

File copy
Pan American Sanitary Bureau
Library

APR 15 1969

LA SALUD EN EL MUNDO DE MAÑANA

Tercera Conferencia
de la OPS/OMS
sobre Ciencias
Biomédicas

JOSHUA LEDERBERG



ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD

1969

LA SALUD EN EL MUNDO DE MAÑANA

Joshua Lederberg

*Tercera de la serie de Conferencias de la
OPS/OMS sobre Ciencias Biomédicas, pronunciada el
28 de marzo de 1968, en la Sede de la Organización
Panamericana de la Salud, en Washington, D. C.*

*Con una introducción del Dr. Abraham Horwitz,
Director de la Oficina Sanitaria Panamericana*



Publicación Científica No. 175

ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD
Oficina Sanitaria Panamericana, Oficina Regional de la
ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
525 Twenty-third Street, N. W.
Washington, D.C., 20037, E.U.A.

INTRODUCCION

Presentación en la Tercera Conferencia de la OPS/OMS sobre Ciencias Biomédicas, el 28 de marzo de 1968, en Washington, D.C.

Dr. Abraham Horwitz
Director, Oficina Sanitaria Panamericana

Hay quienes crean conocimientos y quienes los aplican. En la búsqueda de la verdad, aquéllos procuran definir la realidad con exactitud; los últimos esperan elucidar la necesidad de nuevos conocimientos. Quienes realizan investigaciones perciben los beneficios para la humanidad de los resultados de sus estudios. Quienes los aplican no sólo disfrutan del bienestar obtenido, sino que sueñan con los nuevos horizontes que podrían abrir otras investigaciones. Ambos son aspectos de un proceso continuo al servicio del hombre, un verdadero ejemplo de "complementariedad". Las ideas, los sentimientos y elementos en "contradicción aparente" tienen una mayor armonía real y son indispensables para interpretar fenómenos y estimular el progreso. Como lo explica muy bien Tuve, "la física moderna, inesperadamente, y en el mundo experimental del laboratorio, ha proporcionado una demostración inequívoca del carácter finito o limitado de nuestras posibilidades humanas de 'comprender' el mundo en que, sin pedirlo ni elegirlo, nos encontramos. El mensaje es claro y directo y nos induce a tener confianza, fe y humildad. *Hay* pues diferentes maneras, y maneras antagónicas también, por su misma esencia, de percibir el mundo que nos rodea y el que llevamos en nosotros, pero las verdaderas respuestas se estructurarán en términos compatibles con las preguntas que nos formulamos".¹

¹Tuve, Merle A. "Physics and the Humanities—The Verification of Complementarity". (Observaciones del Dr. Tuve al recibir el Tercer Premio del Cosmos Club.) Washington, D.C., 9 de mayo de 1966, pág. 16.

Y lo que es verdad con respecto a los seres humanos, lo es también para las sociedades y sus instituciones en el fomento del progreso. Con este criterio filosófico debemos evaluar la trascendencia de los objetivos de la Organización Mundial de la Salud. En el breve lapso de veinte años, se ha convertido en un verdadero foro para el intercambio de ideas relacionadas con la promoción de actividades en pro del mejoramiento de las condiciones de vida de la humanidad. Ha pasado a ser un instrumento de suma eficacia para la difusión de conocimientos que permitirán aplicar la experiencia positiva, obtenida en una comunidad, a otros lugares donde se manifiestan problemas, aunque de origen idéntico, en circunstancias diferentes. Al asesorar a los Gobiernos recomienda el empleo de técnicas de demostrada eficacia y adquiere nuevas experiencias que pueden ser de utilidad para otros países. Mediante un amplio programa de desarrollo de recursos humanos, ofrece oportunidades para quienes, respondiendo a una loable motivación espiritual, desean perfeccionarse a fin de servir mejor a sus semejantes. Tiene posibilidades cada vez mayores de investigar nuevos enfoques sobre los fenómenos que condicionan la salud y la enfermedad, ya se trate de la búsqueda de nuevas interpretaciones, métodos o soluciones.

Como parte de las actividades conmemorativas del Vigésimo Aniversario de la OMS, hemos dedicado esta Tercera Conferencia sobre Ciencias Biomédicas al tema seleccionado para el Día Mundial de la Salud: "La salud en el mundo de mañana". Nos cabe el honor de contar, como orador, con el Profesor Joshua Lederberg, quien se ha distinguido investigando la creación de la vida al mismo tiempo que ha procurado establecer una relación funcional entre la ciencia y las estructuras, tendencias y orientaciones de las sociedades y sus interacciones.

El Profesor Joshua Lederberg, como todos sabemos, recibió el Premio Nobel en 1958 por sus descubrimientos sobre recombinación genética y la organización del aparato genético de las bacterias.

En su disertación al recibir el Premio Nobel—Una visión de la genética—reflexionó acerca del contexto de la ciencia contemporánea en el cual la genética bacteriana puede entenderse mejor. "Es también oportuno"—dijo—"que la genética se reconozca ahora por su función crucial en la estructura conceptual de la biología y por sus valiosos aportes para la teoría y ejercicio de la medicina".² Al señalar la genuina

²Lederberg, Joshua. *Physiology of Medicine, 1942-1962*. Disertaciones con motivo del Premio Nobel. Elsevier Publishing Company. Amsterdam-Londres-Nueva York, pág. 615.

coalescencia de la genética y la bioquímica, para la creación experimental de la vida, considera que este es un ejemplo de la coordinación de tantas ciencias afines que constituirá un poderoso desafío para las facultades intelectuales de nuestros sucesores. Afrontamos la misma situación al tratar de comprender a las sociedades modernas e igual necesidad al determinar la relación y las influencias mutuas de diferentes ciencias, entre ellas, la biología, sociología y economía.

Al examinar el mundo de mañana, el Profesor Lederberg manifestó que “la cualidad única del hombre es su preocupación consciente por la historia. Cada hombre mira retrospectivamente a una tradición cultural que, sea que la entienda o no, ha moldeado su personalidad, su lenguaje, su capacidad de amoldarse al mundo exterior. Mira hacia el futuro en busca de una posteridad y a su alrededor a una comunidad de otros hombres con quienes su propia vida está inevitablemente en estrecho contacto.

La religión es esta conciencia de la especie, el discernimiento de que el hombre en el aislamiento completo no es nada, que su vida puede tener algún significado únicamente en comunicación, a través del tiempo y el espacio, con sus tradiciones pasadas y futuras y con sus semejantes”.³

Esta visión de la naturaleza humana, así como el evidente interés del Profesor Lederberg por el futuro de la humanidad, nos impresiona enormemente. El ha destacado el poder de la ciencia y de la tecnología en cuanto se relaciona con el hombre y su sabiduría y proclamado que la mayor inversión posible de las sociedades modernas se ha de destinar a la educación de quienes las integran. Hemos comprendido su concepto de educación como el proceso que cultiva la capacidad de cada ser humano para formarse y emitir juicios, es decir, para aplicar una escala de valores a los fenómenos de la vida social. Es en la universidad donde mejor se puede promover esta clase de educación, siempre que en ella se conceda más atención a los principios que a las técnicas; a las ideas fundamentales más que a los métodos; a los conceptos más que a los preceptos. En síntesis, la educación a que nos referimos debe dotar al estudiante de aquellas nociones que le permitan, en el curso de su vida, interpretar su propia experiencia en función de la realidad.

Mientras más procure una sociedad fundar sus decisiones en la opinión pública, mayor será la responsabilidad de los hombres de ciencia de

³Lederberg, Joshua. “Science and Man: The World of the Future”. En *The Washington Post*, sábado, 8 de julio de 1967, pág. A-13.

analizar, en términos lógicos y sencillos, todos los problemas que afectan a los seres humanos. Es una cuestión de ética, un verdadero imperativo moral, el cooperar con el poder político, a quien le corresponde tomar las decisiones para la consecución de los ideales y propósitos más nobles de cada sociedad. En los últimos veinte años se han realizado enormes progresos al respecto, pero estamos aún muy lejos de establecer una relación entre gobierno y ciencia que garantice que el interés nacional y el bienestar de la población prevalecerán.

Es precisamente en esta labor que hemos llegado a admirar al Profesor Lederberg, porque ha demostrado sabiduría y valor al analizar los asuntos más complejos de las sociedades de nuestro tiempo y por haber dilucidado el papel que le corresponde al científico como miembro de una comunidad, interesado en el bienestar del hombre.

¿Cuál es, entonces, su imagen de la salud en el mundo de mañana? Estimamos que la difusión de sus ideas en el contexto de la salud en el futuro inmediato, sería la manera más adecuada de celebrar el Vigésimo Aniversario de la Organización Mundial de la Salud.

Me corresponde la satisfacción y el honor de presentar a ustedes al Profesor Lederberg.

LA SALUD EN EL MUNDO DE MAÑANA

Profesor Joshua Lederberg
Jefe, Departamento de Genética
Facultad de Medicina, Universidad de Stanford
Palo Alto, California

Me resulta un tanto traumatizante encontrarme transplantado de mi *habitat* académico a este ambiente donde se orienta la política de salud pública internacional. Poco han durado mis intentos por desentenderme de lo que ello trae consigo. La mayoría de mis especulaciones guardan relación con los progresos más recientes de la biología en una sociedad que se dice adelantada, y tal vez parecerán muy alejadas de los enormes problemas contemporáneos que afrontan la Organización Mundial de la Salud y la Organización Panamericana de la Salud, entidades que me han invitado y bajo cuyos auspicios he venido en esta ocasión. Ahora bien, los Estados Unidos de América están comprendidos en la entidad "Panamericana", formada por países que se han unido para luchar por el progreso de la salud pública, muchos de los cuales sufren, sin duda, en alguna forma u otra, las consecuencias del subdesarrollo económico; en cambio, los Estados Unidos quizás constituyen en muchos aspectos una sociedad "sobredesarrollada". Tenemos problemas de hartazgo: demasiados automóviles, exceso de medicación, urbanización exagerada, comida sobreabundante, problemas que muchos otros países aspiran a compartir. Estos problemas adquieren una creciente importancia mundial a medida que avanza el desarrollo económico. Procuraré vencer la timidez, hasta cierto punto, a fin de exponer algunos problemas y perspectivas que en la actualidad tal vez sólo puedan parecer interesantes para los países de nivel internacional superior por sus adelantos y servicios de atención

médica.

Voy a referirme a la naturaleza de la revolución biológica y a la influencia que ejerce sobre nuestro concepto de la salud en el mundo de mañana, tema que en los últimos meses ha sido objeto de gran publicidad. Hoy día la opinión pública está mucho mejor informada acerca de los importantes adelantos que se registran en los laboratorios de los bioquímicos, virólogos y microbiólogos. Una de las conquistas científicas más importantes del siglo XX fue, indudablemente, la multiplicación del ADN en el tubo de ensayo, noticia que apareció en la prensa mundial en el pasado diciembre y que no fue novedad para los científicos interesados en la biología molecular en los cinco o diez años últimos. En realidad, cuando se divulgaron los experimentos del Profesor Kornberg, lo que sorprendió fue que se hubiera demorado tanto dicho resultado.

Los principios fundamentales que permitieron realizar esa proeza tan importante y técnicamente difícil se conocían muy bien desde hace diez años, por lo menos. En cambio, la demostración de que podía multiplicarse o, utilizando la expresión de algunos, "sintetizarse en el tubo de ensayo" un ADN biológicamente activo, dio origen naturalmente, en un campo de interés mucho más amplio, a especulaciones sobre la posibilidad de aplicar pronto esta clase de tecnología a la biología o la medicina. Pero la revolución biológica (y creo que es justo describir en términos revolucionarios las corrientes intelectuales de los diez o veinte años últimos) no consiste en realidad en adelantos tangibles que ahora repentinamente se hacen posibles mediante esa forma de "ingeniería de los seres humanos". La revolución biológica es de carácter filosófico y se funda en una nueva profundidad de los conocimientos científicos sobre la naturaleza de la vida. Es el tener conciencia de que si bien todavía existen muchos misterios sobre detalles relativos a la formación de las células ya se han descifrado los enigmas *fundamentales*; que se puede pensar en la creación de un modelo celular y de un modelo de vida, esencialmente en términos mecanicistas; que se pueden describir las sustancias esenciales que intervienen en el ciclo vital; que se han llenado las lagunas más importantes de nuestro conocimiento detallado sobre el proceso de multiplicación celular, sobre la forma como la célula transmite esa información de una generación a otra y como regula la síntesis de las proteínas en su desarrollo, y así sucesivamente.

Factor esencial de esta revolución ha sido el percibir la trascendencia singular del ADN, de la transmisión de informaciones del ADN al ARN y

de este a la proteína. Casi no tiene importancia conocer en detalle el significado de estos términos; lo importante es reconocerlos, saber que aparecerán una y otra vez en nuestra vida y en la vida de nuestros hijos; más importante aún, simplemente que esas sustancias pueden someterse a una investigación química minuciosa en el laboratorio y que la vida sólo puede conocerse en función de esas sustancias.

Es posible que estos elementos fundamentales para interpretar la vida, prescindiendo totalmente del vitalismo, se presten para formular algunas consecuencias filosóficas interesantes. Pero, ¿qué relación guardan con cuestiones tan concretas como la salud en el mundo de mañana? ¿Cuál podrá ser su impacto práctico para la salud pública? ¿Qué procesos deberíamos estar iniciando en el momento actual?

Ultimamente se ha puesto de moda hablar de “alteraciones del código genético”, de “ingeniería genética”, de modificar el ADN del hombre y de problemas éticos que pudiera plantear esa clase de intervenciones. Esas cuestiones de ética individual no intervienen por ahora en nuestras reflexiones sobre salud pública. Sin embargo, como diría el Senador Harris, existe un macroproblema detrás de los microproblemas que se acaban de mencionar. La repercusión principal que tiene la revolución biológica para la salud es la confianza de los hombres de ciencia en que acabará por encontrarse una solución técnica a cualquier problema biológico, ahora que hemos superado la barrera del misticismo en nuestra interpretación de los procesos biológicos. No ocurría así hace veinte años, cuando todavía teníamos apenas ideas vagas acerca del fundamento químico de la herencia. Si alguien preguntaba sobre la posibilidad de resolver algún día el problema del envejecimiento, sólo podíamos contestar en términos muy generales expresando la esperanza de obtener tras esfuerzos perseverantes, algún conocimiento de ese asunto. Ni siquiera podíamos afirmar confiadamente que los problemas de esta naturaleza perteneciesen sin reservas al dominio de la competencia humana. Creo que hoy nos encontramos en condiciones de expresar esa confianza. Hay centenares de experimentos, que apenas si necesitan comprobación en espera de realizarse; el problema radica en una plétora de hipótesis sobre los detalles relativos al proceso de envejecimiento, entre las cuales hay que hacer una selección, así como conseguir fondos y personal capacitado, actualmente escasos, para realizar los experimentos.

Estamos frente a un planteamiento filosófico tan novedoso que sostiene con certidumbre esta idea: dada una inversión determinada (que se

encuentra perfectamente dentro de los posibles recursos de las investigaciones de salud realizadas actualmente con apoyo gubernamental) el problema se resolverá, y conviene que empecemos a prepararnos para afrontar las consecuencias del buen éxito que se obtenga en ese y otros campos. En realidad, quizás deberíamos comenzar por establecer prioridades y atender primero no sólo los problemas más graves y urgentes sino también los que tienen soluciones que podemos asimilar con la mínima lesión a nuestros valores más arraigados.

El ejemplo más notable de lo anterior, sin duda, es el éxito de la salud mundial en la lucha contra la mortalidad en la infancia y en la niñez. En efecto, reaccionamos frente a un problema humano extremadamente urgente, pero no tomamos ninguna precaución respecto de nuestro propio éxito, y ahora nos encontramos con toda una nueva serie de problemas creados por las soluciones satisfactorias de los antiguos.

No tengo conocimiento de que se haya dedicado mucha atención a la forma de proceder que adoptaremos frente al éxito inevitable de nuestros programas de investigaciones médicas en problemas como el cáncer, las cardiopatías y el envejecimiento en general, lo cual es comprensible. Estamos tan preocupados por la solución de esos problemas sumamente urgentes y que a todos nos afectan, que el éxito parece ser casi inalcanzable.

Recuerdo una discusión sostenida hace cinco o seis años en la que traté de provocar a unos amigos cirujanos planteándoles el problema de cómo se enfrentarían con el éxito, que todos habíamos previsto, del transplante de órganos. Mientras no se logró esto, resultaba difícil pensar, ajustándose a la realidad, que el corazón de un individuo se transferiría a otro y, más aún, que el éxito de esa operación plantearía una serie de problemas nuevos.

Lograremos vencer las dificultades inherentes al éxito del transplante de corazones; acaso nos resulte más difícil superar los problemas que planteará la victoria total contra el envejecimiento, el cáncer y las cardiopatías, a menos que con anticipación nos dediquemos a pensar muy seriamente en lo que esta conquista supondrá para la naturaleza de la población en que vivimos y para la de nuestras propias vidas.

¿Será tolerable la vida sin la muerte? Este es, ni más ni menos, el fruto inevitable de nuestros conocimientos modernos sobre biología molecular.

En realidad en la política contemporánea no se excluye por completo la consideración de esas cuestiones. Los problemas médicos urgentes, como la insuficiencia renal crónica grave o incluso la insuficiencia cardíaca, tienen soluciones técnicas, ya sean inmediatamente visibles y aparentes o previsibles para un plazo muy breve; me refiero a los riñones y corazones artificiales. Nuestra experiencia con los riñones artificiales ha sido y es muy angustiosa, particularmente durante este período en que se obtienen éxitos técnicos que no se pueden aprovechar plenamente por deficiencias económicas y sociales. Sabido es que la disponibilidad de este método de resolver el problema del individuo cuyos riñones no funcionan está sumamente limitada por razones de orden económico, pues no se dispone de suficientes aparatos de esta clase, ni de hospitales y centros de atención médica donde puedan instalarse, ni tampoco se cuenta con bastante personal adiestrado ni con fondos para remunerarlo, todo esto en un país que se enorgullece de proporcionar el más alto nivel de atención médica.

No quiero decir que con los riñones artificiales se obtenga el mayor rendimiento de la inversión de nuevos recursos en medicina. Lo que deseo señalar es la imprecisión de los juicios valorativos para llegar a esas decisiones. Una inversión muy considerable habrá de hacerse en detrimento de otras necesidades y, por tanto, debemos preguntarnos si tiene máxima prioridad la prolongación de la vida de individuos que sufren de enfermedades crónicas o si deberían atenderse en primer lugar la higiene infantil, la educación y la nutrición preescolar, u otros problemas semejantes.

No tengo más objeción al debate actual sobre este tema sino la de que ni siquiera sus protagonistas lo plantean abiertamente; además, no se trata, desde luego, de una cuestión en que el público tenga participación alguna perceptible. Es de suma importancia informar a todos los ciudadanos acerca de esas posibilidades y hacerlos participar en la difícil tarea de determinar en qué se van a invertir los recursos y qué cualidades de la vida deseamos alcanzar en primer lugar con la solución de nuestros problemas médicos del porvenir inmediato. Y, en fin, ¿dónde se encontrará, si se llega a encontrar, la compensación de esas inversiones?

Abordaré ahora algunos "microtemas" sobre los que es entretenido e interesante especular; se trata de incursiones muy breves de un bioquímico al campo de la salud pública. ¿Qué aplicación inmediata podemos dar a nuestros actuales conocimientos sobre el ADN? Cuando me dirigía a esta sala se me ocurrió que tal vez no se había pensado lo suficiente en la

posibilidad de ampliar las fronteras de la biología molecular hasta los programas de salud pública en gran escala, a los que ustedes dedican tanta atención, energías y recursos. Mis colegas me indican que podríamos clasificar esos problemas en cuatro categorías principales: malaria, control de la población, malnutrición y abastecimiento de agua.

Como no pretendo ser experto en ninguna de esas materias, me resulta fácil especular acerca de ellas.

En relación con la malaria, la técnica principal es el control del mosquito mediante el rociamiento anual de casas con insecticidas químicos, procedimiento que debe repetirse mes tras mes o año tras año; en todo el mundo se dedican cuantiosas sumas de dinero en productos comunes, como el DDT. ¿Cuál es el presupuesto actual para estas actividades? Supongo que algunos centenares de millones de dólares al año, aunque tal vez exagero.

Estoy seguro de que no se ha dedicado una atención proporcional—por ejemplo, el 1 por ciento de ese presupuesto—a la posibilidad de adaptar los virus con el propósito de controlar el mosquito y menos aún a la producción de un virus para atacar al *Plasmodium falciparum*. Prácticamente está a nuestro alcance la posibilidad de manipular la composición genética de los virus.

Muchos procedimientos para abordar problemas de esta naturaleza no han salido todavía del laboratorio de investigaciones bioquímicas, no porque se trate de ningún secreto, ya que los investigadores divulgan sus descubrimientos con entusiasmo y sin reservas, sino porque siempre es insuficiente el financiamiento de experiencias como estas y queda un margen demasiado reducido para sostener investigaciones complementarias con la inventiva y amplitud que exige el problema.

Respecto a la malnutrición, tal vez pueda formular una sugerencia más concreta. Se trata de un tema muy confuso, que han complicado los especialistas al reunir una gran variedad de enfermedades distintas en una sola denominación. Cuando así se procede, la medicina y la salud sufren las consecuencias, y a mi juicio, eso es lo que ocurre en el campo de la malnutrición. En nuestra dieta hay unos quince o veinte ingredientes esenciales, cualquiera de los cuales puede faltar en la dieta de un individuo determinado. Hay nueve o diez aminoácidos esenciales, quizás media docena de vitaminas y varios minerales. La deficiencia de algunos de ellos

no constituye problemas importantes de salud, la de otros sí en muchas localidades, según sean los alimentos de que se disponga. Ahora bien, el problema de la deficiencia de lisina en una población no se resuelve suministrando cereales enriquecidos con sustancias que poseen gran cantidad de treonina, pero no de lisina, y viceversa.

En el abastecimiento aéreo de Biafra, la calidad de las remesas se medían en vidas por libra. ¿Se ajustaba científicamente esta medida a las verdaderas necesidades de una población en estado de inanición? ¿Sabemos cuál es el mejor régimen para salvar el mayor número de vidas durante esas situaciones de urgencia?

La malnutrición es, en realidad, un tipo bastante particular de carencia genética. Reconozco que estoy afirmando algo bastante extraño, que rara vez se expresa así, pero tengo que hacerlo para elaborar mis especulaciones. El hombre ha evolucionado a partir de precursores dotados de la capacidad de sintetizar todas las sustancias nutritivas esenciales obtenidas de fuentes de alimentos bastante simples. Hoy nos valemos de plantas que producen cada uno de los aminoácidos y cada una de las vitaminas. La necesidad que tiene el hombre de sustancias alimenticias específicas, aminoácidos y otras, puede considerarse como resultado de la evolución de un defecto en su estructura genética. Carecemos de toda una serie de genes necesarios para la manufactura de triptófano, lisina, treonina, etc. En cambio, esos genes se encuentran en otros organismos, en muchas bacterias, en la mayoría de las plantas, etc. Así, pues, conviene prever soluciones virológicas al problema de la malnutrición específica que en su conjunto tal vez resulten mucho menos costosas que mantener una agricultura capaz de producir una variedad óptima de aminoácidos.

En cuanto el problema se formula de esta manera, se pueden concebir las medidas siguientes: primero, tenemos que aprender de un modo tanto general, cómo injertar en los virus material genético de otro origen (y en verdad estamos muy cerca de conseguirlo). Luego hemos de aislar sólo una molécula de la información genética necesaria para la síntesis de triptófano de una célula de *E. coli*, o de una célula de maíz o de cualquier otra cosa; y entonces tenemos que introducir un virus portador de la información genética para la síntesis interna de triptófano en un niño genéticamente deficiente, como lo somos todos, en cuanto a la capacidad de producir ese aminoácido. Realizados esos trabajos preliminares (y no cabe la menor duda de que se realizarán en los próximos doce años o doce meses) tendremos que preguntar a nuestros sanitaristas internacionales si

resultaría más económico vacunar a todos los niños contra la malnutrición o enseñarles a ellos y a sus respectivas madres la manera de mantener dietas adecuadas y satisfactorias. No sé que nadie haya tratado jamás de obtener una subvención para este programa particular de investigaciones y no estoy seguro de que yo lo aprobaría si estuviera autorizado para ello. Pero quiero señalar que en esta clase de problemas de salud pública es posible aplicar los nuevos conocimientos de bioquímica.

También sería factible preparar virus para modificar las cosechas con el fin de incrementar su contenido de aminoácidos. Esta es simplemente una ampliación de las ideas que ya se están difundiendo poco a poco sobre el cultivo racional de plantas y la cría de animales para atender las verdaderas necesidades de la población, en lugar de producir simplemente más kilos por hectárea o más crema por litro de leche.

La población es, a mi juicio, un problema sumamente complejo con factores sociológicos y psicológicos de importancia primordial; tenemos que afrontar mucho más que los aspectos técnicos de la esterilización temporal. Sin embargo, el costo de la divulgación de esas técnicas es considerable en muchos países que necesitan desesperadamente una tregua para emprender el camino hacia la suficiencia industrial. Con la misma lógica que empleamos respecto a la malnutrición, tendríamos que producir un virus que simplemente redujera la fecundidad excesiva de la especie humana. En realidad, ya se conocen virus de este tipo general en algunos insectos y no entiendo porqué han de ser más inteligentes los insectos que nosotros para encontrar técnicas de planificación de la familia.

El examen de este problema requeriría los estudios más fundamentales acerca de la especificidad tisular de ataque de los virus sobre las células; pero las gónadas deben ser tan interesantes como el sistema nervioso central, punto al que generalmente se ha dirigido nuestro interés por la especificidad tisular.

Los problemas morales de los procesos sociales en materias tales como el control de la población ejercen ya una gran presión sobre nosotros. Las nuevas técnicas traerán sus propios problemas, aunque estos no serán demasiado diferentes de los que ya se nos han planteado. La infección en masa con virus es una extrapolación lógica de la adoctrinación colectiva con propaganda, sobre todo mientras la población tomada como objetivo carezca de la instrucción suficiente para formar sus conclusiones independientes y con espíritu crítico.

Pasando a otro punto: no he conseguido imaginar manera alguna de utilizar el ADN para producir agua. (Aunque tal vez ya he demostrado que puede emplearse para gastar saliva.) No obstante podríamos tratar de invertir el problema. La economía de un elemento fundamental como el agua es diferente de la que se aplica a una hormona o a un insecticida. Ahora bien, ¿qué tal si se disminuyera la necesidad de agua? Estamos en realidad hablando del cultivo de plantas alimenticias capaces de sobrevivir en condiciones climáticas más áridas y, no veo porqué no hemos de dar rienda suelta a la imaginación en esos dominios. Quisiera decir brevemente, y de una manera un tanto dogmática, que este es otro campo en el que se aprecia una falta considerable de fondos para investigaciones básicas relacionadas con las necesidades y beneficios más evidentes del ser humano.

¿Podría alguien negarme la validez y oportunidad de proyectos de esta naturaleza? ¿He dejado inadvertida la utilización actual e inteligente de la biología molecular en estos terrenos?

Hay muchas otras maneras de utilizar en beneficio del hombre los conocimientos sobre el ADN y, cuando llegue el momento, plantearán también problemas mundiales de salud. Ya he revelado parte de la historia en una de las fantasías sobre la aplicación de virus sintetizados para tratar la malnutrición. No obstante, el mismo principio al que aludí, por lo que se refiere a corregir la deficiencia genética a fin de lograr la síntesis autógena de aminoácidos, podría aplicarse a otras clases de defectos genéticos, como viene insistiendo desde hace algún tiempo el Dr. Stanfield Rogers, de Oak Ridge.

La aplicación más evidente de los nuevos conocimientos sobre el mecanismo celular de síntesis proteínica ya se ha iniciado de manera muy empírica con el aprovechamiento de las enormes posibilidades del trasplante de tejidos y órganos con ayuda de medicamentos inmunosupresivos. Los agentes que se emplean en la actualidad son, en su mayor parte, productos secundarios de las investigaciones sobre cáncer. Se ha observado incidental y empíricamente que estos medicamentos son bastante peligrosos porque inhiben las funciones titulares de la médula ósea, y algunos de ellos producen efectos particularmente tóxicos en las células que intervienen en la formación de anticuerpos y en el rechazo de injertos. Apenas comenzamos a tener una idea clara de los fundamentos de la formación de anticuerpos, y es muy probable que pronto obtendremos una explicación razonada del proceso específico que se desarrolla en la

inmunorreacción a tejidos extraños, fenómeno que actualmente dificulta los intentos de trasplante.

Por otra parte, no me parece que el trasplante de corazón llegue a ser en lo futuro la aplicación principal de esta técnica que, por supuesto, es importante y espectacular, pero prefiero alimentar la esperanza de que los corazones mecánicos vengán a resolver algunos de los problemas que nos plantea el propio éxito de esa técnica del trasplante. Además, quisiera señalar que el trasplante de órganos se considera, indebidamente, como una medida terapéutica un tanto heroica. Se piensa en sustituir órganos completamente lesionados, un riñón, un hígado inútil o en insuficiencia total, un corazón a punto de detenerse. Mucho más importante, en general, sería el empleo de trasplantes de órganos para afecciones de menor importancia. Si el hígado no produce bastante bilis, acaso conviniere reforzarlo con un injerto; si los riñones no funcionan satisfactoriamente y deben mejorar la eliminación del alcohol, quizá podría conseguirse un modelo superior; en un caso de hemofilia, tal vez habría que agregar al hígado otro lóbulo para producir factores coagulantes. Podría modificarse un temperamento inadecuado mediante otra glándula suprarrenal, tiroides o pituitaria, que desempeñara con más eficiencia sus funciones homeostáticas, y así sucesivamente. Hay muchas otras funciones menos espectaculares que pueden alterarse y en las que el trasplante será más fácil o, en particular, cuando se trata de órganos pequeños que producen sustancias solubles, en los que el problema de la integración en el sitio original no tiene tanta importancia; y no me cabe la menor duda acerca del campo en que realmente se desarrollará mayor actividad. El *Wall Street Journal* publicó hace pocos días un artículo que ilustra perfectamente mi punto de vista: es indudable que el injerto de cabellos a los calvos como yo será la principal industria del trasplante, una vez que se haya resuelto el fenómeno del rechazo por inmunidad. El conocimiento del código genético tiene, pues, algunas consecuencias maravillosas.

Se habla mucho de que estamos a punto de intervenir de manera inmediata y directa en la información genética; algo así como si pudiéramos penetrar en el huevo fecundado, descubrir algún nucleótido defectuoso o ausente, y sustituirlo por otro apropiado; como si tuviésemos medios de repararlo genéticamente *in situ* en el organismo en desarrollo. La idea es muy atractiva y yo quisiera poseer la inteligencia suficiente para hacer estos milagros. El problema no estriba en la intervención; no es difícil concebir procedimientos para sustituir, en lo futuro, un nucleótido por otro; el problema es ¿saber dónde intervenir! En el núcleo humano

hay unos cuatro o cinco mil millones de pares de nucleótidos, y si no acertáramos en la selección del apropiado, esos cambios harían más mal que bien. Me parece muy improbable que lleguemos a este tipo de intervención sin pasar primero por una serie de etapas importantes, por ejemplo, la manipulación de núcleos intactos, el intercambio de núcleos de un tejido a otro y de tejidos somáticos al huevo fecundado. Esto ya ofrecerá algunas posibilidades interesantes de reproducción vegetativa en el hombre como método de producir una nueva generación, que indudablemente continuaría funcionando paralelamente con las técnicas familiares actuales. No creo que deba rechazarse esta idea con demasiada ligereza como si se tratase de algo extraño y anómalo. No hay que olvidar que en el reino vegetal es común la propagación vegetativa, lo mismo que en muchas especies animales inferiores (podemos partir por la mitad a una lombriz de tierra y convertirla en dos), propiedad que se ha perdido con la evolución y la especialización biológica de los vertebrados superiores. Tal vez habrá quien se preocupe por las consecuencias que para la evolución pueda tener la falta de diversificación de genotipos (esa variedad que deriva de la recombinación sexual), pero esto sólo constituiría un problema grave si la reproducción vegetativa se apropiara de la incertidumbre que caracteriza la reproducción por el procedimiento actual.

Expongo estas reflexiones más bien como fantasía social que biológica; sugieren ciertas ideas estimulantes sobre la naturaleza de nuestra cultura, lo que tal vez ya sea suficiente para sostener su validez dentro del pensamiento biológico. La renucleación de huevos con núcleos procedentes de células distintas del mismo donante tendría como resultado final la producción de una clona de individuos con la misma constitución genética, idéntica a la del donante al momento de nacer. Pasamos luego a considerar profundamente la influencia que ejercen los distintos ambientes y las diferentes características hereditarias en la definición y el desarrollo de la personalidad humana. Llegaremos a ver cómo se desarrollan actividades para producir grupos de individuos genéticamente similares o idénticos, aunque no sea por otra razón que la de realizar experimentos para descubrir algo—por ejemplo, sobre la educación—que sólo sea posible de manera precisa mediante el control de la composición genética de los individuos sometidos a esos experimentos. En realidad, ya ocurre esto, pues tenemos mellizos y trillizos, si bien sólo contamos con esas clonas de manera demasiado esporádica para poder utilizarlas eficazmente en este tipo de experimentación con el ambiente; por otra parte, acaso fuese preferible buscar la manera de efectuar esas observaciones en clonas naturales, antes de profundizar excesivamente en su producción artificial.

No puedo imaginarme en detalle las repercusiones que tendrá la reproducción de clonas en la salud mundial; tal vez no se nos planteará el problema en gran escala; ignoro también si tendremos que enfrentarnos con él en los veinte próximos años de vida de la OMS. Pero estoy seguro de que es uno de los problemas característicos que habrá de afrontar la próxima generación de trabajadores de la salud mundial. Mi presuposición más osada es categóricamente optimista: existirá esa generación, a pesar de la amenaza de las armas nucleares (que todos conocemos y tememos) y de las pandemias (que también conocemos y de las que no hablamos lo suficiente). Es indudable que tenemos el deber fundamental de luchar por justificar ese optimismo.