

ASPECTOS FÍSICOS DE LA ENERGÍA NUCLEAR Y SUS COMPLICACIONES TECNOLÓGICAS Y SOCIALES

En cierta ocasión, al pedirle a Albert Einstein su opinión acerca de un físico al que no tenía en muy alta estima dijo: “Es asombroso lo mucho que sabe de física y qué tan poco de ella entiende.”

El tema que hoy nos ocupa, la energía nuclear, parece sufrir una situación semejante: ¡es asombroso escuchar cuánta gente habla acerca de ella y cuán poca la entiende en sus aspectos técnicos! Esto, que no es tan preocupante desde el punto de vista académico, se vuelve alarmante cuando vemos diariamente cómo medias verdades o falsedades completas se vuelven material amarillista para generar situaciones de histeria colectiva y demagogia con el concomitante riesgo de que perdamos toda posible objetividad sobre el tema.

Es por ello que, al aceptar la invitación que me hizo el comité organizador de este simposio para hablar ante ustedes, decidí organizar mi plática en dos partes:

Primero hablaré acerca de los aspectos técnicos fundamentales de la energía nuclear y para concluir trataré de exponer lo que llamaría yo el punto de vista de un científico acerca de la situación de nuestra civilización y la manera de prolongarla.

Nada me parece más apropiado para iniciar una plática en un simposio sobre explosiones nucleares que el hablar, aunque sea brevemente, de la más antigua, la más poderosa, la que tuvo lugar hace aproximadamente 10^{10} años y de la cual aún vemos remanentes al observar el cosmos. Me refiero, desde luego, a la explosión primordial, al “big-bang”.

Esta explosión, que dio origen al universo, se inició a partir de un espacio-tiempo gravitacionalmente colapsado a una singularidad y produjo, por algunos instantes, temperaturas superiores a 10^{29} °K.

En estas condiciones, los constituyentes fundamentales (los *quarks* y los *leptones*) de lo que fue después la materia, no tenían masa y eran indistinguibles unos de otros.

A partir de entonces el universo se fue enfriando y empezó a perder su simetría. Al llegar a temperaturas comprendidas entre los 10^{20} °K y los 10^{15} °K se conservaba la simetría entre las interacciones electromagnéticas y las débiles, pero las interacciones fuertes, las responsables de la formación de los núcleos atómicos, eran ya distinguibles.

Al continuar enfriándose el universo, se perdió toda esta simetría original y es como podemos ahora distinguir cuatro tipos de interacción:

- a) La interacción fuerte. Responsable de las fuerzas nucleares y la estabilidad de los núcleos.
- b) La interacción electromagnética. Responsable de la atracción o repulsión entre partículas cargadas y de la formación y estabilidad de los átomos y las moléculas.
- c) La interacción débil. Responsable de cierto tipo de decaimiento radiactivo.
- d) La interacción gravitacional. Mucho más débil que las anteriores pero responsable del origen de nuestro universo y de regir el movimiento de los billones de galaxias, estrellas y planetas que lo conforman.

La descripción unificada de los tres primeros tipos de interacción arriba mencionados está contenida en la teoría recientemente desarrollada de gran unificación (GUT). La incorporación de la gravedad a este esquema sigue siendo un problema abierto y forma parte de las llamadas teorías de superunificación.

En virtud de que la interacción electromagnética es la más conocida y de que sus manifestaciones forman parte de nuestra cotidiana experiencia, me limitaré a recordarles que es aquella que caracteriza a todas las radiaciones sin masa y que se propagan a la velocidad de la luz y que van del rango infrarrojo, pasando por frecuencias de la luz visible, al ultravioleta y hasta más altas frecuencias (o energías), para constituir la llamada radiación gamma. Todas estas radiaciones se propagan en "cuantos" designados genéricamente como fotones.

La interacción electromagnética es también la responsable de la formación y estabilidad de los átomos constituidos por un núcleo de carga positiva y electrones orbitales de carga negativa. El intercambio de cuantos electromagnéticos entre estos electrones y núcleos es lo que mantiene a aquéllos orbitando alrededor de éstos.

Para separar un electrón orbital de un átomo tenemos que suministrarle una cierta cantidad de energía (energía de ionización) que es del orden de ≈ 30 ev. (El electrón-volt es una unidad de energía que corresponde a 1.6×10^{-19} joules o sea a 3.8×10^{-20} calorías). Éstos son los órdenes de magnitud de las energías producidas en el proceso común de combustión. Es decir, de la energía atómica en el uso correcto de la palabra.

La interacción fuerte es la responsable de matener unidos a los neutrones y protones que constituyen el núcleo. Con excepción del hidrógeno que sólo contiene un protón en el núcleo, los núcleos ligeros contienen un número aproximadamente igual de neutrones y protones. A medida que ascendemos en número

de masa, los núcleos estables contienen más neutrones que protones. La razón para esto se debe, *grosso modo*, a que se requieren más neutrones para compensar la fuerza repulsiva de los protones en el núcleo.

Los neutrones y protones tienen una masa específica ligeramente diferente (los neutrones son un poco más pesados que los protones). Por otro lado, si sumamos las masas de las partículas constituyentes de un núcleo (nucleones) nos encontramos con que la masa obtenida de este cálculo es mayor que la masa experimentalmente encontrada para el núcleo de referencia. Debido al principio de equivalencia de masa y energía, postulado por Einstein en su teoría de la relatividad especial, este déficit de masa Δm , corresponde a una energía

$$E = (\Delta m)c^2$$

Podemos pues interpretar esta diferencia de masas como la energía liberada en la formación de un núcleo a partir de los protones y neutrones constitutivos. Esta energía, calculada por nucleón, se denomina energía de amarre y es también la requerida para reducir al núcleo a sus protones y neutrones constitutivos. Es, por consiguiente, una medida de la magnitud de las fuerzas nucleares.

La energía de amarre varía para distintos núcleos. Es mínima para los núcleos más ligeros y asciende rápidamente hasta llegar a un máximo de aproximadamente 9 Mev para los núcleos del cobre o el bromo (les recuerdo que 1 Mev = 10^6 ev = 1.519×10^{-10} Btu). A partir de estos núcleos que tiene un número de masa de entre 70 y 80 (la suma del número de protones y neutrones en el núcleo), la energía de amarre decrece gradualmente al aumentar la masa de los núcleos. Así, para el uranio la energía de amarre es de 7.6 Mev.

En promedio, la energía de amarre para cada nucleón es de 7.68 Mev.

Si tomamos ahora en cuenta que 1 kg de cualquier especie atómica contiene aproximadamente 6×10^{26} nucleones, entonces la energía liberada al formar 1 kg de materia nuclear es de $6 \times 7.68 \times 10^{26}$ Mev, es decir, 770×10 Btu. Esto es una cantidad enorme de energía. De hecho, sin embargo,

no toda esta energía es disponible cuando tenemos una reacción nuclear, puesto que las reacciones nucleares no se llevan a cabo haciendo chocar a los nucleones constitutivos para formar un núcleo dado.

Para ilustrar el punto y al mismo tiempo abordar el caso de la fisión del uranio tomemos como ejemplo el isótopo fisionable del uranio: ${}_{92}^{235}\text{U}$ (núcleo con 92 protones y 143 neutrones). Si bombardeamos este núcleo con neutrones lentos (de baja energía o "térmicos"), se forma lo que se denomina un núcleo compuesto de ${}_{92}^{236}\text{U}$. Al formarse el núcleo compuesto, la energía de amarre del neutrón absorbido es cedida al núcleo en forma colectiva y éste, a semejanza de una gota de agua, empieza a oscilar y a deformarse hasta

que se divide (fisiona) en dos fragmentos. Estos fragmentos no suelen tener la misma masa (de hecho el evento se realiza con una cierta distribución estadística, característica para cada material fisionable). En particular, si los fragmentos tienen tamaños comparables, números de masa comprendidos entre 100 y 125, los productos de fisión tendrán una energía de amarre promedio por nucleón de 8.5 Mev. Es decir, el déficit de masa en los productos de la fisión será de 8.5-7.6 Mev por nucleón. (La energía de amarre promedio por nucleón para los productos menos la energía de amarre promedio por nucleón para el núcleo compuesto de uranio.) Consecuentemente, el déficit total de masa en esta reacción será: $(8.5-7.6) \times 236 = 222 \text{ Mev/átomo}$.

Por otro lado, como había mencionado anteriormente, este déficit de masa es precisamente la energía neta liberada en la reacción nuclear de referencia. Como podemos ver, esta energía es millones de veces mayor a la liberada en los procesos atómicos de combustión (del orden de decenas de ev).

Una sutileza de esta reacción nuclear de fisión, que es de fundamental relevancia para el proceso denominado reacción en cadena, reside en que al formarse los núcleos productos de la fisión, estos núcleos contienen un exceso de neutrones que, debido a las fuerzas nucleares, hacen que dichos núcleos sean inestables. Es natural esperar que para lograr su estabilidad tiendan a emitir los neutrones que tienen en exceso amén de otro tipo de radiaciones a las que me referiré posteriormente.

El número de neutrones emitidos depende de la reacción en particular que tenga lugar. Es decir, del tipo de núcleos formados en el proceso de la fisión. Pero, para el caso de la fisión térmica del U-235, el número promedio de neutrones emitidos por fisión es de 2.5.

Como podemos ver, empezamos con un neutrón lento y un núcleo de U-235. Durante la primera fisión se producen 2.5 neutrones en promedio y productos de fisión con una energía liberada del orden de 200 Mev que se manifiesta principalmente como energía cinética de estos productos y así sucesivamente. Tenemos pues la posibilidad de una reacción en cadena con una multiplicación de tipo geométrico en el número de neutrones y energía total producidos.

Pero para que esta posibilidad sea realizable, debemos tomar en cuenta otros factores adicionales característicos de las reacciones nucleares. En efecto, no todos los neutrones que chocan con un núcleo de U-235 forman un núcleo compuesto, algunos de ellos son dispersados. Además, si un neutrón penetra al núcleo para formar un núcleo compuesto, éste puede fisionarse o bien decaer a un núcleo estable mediante la emisión de radiación eletromagnética. Todos estos posibles eventos son de naturaleza estadística (el núcleo compuesto, en particular, no guarda memoria de su proceso de formación) y la probabilidad para la realización de uno y otro se mide en términos de lo que

se designa como secciones eficaces. Éstas son características del tipo de núcleo que estemos bombardeando y dependen de la energía del neutrón incidente.

Como consecuencia de estos diversos canales de reacción, no todos los neutrones formados por la fisión contribuyen a producir nuevas fisiones. Algunos de estos neutrones se dispersan y otros son capturados y perdidos para la continuación del proceso. Así pues, para mantener una reacción en cadena, necesitamos suficiente material fisionable para compensar estas pérdidas. El mínimo requerido para mantener la reacción en cadena, es decir, para que se generen por el proceso de fisión al menos igual número de neutrones que los que se pierden debido a las otras reacciones competitivas, constituye lo que se denomina masa crítica.

Después de esta descripción muy breve y simplista de las interacciones nucleares y el proceso de fisión, quisiera tocar también ligeramente el otro tipo de interacción que aún no he discutido. Me refiero a las interacciones débiles.

Estas interacciones son las responsables del llamado decaimiento beta consistente en la emisión de electrones (o positrones) y antineutrinos (o neutrinos) por un núcleo.

Como había mencionado antes, si un núcleo tiene un exceso de neutrones o protones, este núcleo no puede ser estable. Un mecanismo para alcanzar un estado de estabilidad es (en caso de exceso de neutrones) la conversión de un neutrón a un protón en el núcleo emitiendo un electrón y una partícula neutra sin masa (o masa muy pequeña) llamada antineutrino. En caso de exceso de protones, algunos de éstos pueden convertirse a neutrones en el núcleo mediante la emisión de un positrón (electrón positivo) y un neutrino.

La interacción débil al igual que la electromagnética se manifiestan en el proceso de fisión al formarse núcleos inestables que tienden a decaer hacia estados de estabilidad mediante estos procesos.

Las energías de este tipo de radiaciones varían dependiendo de los diversos radionuclidos formados. Pero, dada la gran variedad de éstos, cubren un amplio rango del espectro. El proceso mismo del decaimiento es de índole estadístico y su valor promedio, medido en términos de vidas medias (el tiempo en el que los núcleos radiactivos decaen a la mitad de su número inicial) es característico de cada especie al igual que el tipo y energía de las emisiones.

He utilizado el proceso de fisión para ilustrar las diversas interacciones fundamentales que caracterizan a la física del universo. Pero he ignorado hasta el momento otro proceso que es aún más fundamental. Este proceso que se inició instantes después del origen mismo de nuestro universo y que continúa en los billones de estrellas que forman las galaxias y en nuestro Sol, es el proceso de fusión. ¡Éste es el responsable de la vida en la Tierra y de la bomba de hidrógeno!

En esencia, la fusión es un mecanismo de reacción nuclear inverso al de la fisión que describí anteriormente. En la fusión átomos ligeros como los isótopos de hidrógeno se combinan para producir átomos más pesados como el helio. Este fue el proceso que contribuyó, después de la explosión primitiva con que inicié mi plática, a la formación de los núcleos y átomos más pesados que encontramos actualmente en la Tierra y el resto del universo. También en el proceso que está teniendo lugar continuamente en las estrellas y nuestro Sol y de cuyo calor se originó y nutre la vida en este planeta.

La fusión se hace viable debido a que, según lo mencioné anteriormente, las energías de amarre por nucleón para los núcleos ligeros como el deuterio (isótopo del hidrógeno con un neutrón más en su núcleo) o el tritio (isótopo del hidrógeno con 2 neutrones más en su núcleo) son considerablemente menores que la energía de amarre por nucleón para el isótopo común del helio: ${}^4_2\text{He}$. Esto significa que la energía liberada para la formación de un núcleo de helio a partir de dos neutrones y dos protones es mayor que la liberada en la formación de dos núcleos de deuterio o un núcleo de deuterio y uno de tritio.

Consideremos en particular la reacción



La energía de amarre por nucleón para el deuterón es de 1.112 Mev. La energía de amarre por nucleón para el ${}^3_2\text{He}$ es de 2.573 Mev. Tenemos pues que el déficit de masa en la reacción arriba mencionada es

$$(3 \times 2.573 - 4 \times 1.112) \frac{\text{Mev}}{\text{átomo}} = 3.27 \text{ Mev/átomo}$$

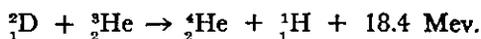
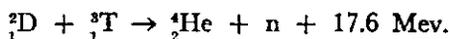
Este déficit de masa se manifiesta como energía liberada en la reacción en la forma de energía cinética de las partículas resultantes (núcleo de helio y neutrón).

Otra reacción importante en el proceso de fusión y la respectiva energía liberada es:



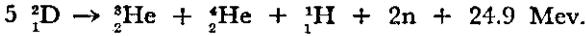
Esta reacción ocurre con aproximadamente igual probabilidad que la anterior.

Tanto el helio como el tritio producidos en estas dos reacciones pueden a su vez reaccionar con el deuterio. Los mecanismos de reacción y las energías liberadas son:



De estas dos últimas reacciones, la primera ocurre con mucha mayor probabilidad que la segunda.

Combinando los resultados de las tres primeras reacciones (que son las más probables) tenemos:



Tenemos, por consiguiente, que en promedio cada isótopo de deuterio es responsable de la producción de una quinta parte de la energía resultante, es decir, de 4.98 Mev.

Si comparamos este número con los 200 Mev producidos en el proceso de fisión, parecería que la energía producida por fusión es relativamente pequeña. Sin embargo, si hacemos la comparación por unidad de masa, la energía de fusión del deuterio es casi tres veces mayor que la energía de fisión del uranio o el plutonio.

Por otra parte el agua, que constituye las tres cuartas partes de la corteza terrestre, es también la fuente más abundante de deuterio. Cada kilogramo de agua contiene 0.03 gramos de deuterio, o sea 10^{22} átomos. La energía equivalente de estos átomos (4.98 Mev/átomo) es de 8×10^9 joules. Un reactor de fusión utilizando átomos de deuterio de un kilogramo de agua producirá energía equivalente a 270 kg de carbón o 240 litros de gasolina. Podemos hablar figurativamente de la fusión como el "quemado" de agua, puesto que la cantidad de ^2D que es removida de un kilogramo de agua es virtualmente despreciable, muy poca cantidad de agua es realmente "quemada". Más aún, puesto que los océanos contienen aproximadamente $1.5 \times 10^9 \text{ km}^3$ de agua, representan una reserva de energía en deuterio, basada en las cifras actuales de consumo mundial de energía, de 50×10^9 años. Evidentemente, solamente se requiere remover una fracción muy pequeña del deuterio de los océanos para proveernos de las necesidades energéticas contempladas para el futuro.

También es importante notar que la separación del ^2D del ^1H es considerablemente más sencilla y menos costosa que el enriquecimiento de uranio.

El panorama para el desarrollo de la fusión nuclear controlada no es, sin embargo, tan sencillo como parece. Para que las reacciones de fusión tengan lugar, requerimos poner en contacto núcleos de carga positiva que tienden a repelerse. Para conseguir su fisión necesitamos proveer a estos núcleos de velocidades suficientemente grandes para vencer la repulsión electrostática. Por lo tanto, para producir un número considerable de reacciones de fusión necesitamos calentar al "combustible" a temperaturas del orden de 10^6C . A estas temperaturas los electrones se separan completamente de los átomos

(se ionizan) y forman con los núcleos un estado diferente de la materia conocido como plasma.

Además, aunque en el Sol y las estrellas el campo gravitacional es suficiente para contener al plasma y mantener el proceso de fusión, el reproducir esta situación a nivel terrestre, requiere de otros mecanismos de confinamiento.

El calentamiento del plasma a las temperaturas requeridas para las reacciones de fusión y su confinamiento durante tiempos adecuados para obtener la energía deseada son los problemas de tipo científico y tecnológico que actualmente se están atacando en los laboratorios más importantes de todo el mundo.

Cabe agregar que en el caso de la bomba de hidrógeno, que es una reacción de fusión no controlada, el detonador es una bomba atómica y la inercia generada de esta manera en los isótopos del hidrógeno es lo que los mantiene juntos durante la fracción, en este caso mucho menor, de tiempo requerido para la detonación.

No ha sido la intención de esta primera porción de mi presentación el dormirlos para así pacificarlos y evitar que piensen en bombas. ¡Todo lo contrario! He pretendido mostrar en forma general la evolución de la conceptualización científica del hombre. En algo así como 20 000 años hemos pasado de la edad de las cavernas y la conceptualización egocéntrica del *Homo sapiens*, por una etapa geocéntrica luego una heliocéntrica y finalmente a una cósmica.

Desde nuestro punto de vista cósmico, vemos que la materia existe fundamentalmente en grandes unidades: las galaxias. Existen galaxias espirales, esferoidales, caóticas —como las nubes de Magallanes—; ¡miles de billones de ellas y cada una compuesta de muchos billones de estrellas!

Entre todas estas galaxias hay una en particular, llamémosla la número 5'000'000,005. Tiene forma de rueda al igual que muchas otras. Muestra también una estructura espiral. La mayor parte de los billones de estrellas que la constituyen están en su centro o en los brazos espirales que se extienden desde el centro unos 30×10^{15} kilómetros.

En busca de “nosotros” —ese animal que actualmente está batallando con su medio ambiente y consigo mismo— tenemos que salir del centro de la galaxia, a través de campos ricos en estrellas hasta cerca del borde de esta espiral en forma de rueda. A una distancia de 300×10^{15} kilómetros nos encontramos finalmente con una estrella amarillenta ordinaria y, girando alrededor de ella, un grupo de cósmicamente minúsculas partículas llamadas planetas y cometas. En uno de estos planetas —el número tres contando de adentro hacia afuera de la estrella central— ha tenido lugar un experimento interesante: ¡se formó la vida y, después de aproximadamente un millón de años de evolución, apareció el hombre con dos grandes lóbulos frontales que le han permitido comprender todo esto!

No obstante estos logros de nuestra civilización, ésta se encuentra en peligro inminente.

La civilización parece que tiene pocos amigos activos. Presumimos acerca de culturas nacionales de una manera indolente y con pocas expectativas de gratificación, y estas culturas nacionales en ocasiones nos estimulan a pensar acerca del futuro remoto de la humanidad. No obstante, el conjunto mundial de culturas en interacción que nos gusta llamar civilización, parece ocupar un *status* de bajo nivel en la mente y acciones de aquellos que piensan y actúan por encima del nivel animal.

Se ha generado una crisis en la carrera del *Homo sapiens*, que los hombres mismos han creado. ¿Debemos intentar ahora un rescate, o debemos de dejar la salvación, si es del todo posible, a aquellos grandes eventos fortuitos que también operan en las galaxias con sus billones de estrellas?

La supervivencia del hombre a nivel individual es asistida por un profundo instinto biológico. Batallamos naturalmente para vivir. La supervivencia de la familia es soportada por otro instinto menor también efectivo. Pero la supervivencia a largo plazo de los estados y culturas nacionales no es instintiva. Únicamente de una manera débil consideramos y planeamos conscientemente su continuación, y aun así principalmente como una extensión de los programas de supervivencia de los individuos y las familias.

No podemos ya escondernos y temblorosamente esperar a que el instinto y la casualidad benigna nos salven. La unión parece ser ahora esencial. Éste no es el momento, ni la superficie de la Tierra es el lugar, para un aislamiento biológico o social de las sociedades. La cueva del eremita se encuentra en camino a la extinción.

Aunque la supervivencia de al menos algunos especímenes de la raza humana para los próximos miles de años parece viable, esta seguridad no se extiende a nuestra presente civilización, la cual se encuentra actualmente en peligro por causas de una física fuerte y una sociología débil. Los científicos y diplomáticos conversos nos han estado recordando una y otra vez sobre los riesgos inmediatos. La potencia espantosa de la bomba atómica ha despertado súbitamente a la gente educada en todo el mundo hacia la necesidad de acciones sociales heroicas con el objeto de prevenir un muy poco heroico desastre físico.

A pesar de que aún sin guerras atómicas nuestra civilización urbana se encuentra en peligro de destrucción, la preocupación nacional se ha centrado acerca de la posibilidad de evaporización por explosiones atómicas o por quemado y envenenamiento debidos a los efectos de la radiación. De hecho es sorprendente que hasta la fecha los valores de la propiedad urbana no hayan caído drásticamente y que la rustificación de aquellos que sólo piensan en su propia seguridad no haya sido más pronunciada. ¿Por qué no hemos abandonado nuestras ciudades? La respuesta debe de estar en que el promedio de los entes humanos tienen una fe casi ciega en la ética fundamental de sus congéneres, cualquiera que sea su situación geográfica, cualquiera que sea

su condicionamiento por lenguaje o herencia social. Parece ser que el hombre también tiene fe en la habilidad de sus líderes políticos.

Esperemos que esta fe esté justificada, pero debemos recordarnos una y otra vez que el control de las bombas atómicas es un acto futil si los controladores no reconocen que muchas otras cosas —tales como cohetes dirigidos, bombardeo masivo con TNT, guerra con gases y microorganismos y otras máquinas semejantes del bien y el mal— deberán ser inteligentemente controladas si las culturas urbanas han de continuar. La bomba de hidrógeno es solamente un aspecto de nuestro futuro doloroso.

Puesto que nadie tiene planeado pelear una futura guerra con reserteras o pistolas de duelo, se sigue que las culturas humanas no puedan continuar refrescándose e inspirándose, como en el pasado, por la emoción personal de la batalla. Los implementos de destrucción masiva han alterado el panorama. Tenemos la opción: guerra o civilización. No podemos tener ambos. Llevará mucho tiempo al hombre volver a surgir de la oscuridad primitiva.

A los riesgos explosivos a los cuales nuestra civilización se encuentra actualmente expuesta, debemos desde luego adicionar aquellos otros procesos de exterminación masiva que arruinan tanto al campo como a la ciudad, al campesino igual que al trabajador de las fábricas. Me refiero a los agentes destructores de plantas y animales que clasificamos bajo el nombre genérico de guerra biológica. Sus efectos, si es que son usados y si defensas rápidas no pueden ser descubiertas, serían peores que aquellos debidos a la guerra atómica, ya que la rendición y un tratado de paz no suspenderían su destructividad. Su potencia y actividad continuarían desdeñando a cualquier arreglo político.

Estos grandes peligros para la humanidad han sido tan enfatizados en los últimos años que espero los acepten bajo el término de genocidio sin mayor argumento. Estamos fastidiados de contemplar los montones de escombros que representarían nuestras grandes ciudades; fastidiados también de contemplar la economía destruida, el ascenso de dictadores dementes, la ruina de la vida común y del hombre común.

La técnica del terror puede vender pasta dentífrica o jabón, pero no puede también vender rectitud a una escala internacional. ¡O a la mejor sí podrá! Pero volvamos por un momento al aspecto constructivo, al aspecto positivo, al aspecto optimista. Algunos de los nuevos dispositivos de la era atómica son tan potentes para el enriquecimiento de la vida humana como para su terminación.

La tecnología y la ciencia pura, si se les da la oportunidad, pueden hacer de la supervivencia cultural algo irresistiblemente deseable. Nos pueden tentar a minimizar, si es necesario, la importancia de nuestras naciones localizadas. Nos pueden inspirar a controlar nuestro orgullo nacional cuando es obstructivo al mantenimiento de la civilización mundial. Pueden enfatizar la

nueva interdependencia de las naciones y revelar que, en un nuevo mundo, muchos de aquellos llamados derechos soberanos no son tan derechos. La ciencia ha tenido experiencia en la amistad. Nos podría salvar si le damos una oportunidad completa.

La amalgama social suministrada por la ciencia y la tecnología, por la música y el arte, es en todos lados visible. Su poder cohesivo en una sociedad mundial pacífica podría producir una de las más finas construcciones del hombre moderno. ¿Qué tan lejos podemos ir, en los campos científicos? Esto es muy difícil de predecir, puesto que la profecía en estos días es miope en comparación con los logros. Sin embargo, sería deseable tener, para la próxima generación, un mundo rico que no haya sido descivilizado por la violencia incubada por el orgullo político.

Una actitud positivamente amistosa hacia la civilización organizada de manera expedita y continuamente mantenida, ciertamente no nos haría daño, y podría sobrepasar eventualmente nuestra dependencia en el balance tradicional de las diplomacias del poder. Pero el tiempo apremia. Tenemos por consiguiente que apoyar continuamente lo mejor en nuestro compromiso diplomático actual. Eventualmente el ultranacionalismo se volverá menos peligroso por ser menos discernible y por ser menos benéfico para dirigentes egoístas.

Con suficiente tiempo y buenas intenciones, los psicólogos, los psiquiatras y los antropólogos deberán poder llegar a explicar nuestras propias peculiaridades sociales y mentales y enseñarnos a entender y aceptar las tradiciones sociales y mentales de los otros. Mientras tanto hemos de enfatizar amistades persistentes y tolerancia —una mejor interacción a través de las fronteras, una mayor colaboración a través de las líneas políticas nacionales— hasta que finalmente las fronteras sean borrosas debido a tanto tráfico internacional.

La UNESCO tiene grandes ideas y grandes posibilidades. Pero, al igual que la Carta de las Naciones Unidas, sus programas pueden ser mejorados y mantenerse al día con el desarrollo y requerimientos de los problemas internacionales. ¿No será posible que podamos dar a la vanidad su valor adecuado y proceder a hacer todo lo necesario en la escala internacional que definitivamente no puede hacerse mucho mejor sobre una base regional? ¿Podremos establecer organizaciones, instituciones y programas que pertenezcan a los ciudadanos de todo el mundo y que sean soportados por sus buenas intenciones y sus impuestos? ¿No podemos atacar con metodología a nivel mundial muchos de los problemas que existen también a nivel mundial tales como el clima, la salud, la producción de alimentos, la oceanografía, la comunicación por radio, y la educación fundamental? Si la UNESCO recibe apoyo continuo y vigoroso de las naciones más poderosas y se mantiene realmente a nivel internacional y tan libre como sea posible de manipulaciones

burocráticas seguramente que podrá solucionar muchos de nuestros problemas futuros.

Después del control del hambre y la enfermedad y la eliminación de los deseos de guerra un programa a nivel mundial para la educación en todos los niveles me parece que es el modo más apropiado para prolongar una civilización en ascenso. Un programa de paz mundial a través de una ley mundial sería un principio importante. Esto quizá implicaría reescribir la Carta de las Naciones Unidas.

Pero aun sin el intermedio de las agencias de las Naciones Unidas, los científicos de todo el orbe, por ocupar una posición favorable en el mundo del conocimiento, tienen una clara responsabilidad para proveer de directrices. Ellos podrían ayudar a establecer el camino, recordando que son ciudadanos del mundo de todos los hombres y cesar de ser dominados por un ultranacionalismo que podría poner en peligro la civilización y desacreditar al mundo tecnológico que ellos han ayudado a crear.

M. ROSENBAUM