno, gozan de gran éxito en todas las capas sociales, el sólido conocimiento que, paradójicamente, permite a esos creyentes vivir más tiempo, más sanos y con mayores comodidades, es soslayado y a veces hasta acusado de deshumanizante o de producir calamidades.

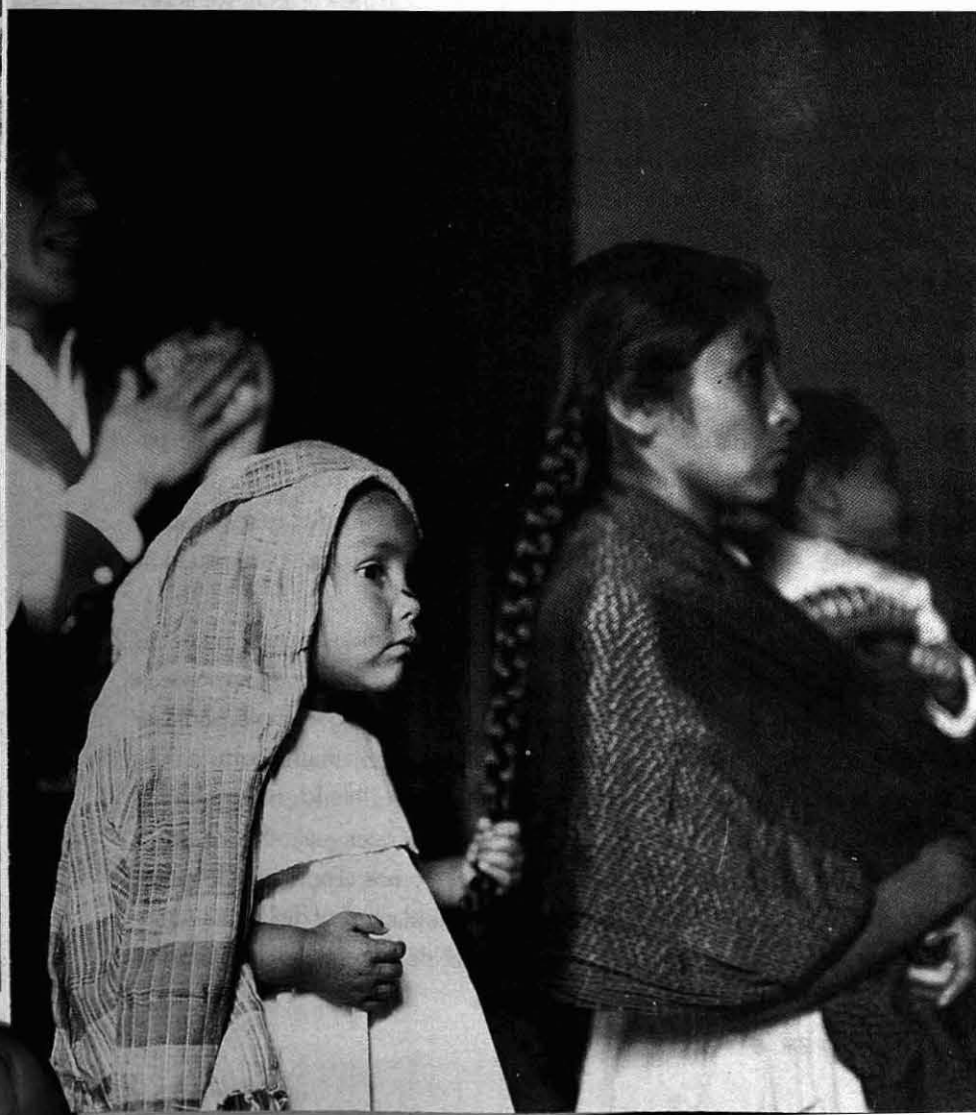
Por el contrario, estoy convencido de que una de las grandes calamidades de nuestro tiempo es precisamente la ignorancia de los temas científicos, ya que una enseñanza carente de información científica genera una cultura coja e incompleta que impide una visión global de nuestro tiempo y de nuestro entorno. Sin pretender que todo el mundo comprenda la estructura de los átomos, el principio de incertidumbre de Heisenberg, los fundamentos de la evolución de las especies, la doble hélice del DNA (ácido desoxirribo-

nucleico, por sus siglas en inglés) o las bases fisicoquímicas del potencial eléctrico que conducen los nervios, no me parece descabellado intentar que la sociedad, y en particular la población privilegiada con estudios superiores, tenga un mínimo abecedario científico. Este conocimiento sin duda le permitirá entender más cabalmente su propia existencia y su relación con su medio, y por consiguiente la capacitará para tomar decisiones con una visión mucho más clara y amplia de la realidad.

Lo anterior nos trae al nunca concluido tema de la divulgación de la ciencia y de la responsabilidad del científico para diseminar los conocimientos. Es curioso que, mientras que en la Edad Media y aun en el Renacimiento los sabios pertenecían a una especie de secta secreta a la que pocos tenían acceso, y se trataba de evitar que los no iniciados participaran de los conocimientos e inventos de la época, en los años postreros del siglo xx haya un gran deseo de que el mayor número de personas conozca los adelantos científicos. Sin embargo, si hace quinientos años ya era difícil que los descubrimientos fueran entendidos exactamente por la sociedad, actualmente resulta mucho más complicado, debido a la superespecialización que

el enorme progreso de la ciencia ha generado. Por ello, la comunicación de la ciencia se ha vuelto en extremo ardua, aun en el interior de la propia comunidad científica. Estamos atrapados así en un triple círculo que obstaculiza la difusión del conocimiento científico: el poco interés del gente por la ciencia, la gran atracción que siente por las explicaciones pseudocientíficas y por las charlatanerías, y la dificultad de traducir a un lenguaje accesible los conceptos científicos, cada vez más detallados y por lo tanto menos fáciles de ser integrados a un gran marco general de conocimiento. Han sido tantos estos logros que, recientemente se ha afirmado que lo más importante del conocimiento sobre la naturaleza ya se ha obtenido y que los miles de científicos activos en este momento en todo el mundo hacen más que trabajar en los detalles (J. Horgan, *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*, Broadway Books, Nueva York, 1997). Sin embargo, esto parece ser más bien parte de la idea, puesta de moda por el fin de siglo, de que hemos llegado al "fin de todo". Por ejemplo, además del libro señalado, en años recientes han aparecido *El fin de la historia*, *El fin de la física*, *El fin del trabajo* y *El fin de la naturaleza*.

Quizá la solución a esta problemática de la divulgación de la ciencia consista en identificar los más grandes adelantos de conocimiento científico e idear un modo de darlos a conocer en los libros de texto desde la escuela primaria e incrementar sus detalles en los de secundaria y preparatoria, antes de que en la enseñanza superior empiece la inevitable especialización. Así, no habría estudiante que al terminar el primer año de la preparatoria no se hallara familiarizado con las galaxias, los hoyos negros, los protones y los neutrones, la participación de los electrones en las uniones interatómicas, el mecanismo molecular de la herencia y de la evolución biológica, la ultraestructura de las células vivas, los circuitos neuronales y los neurotransmisores involucrados en la depresión y en la epilepsia, etcétera, etcétera. Sin embargo, para que tal enseñanza fuera útil, el conocimiento debería asimilarse verdaderamente como ocurre, por poner un ejemplo, con la multiplicación y la división. El objetivo sería lograr que, as



como nadie se asombra de que $8 \times 6 = 48$ —conocimiento que millones de personas emplean a diario—, tampoco nadie se quede perplejo cuando se hable de que la secuencia de A, C, G y T en la estructura del DNA es la responsable de la información brindada a las células para fabricar las proteínas que las caracterizan y para que esa información se transmita a las células hijas durante el proceso reproductivo.

Creo que solamente si desde pequeños se enseña a los niños el conocimiento científico y el valor que representa para la humanidad, se logrará cerrar ese abismo de la cultura que representa la ignorancia en cuanto a la ciencia. La experiencia prueba una y otra vez que si una persona no descubrió, comprendió y aplicó los conceptos científicos desde joven, con dificultades logrará aprehenderlos en la edad adulta, sobre todo porque la enorme mayoría de la población recibe desde temprana edad muchas influencias que la inducen a desdeñar la ciencia o incluso se oponen radicalmente a ella. Por ejemplo, trátase de explicar a un creyente en el alma humana o en el hombre como producto de creación divina, que la información genética del chimpancé es idéntica en 99.3% a la del hombre, lo cual prueba de manera irrefutable que tuvimos un ancestro común en la historia de la evolución de los primates. A continuación, plantéesele la posibilidad de que, gracias a los avances de la ingeniería genética, en el futuro será posible tomar un óvulo fecundado de chimpancé, sustituir el 0.7% de su genoma que es diferente al del hombre por el equivalente del genoma humano, implantar ese óvulo en el útero de una mujer y permitir que se desarrolle hasta producirse un nacimiento. ¿El producto de esto será un chimpancé o un hombre? Sin duda se generará un hombre, pero sin duda también el creyente se horrorizará y preferirá seguir pensando que no es cierto que los genomas del chimpancé y del hombre sean tan parecidos, o rechazará violentamente el experimento como uno de los daños que la ciencia puede producir, razón por la cual es preferible no seguir con la investigación científica y conservar los valores de sus creencias no científicas.

El ejemplo anterior es desde luego un ejercicio especulativo. Sin embargo, hace poco más de dos años ya se expresó una condena generalizada a la aplicación de los adelantos del conocimiento genético, con motivo de la primera clonación de un mamífero a partir de una célula adulta, la famosa oveja *Dolly*, por lo que no me parece que mi ejercicio carezca de bases (véase R. Tapia, "De genes, mentes y clones", en *Universidad de México*, núm. 557, 1997, p. 4,

y R. Lisker y R. Tapia, "Clonación en humanos", en *Ciencia*, vol. 48, núm. 3, 1997, p. 5). El punto que quiero recalcar es que, si la ciencia se integrara a la educación y a la cultura con el mismo esmero con que ello se hace en cuanto a otros aspectos del saber y la actividad humanos, la sociedad sería más sana y tolerante y menos supersticiosa e ignorante. Ésta sería una verdadera revolución científico-social.

Como he venido diciendo, lograr una real incorporación de la ciencia y su producto —el conocimiento sobre la naturaleza— a la sociedad es una empresa extraordinariamente difícil. Sin embargo, no por eso debemos abandonarla. Muy por el contrario, hemos de empeñarnos en diseñar, con imaginación y creatividad, nuevos enfoques y métodos para llevarla a cabo, como se hace en la investigación científica. Uno de esos nuevos enfoques podría ser la insistencia en que las explicaciones científicas de los fenómenos naturales son mucho más elegantes y bellas que las fantasías de la astrología y otras supercherías. En efecto, los conocimientos obtenidos por la ciencia describen a la naturaleza como un hermoso mundo real, no inventado sino descubierto, que ciertamente supera con mucho en originalidad e ingenio a las explicaciones sobrenaturales o pseudocientíficas tan en boga en nuestra sociedad actual. Consideremos, por ejemplo, lo que para muchos es el descubrimiento científico más importante del siglo XX: la estructura y el funcionamiento del DNA, la molécula que constituye los genes. Este conocimiento puso de manifiesto el mecanismo que permite a las células de absolutamente todas las especies existentes, desde las bacterias hasta las plantas y animales, realizar dos funciones fundamentales:

1) Conservar y expresar la información bioquímica que determina precisamente las propiedades particulares de cada especie: el hombre es hombre porque tiene genes de hombre, la hormiga es hormiga porque tiene genes de hormiga, y así para cada una de las especies vivientes.

2) Transmitir durante la reproducción de los individuos esa información a los descendientes, de manera que éstos heredan las mismas características que sus progenitores.

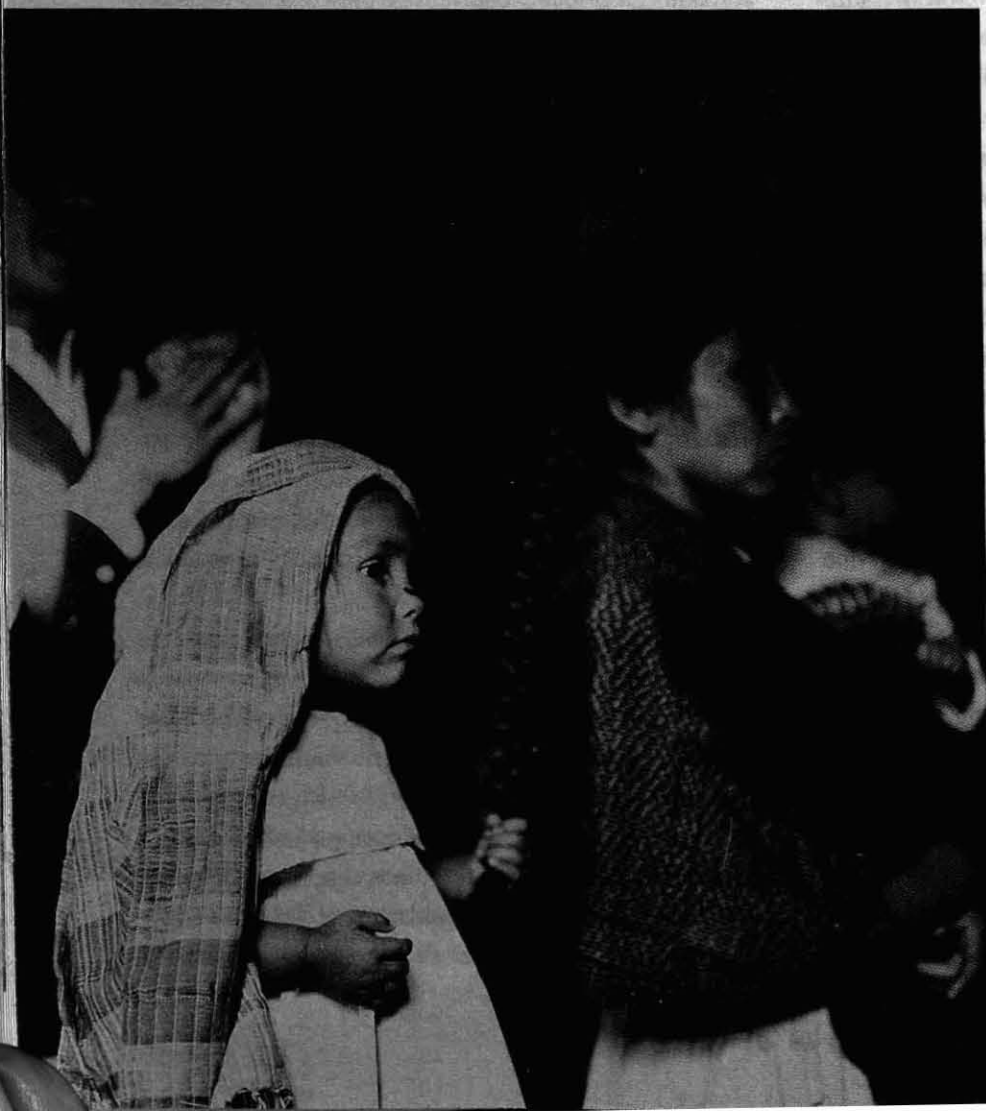
Lo más interesante para nuestro tema es que ya se sabe precisamente cómo estas dos funciones se llevan a cabo en términos bioquímicos, es decir en cuanto a la forma en que la molécula del DNA guarda la información, regula la expresión de la misma y la transmite a las células hijas durante la reproducción. Es por esto que, teóricamente hablando, ya sabemos cómo realizar el experimento, relatado

nucleico, por sus siglas en inglés) o las bases fisicoquímicas del potencial eléctrico que conducen los nervios, no me parece descabellado intentar que la sociedad, y en particular la población privilegiada con estudios superiores, tenga un mínimo abecedario científico. Este conocimiento sin duda le permitirá entender más cabalmente su propia existencia y su relación con su medio, y por consiguiente la capacitará para tomar decisiones con una visión mucho más clara y amplia de la realidad.

Lo anterior nos trae al nunca concluido tema de la divulgación de la ciencia y de la responsabilidad del científico para diseminar los conocimientos. Es curioso que, mientras que en la Edad Media y aun en el Renacimiento los sabios pertenecían a una especie de secta secreta a la que pocos tenían acceso, y se trataba de evitar que los no iniciados participaran de los conocimientos e inventos de la época, en los años postreros del siglo xx haya un gran deseo de que el mayor número de personas conozca los adelantos científicos. Sin embargo, si hace quinientos años ya era difícil que los descubrimientos fueran entendidos exactamente por la sociedad, actualmente resulta mucho más complicado, debido a la superespecialización que

el enorme progreso de la ciencia ha generado. Por ello, la comunicación de la ciencia se ha vuelto en extremo ardua, aun en el interior de la propia comunidad científica. Estamos atrapados así en un triple círculo que obstaculiza la difusión del conocimiento científico: el poco interés del público por la ciencia, la gran atracción que siente por las explicaciones pseudocientíficas y por las charlatanerías, y la dificultad de traducir a un lenguaje accesible los conceptos científicos, cada vez más detallados y por lo tanto menos fáciles de ser integrados a un gran marco general de conocimiento. Han sido tantos estos logros que, recientemente se ha afirmado que lo más importante del conocimiento sobre la naturaleza ya se ha obtenido y que los miles de científicos activos en este momento en todo el mundo hacen más que trabajar en los detalles (J. Horgan, *The End of Science: Facing the Limits of Knowledge in the Twilight of the Scientific Age*, Broadway Books, Nueva York, 1997). Sin embargo, esto parece ser más bien parte de la idea, puesta de moda por el fin de siglo, de que hemos llegado al "fin de todo". Por ejemplo, además del libro señalado, en años recientes han aparecido *El fin de la historia*, *El fin de la física*, *El fin del trabajo* y *El fin de la naturaleza*.

Quizá la solución a esta problemática de la divulgación de la ciencia consista en identificar los más grandes adelantos del conocimiento científico e idear un modo de darlos a conocer en los libros de texto desde la escuela primaria e incrementar sus detalles en los de secundaria y preparatoria, antes de que en la enseñanza superior empiece la inevitable especialización. Así, no habría estudiante que al terminar el primer año de la preparatoria no se hallara familiarizado con las galaxias, los hoyos negros, los protones y los neutrones, la participación de los electrones en las uniones interatómicas, el mecanismo molecular de la herencia y de la evolución biológica, la ultraestructura de las células vivas, los circuitos neuronales y los neurotransmisores involucrados en la depresión y en la epilepsia, etcétera, etcétera. Sin embargo, para que tal enseñanza fuera útil, el conocimiento debería asimilarse verdaderamente como ocurre, por poner un ejemplo, con la multiplicación y la división. El objetivo sería lograr que, a



como nadie se asombra de que $8 \times 6 = 48$ —conocimiento que millones de personas emplean a diario—, tampoco nadie se quede perplejo cuando se hable de que la secuencia de A, C, G y T en la estructura del DNA es la responsable de la información brindada a las células para fabricar las proteínas que las caracterizan y para que esa información se transmita a las células hijas durante el proceso reproductivo.

Creo que solamente si desde pequeños se enseña a los niños el conocimiento científico y el valor que representa para la humanidad, se logrará cerrar ese abismo de la cultura que representa la ignorancia en cuanto a la ciencia. La experiencia prueba una y otra vez que si una persona no descubrió, comprendió y aplicó los conceptos científicos desde joven, con dificultades logrará aprehenderlos en la edad adulta, sobre todo porque la enorme mayoría de la población recibe desde temprana edad muchas influencias que la inducen a desdeñar la ciencia o incluso se oponen radicalmente a ella. Por ejemplo, trátase de explicar a un creyente en el alma humana o en el hombre como producto de creación divina, que la información genética del chimpancé es idéntica en 99.3% a la del hombre, lo cual prueba de manera irrefutable que tuvimos un ancestro común en la historia de la evolución de los primates. A continuación, plántesele la posibilidad de que, gracias a los avances de la ingeniería genética, en el futuro será posible tomar un óvulo fecundado de chimpancé, sustituir el 0.7% de su genoma que es diferente al del hombre por el equivalente del genoma humano, implantar ese óvulo en el útero de una mujer y permitir que se desarrolle hasta producirse un nacimiento. ¿El producto de esto será un chimpancé o un hombre? Sin duda se generará un hombre, pero sin duda también el creyente se horrorizará y preferirá seguir pensando que no es cierto que los genomas del chimpancé y del hombre sean tan parecidos, o rechazará violentamente el experimento como uno de los daños que la ciencia puede producir, razón por la cual es preferible no seguir con la investigación científica y conservar los valores de sus creencias no científicas.

El ejemplo anterior es desde luego un ejercicio especulativo. Sin embargo, hace poco más de dos años ya se expresó una condena generalizada a la aplicación de los adelantos del conocimiento genético, con motivo de la primera clonación de un mamífero a partir de una célula adulta, la famosa oveja *Dolly*, por lo que no me parece que mi ejercicio carezca de bases (véase R. Tapia, "De genes, mentes y clones", en *Universidad de México*, núm. 557, 1997, p. 4,

y R. Lisker y R. Tapia, "Clonación en humanos", en *Ciencia*, vol. 48, núm. 3, 1997, p. 5). El punto que quiero recalcar es que, si la ciencia se integrara a la educación y a la cultura con el mismo esmero con que ello se hace en cuanto a otros aspectos del saber y la actividad humanos, la sociedad sería más sana y tolerante y menos supersticiosa e ignorante. Ésta sería una verdadera revolución científico-social.

Como he venido diciendo, lograr una real incorporación de la ciencia y su producto —el conocimiento sobre la naturaleza— a la sociedad es una empresa extraordinariamente difícil. Sin embargo, no por eso debemos abandonarla. Muy por el contrario, hemos de empeñarnos en diseñar, con imaginación y creatividad, nuevos enfoques y métodos para llevarla a cabo, como se hace en la investigación científica. Uno de esos nuevos enfoques podría ser la insistencia en que las explicaciones científicas de los fenómenos naturales son mucho más elegantes y bellas que las fantasías de la astrología y otras supercherías. En efecto, los conocimientos obtenidos por la ciencia describen a la naturaleza como un hermoso mundo real, no inventado sino descubierto, que ciertamente supera con mucho en originalidad e ingenio a las explicaciones sobrenaturales o pseudocientíficas tan en boga en nuestra sociedad actual. Consideremos, por ejemplo, lo que para muchos es el descubrimiento científico más importante del siglo XX: la estructura y el funcionamiento del DNA, la molécula que constituye los genes. Este conocimiento puso de manifiesto el mecanismo que permite a las células de absolutamente todas las especies existentes, desde las bacterias hasta las plantas y animales, realizar dos funciones fundamentales:

1) Conservar y expresar la información bioquímica que determina precisamente las propiedades particulares de cada especie: el hombre es hombre porque tiene genes de hombre, la hormiga es hormiga porque tiene genes de hormiga, y así para cada una de las especies vivientes.

2) Transmitir durante la reproducción de los individuos esa información a los descendientes, de manera que éstos heredan las mismas características que sus progenitores.

Lo más interesante para nuestro tema es que ya se sabe precisamente cómo estas dos funciones se llevan a cabo en términos bioquímicos, es decir en cuanto a la forma en que la molécula del DNA guarda la información, regula la expresión de la misma y la transmite a las células hijas durante la reproducción. Es por esto que, teóricamente hablando, ya sabemos cómo realizar el experimento, relatado

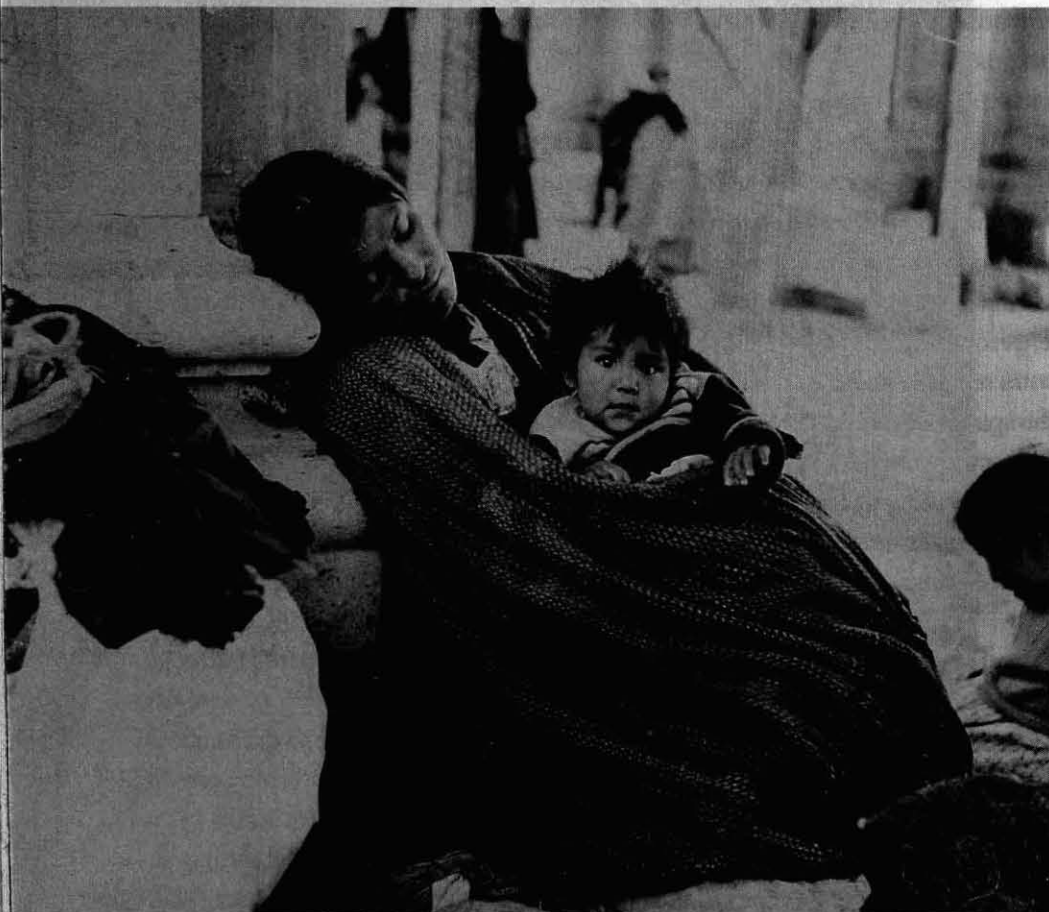
arriba, de sustituir parte de los genes del chimpancé por genes humanos. Además, este hermoso mecanismo químico de guardar, preservar y transmitir la información genética puede explicar otros importantísimos fenómenos de la biología celular, como la diferenciación de las células para formar tejidos y órganos durante el desarrollo de los individuos, o los defectos responsables de las enfermedades hereditarias, en las que uno o varios genes están alterados. Todo esto constituye la base de la ingeniería genética, que es el conjunto de procedimientos para sustituir o introducir genes en las células vivas, lo cual será en un futuro no muy lejano el tratamiento de enfermedades cuya causa reside en defectos genéticos, ya que éstos desaparecerán con la introducción de un gene no defectuoso. Por otro lado, debido precisamente al hecho de que la información genética es determinante de las características de las especies, el entender cómo esa información se expresa y regula ha proporcionado una explicación definitiva, coherente y bella, respecto a cómo han evolucionado las especies en el curso de la historia de la vida.

Sabemos aún muy poco sobre el funcionamiento de nuestro cerebro. Sin embargo, ese poco es suficiente para

asombrarnos también de la finura y la ordenada complejidad del sistema nervioso: una red de miles de millones de neuronas que se comunican entre sí de manera extraordinariamente precisa mediante pequeñas moléculas que funcionan como mensajeros químicos, los cuales son reconocidos por grandes moléculas colocadas de manera estratégica en la membrana de las neuronas receptoras del mensaje. Empezamos así a entender cómo las drogas, al actuar sobre estos mecanismos de transmisión y comunicación entre las neuronas, pueden sacar a un individuo de una profunda depresión, disminuir su ansiedad, curarlo de una epilepsia o producirle alucinaciones y un estado paranoico parecido a la esquizofrenia. Este conocimiento está abriendo el camino para diseñar nuevos fármacos que sin duda permitirán tratar con eficacia muchas enfermedades neurológicas y mentales para las cuales no hay en la actualidad ninguna terapia. ¿No es esto mucho más interesante y emocionante que creer en la posesión demoníaca, la brujería o la telepatía?

Creo que nadie podría dudar que, como se dice en términos literarios, la realidad de la biología molecular y de la química de las neuronas supera con mucho a la más ima-

ginativa ficción que se pudiera inventar para explicar la evolución de los seres vivos, el funcionamiento de los genes o la estructura de nuestro cerebro. Lo mismo se podría afirmar de las fuerzas que mantienen la estructura de los átomos de los enlaces interatómicos que resultan en la formación de las moléculas, del origen del universo o de la vida y muerte de las estrellas. Si muy pocas personas son insensibles a la belleza de las flores, la luna llena, una puesta de sol, una cascada, los paisajes nevados o el mar chocando con los acantilados, y otras muchas se emocionan también con la música, la pintura o la poesía, ¿no será posible apelar a su sensibilidad intelectual para que puedan percibir y apreciar también la hermosura y elegancia de la naturaleza a través del lente de la ciencia, y así se interesen en ella? ♦



Villa de Guadalupe, Ciudad de México, 1946