

Diálogos

Roald Hoffmann, hacedor de acertijos



Los collages son obra de Vivian Torrance y fueron publicados originalmente en *Chemistry Imagined*, Smithsonian Institute, Washington, 1994.

María de Jesús Rosales, Carlos Chimal y Miguel Angel Pérez Angón

El Dr. Roald Hoffmann, profesor del Departamento de Química de la Universidad de Cornell y ganador del Nobel en 1981 por su aportación al conocimiento de los mecanismos que operan en las reacciones químicas, estuvo en México invitado por la AIC y dictó una conferencia en nuestra institución. Roald Hoffmann es una figura peculiar no sólo por su manera de hacer ciencia, sino de pensarla y escribirla.

Querer acercar el arte y el conocimiento científico a través de una escritura expresiva conlleva riesgos y su efecto es doble. Al artista se le pide atemperar el verso (hay un momento en la descripción de un fenómeno visto bajo la lente de la ciencia que la prosa se vuelve uniforme, neutra,

como si quisiera ser invisible) mientras que al científico se le pide que pierda claridad (y tiempo) en una metáfora o una analogía. Hoffmann prefiere correr el riesgo y apuesta por una ciencia cualitativa y no cuantitativa. "Conocer sin ver", dice él, "está en el fondo de la química". Es la suya una escritura que aborda la poesía no sin sufrimiento y desatinos; una escritura que tampoco renuncia a la representación, a la expresividad y a la evocación, los tres requisitos indispensables para que un texto pase por literatura. Las malas traducciones siempre ponen "literatura" por "bibliografía". Pero, ¿puede haber tal cosa, una literatura científica? Georges Perec es un ejemplo del perfil que ha de tener el escritor científico de mañana. Hoy se parece al *bricolage* que ha armado Roald Hoffmann como químico, como teórico, como pensador y poeta.

La Dra. Ma. de Jesús Rosales es investigadora del Departamento de Química. Carlos Chimal, escritor especializado en ciencia, es miembro de la redacción de *AyP*. El Dr. Miguel Angel Pérez Angón es investigador y jefe del Departamento de Física.

Avance y Perspectiva (AyP): Aún hoy, mucha gente no está convencida de que la comprensión pública de la ciencia y la investigación están íntimamente relacionadas. ¿Cuál es su opinión a la luz de los problemas, algunos de ellos críticos, en la educación superior?

Roald Hoffmann (RH): Veamos... Esta pregunta tiene diversos niveles. ¿Por qué el público debe saber más de lo que hacen los científicos? Hay quienes creen que debemos enseñar más ciencia porque hay necesidad de producir más investigadores. Esto me parece pobre e inexacto. Estoy convencido de que siempre habrá jóvenes que deseen profundizar en esta hermosa forma de ver la naturaleza y entender el mundo que hemos creado. Pero eso no explica el éxito de la ciencia en los países desarrollados. En los Estados Unidos no tenemos ninguna escasez de científicos; padecemos, eso sí, una escasez de norteamericanos que deberían estudiar alguna ciencia. Los estudiantes extranjeros inscritos en química, por ejemplo, conforman el 35% de la matrícula, mientras que en ciertas áreas de la ingeniería alcanzan hasta el 85%. Pero, como quiera que sea, en Norteamérica tenemos una especie de regulador directamente relacionado con el crecimiento del PIB y tiene que ver con la fructífera tensión que se ha generado durante los últimos decenios entre la investigación pura y aplicada.

Hay otros que piensan que la población debe saber más ciencia y tecnología a fin de convertirse en mejores competidores de fuerzas laborales tan poderosas y efectivas como las de Japón o Corea del Sur. Esto tiene su valor y es explicable en un mundo globalizado, pero, me parece, la principal razón para educar personas que se dediquen a la ciencia tiene que ver con la democracia. De otra forma, si uno no entiende el mundo que lo rodea siente miedo; si uno permanece separado empieza a vivir alienado y a mostrar interés por explicaciones esotéricas y cultos irracionales que surgen por el deseo mismo de comprender.

La mayoría de nosotros no sabemos cómo funciona un auto moderno, es decir, entre más electrónica hay en un modelo menos sabemos porque nuestras posibilidades de arreglarlo en caso de descompostura o falla es nula. Eso causa insatis-

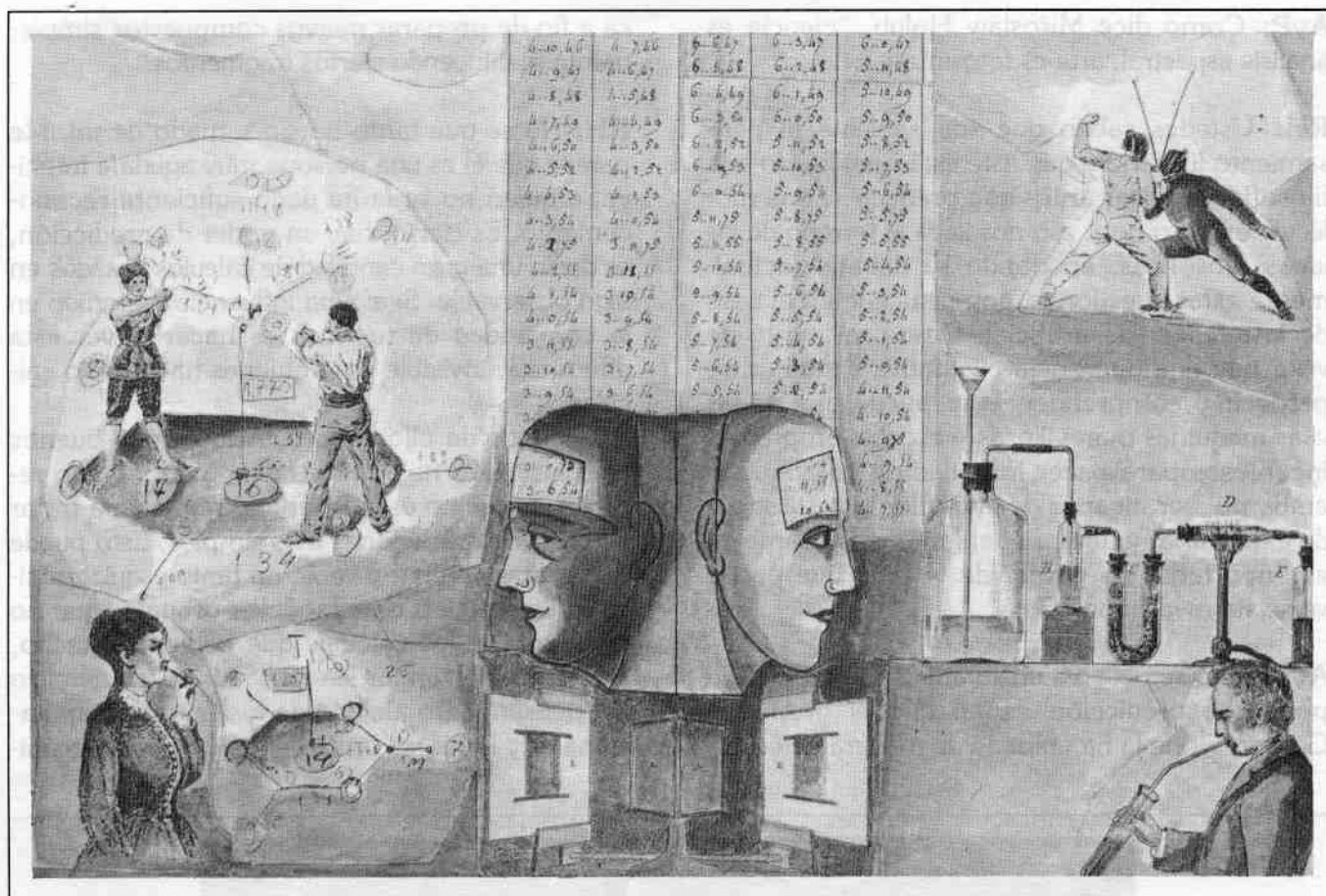
facción y deja un mal sabor de boca. Por otra parte están los charlatanes. Para cualquier tema que se nos ocurra siempre hay una opinión extravagante y llamativa de "otro" experto. Hay mucha gente que no cree que el CO₂ está causando un calentamiento de la Tierra o que el VIH origina el SIDA. Ustedes saben a quiénes me refiero, algunos de ellos son distinguidos científicos. En una sociedad democrática hay expertos para todo y, a menos que el contribuyente posea un conocimiento mínimo sobre las ciencias, siempre será manipulado por los expertos/políticos en su decisión de apoyar o recortar determinada investigación.

AyP: En una conferencia ante miembros del Banco Mundial usted mencionaba algo al respecto.¹ El papel esencial de la ciencia es democrático, ya que puede proporcionar herramientas y confort a un mayor número de personas. ¿Aún piensa que hoy puede ser así? ¿Hay una ciencia neutral?

R H: A algunos científicos les gustaría que lo fuera, que no tuviera ninguna carga ética. Pero debemos ser cuidadosos, pues en el momento en que aceptamos dicha neutralidad permitimos que la ciencia sea empleada para buenos y para malos propósitos, sin discreción. Cuando vemos esas escenas de la guerra en Chechenia, a todos esos guerreros fundamentalistas islámicos armados con bazukas y morteros, es claro que se trata de todo menos de ciencia. Y, al mismo tiempo, sí, porque a través de un artefacto tecnológico hay una conexión entre el asesinato y la ciencia. La ciencia, pues, no es neutral, la ciencia es lo que uno quiere que sea. Este es un asunto que preocupa a muchos personajes prominentes e intelectuales del mundo. Uno de ellos es el presidente de la Federación Checa, Vaclav Havel, quien ha lanzado discursos muy inteligentes criticando el papel de la ciencia y la tecnología.

AyP: ¿Piensa que otros artefactos menos letales, como la televisión, la radio, el video o el CDi han contribuido a elevar la comprensión en el aula?

RH: En realidad, poco ha cambiado en siglos. Puesto que enseñar es un acto creador, no es ne-



cesario más que un pizarrón, un poco de gis y un discurso envolvente (el borrador nunca funcionó).

¿Qué ha cambiado? Es claro que el proyector de acetatos ha tenido muchísimo mayor impacto en la enseñanza en los últimos años que la radio o la TV. Han estado entre nosotros los últimos 80 y 40 años, respectivamente, y su efecto ha sido paupérrimo. Tal vez para alcanzar comunidades muy alejadas sea mucho más útil, pero no en las universidades, es perder el tiempo.

En cuanto al CDi, creo que tiene más posibilidades porque aspira a uno de los fundamentos de una educación eficiente: la enseñanza individualizada. A través del programa interactivo la imagen del maestro se amplifica, muchos alumnos pierden el pánico escénico y puede aquél empujar a éstos un poco más, como no podría hacerlo en el aula. Es un hecho que aprenden mejor.

AyP: ¿Cómo ha afectado la computación la investigación en química?

RH: Para los sociólogos y filósofos de la ciencia debe ser muy interesante la manera como las computadoras se agregaron al instrumental químico, antes incluso que a la labor teórica.

AyP: Y la química teórica, ¿aumenta su importancia con la aparición del supercómputo? Por ejemplo, en química de *clusters* han aparecido recientemente artículos en los que se reporta un cálculo *ab initio* de un compuesto *cluster*, algo que no se había hecho con anterioridad.

RH: Así es. No me gusta mucho pero tengo que reconocer que está sucediendo.

¿Por qué no me gusta si yo mismo soy un químico teórico y esta disciplina, producto del cómputo electrónico, desempeña cada vez un papel más importante en toda las ciencias químicas? Porque es una ciencia excesivamente interesada en eso, en computar o en predecir, no en comprender. No es mi estilo.

AyP: Como dice Miroslaw Holub, "ciencia es análisis espectral, arte es fotosíntesis".

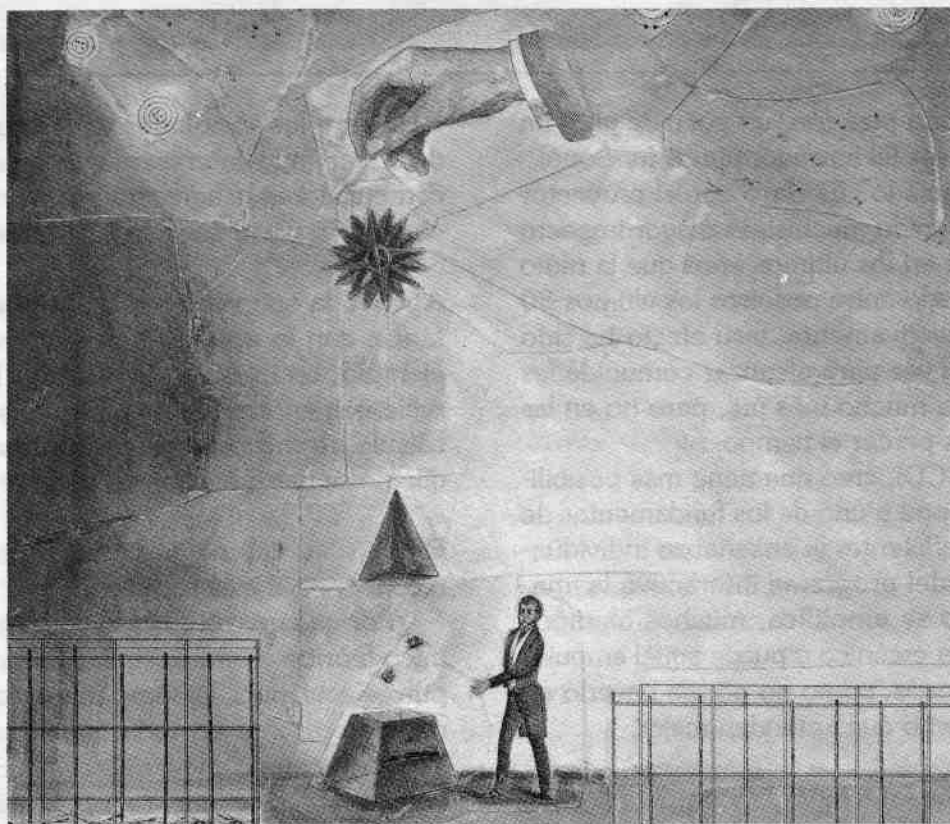
RH: Ustedes saben que soy sensible al pensamiento literario y que éste está muy ligado a la filosofía. Explicar antes que predecir si una molécula existe o no... eso nos lleva al terreno de las ideas filosóficas, en donde se debaten actualmente estas cuestiones, como sucede en el caso de la inteligencia artificial. Desde mi punto de vista hay una diferencia cualitativa y sutil entre predecir y comprender. Uno puede usar todas esas máquinas maravillosas y escribir programas ingeniosos para hacer infinidad de cosas y, sin embargo, ser incapaz de entender la sustancia y de explicar la naturaleza del fenómeno. También es importante no perder de vista lo que puede verse sin mediciones.

AyP: Esto se observa en su analogía isolobal. Su poder de predicción es tal que el grupo de Gordon Stone la ha utilizado de manera sistemáti-

ca a fin de preparar nuevos compuestos simplemente sustituyendo ciertos fragmentos.

RH: No sé qué tanto hayan tomado de mí. Me parece que él es una persona muy aguda e intuitiva, a quien no se le ha dado suficiente reconocimiento. Es cierto, hay un poder de predicción, es decir, una gran cantidad de cálculos basados en algo observable. Si alguna influencia he tenido en la comunidad de teóricos es hacerles ver esta diferencia, invisible para quienes hacen sólo cálculos.

Algunos de ellos hacen incluso muy buenos cálculos, pero no van más allá. Y es cuando reconocen que no es suficiente y regresan a tratar de buscar explicaciones más simples. Esto puede convertirse en un ir y venir, un tanto esquizofrénico, y llevarnos a usar modelos orbitales que no surgieron de los cálculos que habíamos hecho, esto es, a interpretar sin claridad. Es un ejercicio del pensamiento alejado de los temas computacionales y la fuerza bruta de los cálculos mecáni-

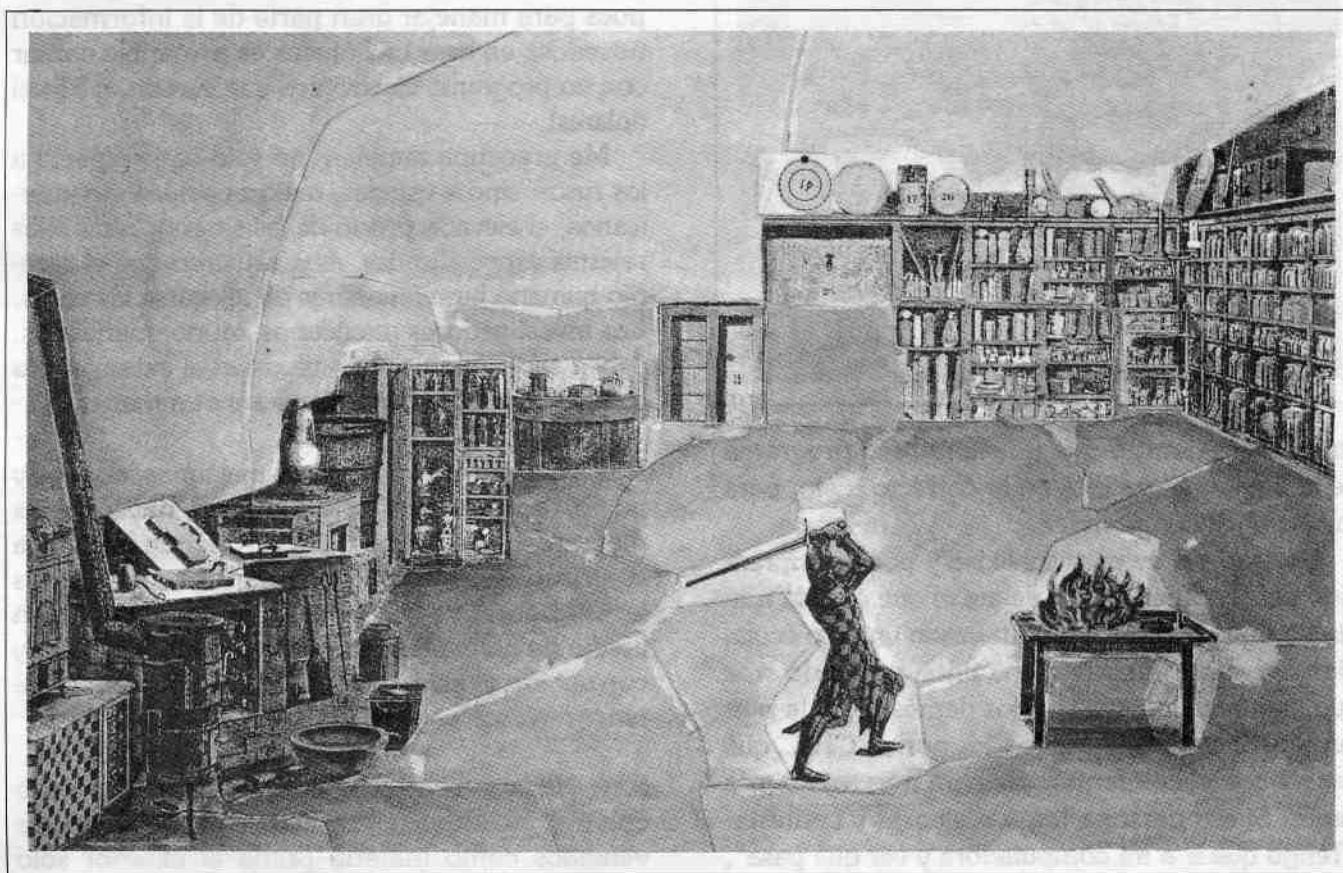


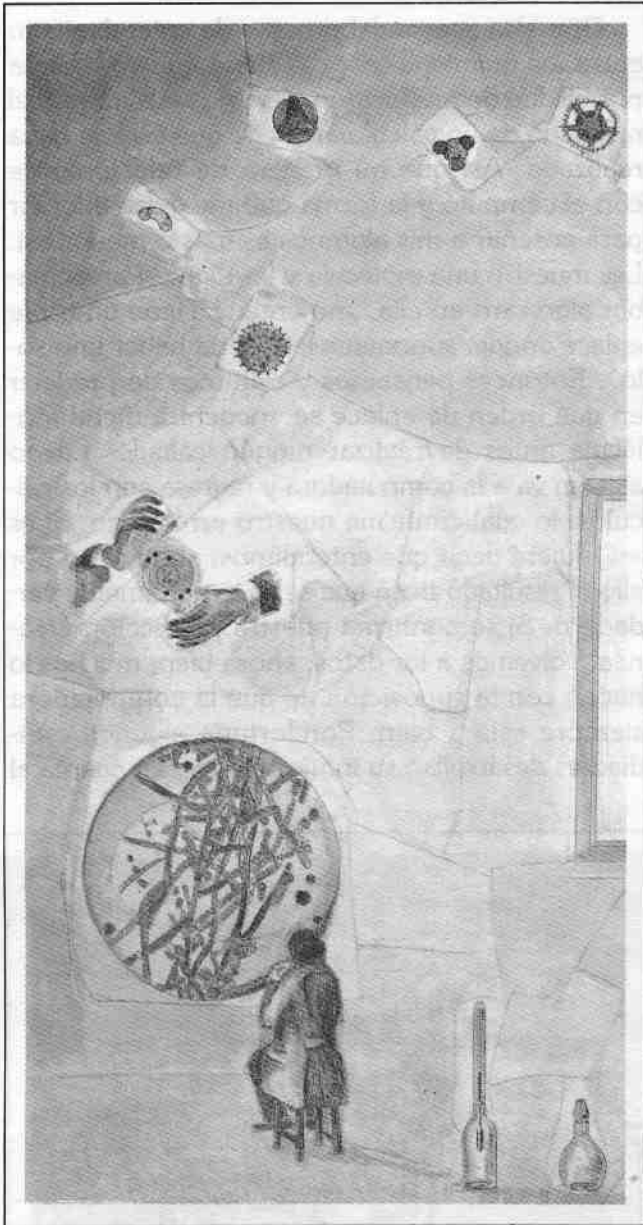
cos. La química tiene que ver con cualidades y tendencias.

AyP: Los demás esperan de un químico teórico que les arroje luces por el camino. ¿Cómo hace usted para enseñar que una cosa es computar cálculos e incluso intentar predecir nuevas moléculas, y otra buscar la comprensión de la naturaleza?

RH: Primero quiero esbozar mis dos ideas acerca de lo que significa comprender. La primera es de índole fisicoquímica y simplemente reconoce que las propiedades de la materia están determinadas no por uno, sino por varios factores. Nos permite conocer la combinación de diferentes mecanismos físicos responsables de los procesos que observamos y estimar un orden de magnitud. Ahora bien, es importante obtener un número cierto, pero lo es más saber en qué momento un proceso equis deja de ser operativo. Reconocer esa ruptura significa comprender.

Otra idea acerca del proceso de entendimiento entre los químicos teóricos tiene que ver con la posibilidad de predecir en términos cualitativos el resultado de un cálculo antes de que éste se haya realizado. Así que mi manera de relacionarme con el cómputo y la forma que me gusta adoptar para enseñar a mis alumnos es más o menos así. Les muestro una molécula y les digo: "Parece haber algo raro en ella, ¿no creen? Tiene un triple enlace donde, suponemos, debería haber uno solo". Entonces pensamos y tratamos de predecir en qué orden de enlace se encuentra dicha molécula antes de realizar ningún cálculo. Luego alguien va a la computadora y regresa con los cálculos, lo cual confirma nuestro error o no. Si es así, quiere decir que entendimos, aunque no por ello el resultado tiene que ser necesariamente verdadero. Si se confirma nuestra predicción errónea, volvemos a los datos; ahora bien, muchos lo hacen con la suposición de que la computadora siempre estará bien. Por fortuna algunos estudiantes desarrollan su intuición y se dan cuenta al





cabo de un tiempo que no siempre el programa de la computadora está en lo correcto. Esto, para mí, significa comprender.

Un ejemplo de predictibilidad y poca comprensión del fenómeno es el de aquel que calcula mediante un programa computarizado una molécula, digamos, un colorante o una tinta, y cuando cree que está bien lo lleva con los demás. Uno le pregunta: "Si cambiamos este CH_3 por un CH_2 , ¿qué pasará con el colorante? ¿Se hará más rojo o más azul?" Si esa persona toma sus cosas y contesta: "Tengo que ir a mi computadora y ver qué pasa",

esa persona no entiende.

AyP: ¿Quién es, pues, un pensador?

RH: El *bricoleur*. Es este un concepto de Levi-Strauss que François Jacob introduce en la evolución de las especies. El pensador es la persona en los pueblos primitivos que hace *bricolage*, el que compone y remienda todo con los materiales que tiene a la mano a fin de mantener la supervivencia de la comunidad.

AyP: ¿Piensa, como algunas otras personas, que, a pesar de todo, la computación potencia la vida democrática?

RH: Sin duda, aunque no deja de ser interesante observar cómo cambian las cosas. Permite, digamos, a un investigador ruso equipado con una computadora y una línea a Internet un acceso más o menos razonable a bibliotecas que de otra manera difícilmente podría visitar. Pero al mismo tiempo genera nuevos problemas de desigualdad, pues para manejar gran parte de la información novedosa en esas bibliotecas es preferible contar con un programa electrónico que cuesta... ¡10 mil dólares!

Me preocupa también, no sólo con respecto a los rusos, sino a ustedes, mexicanos y latinoamericanos, el elevado precio de las suscripciones a las revistas especializadas. Aun así, creo que el ingenio humano busca maneras de allegarse las cosas. Los investigadores mexicanos, latinoamericanos, deben saber que tienen amigos en el extranjero, a quienes pueden recurrir de una u otra manera.

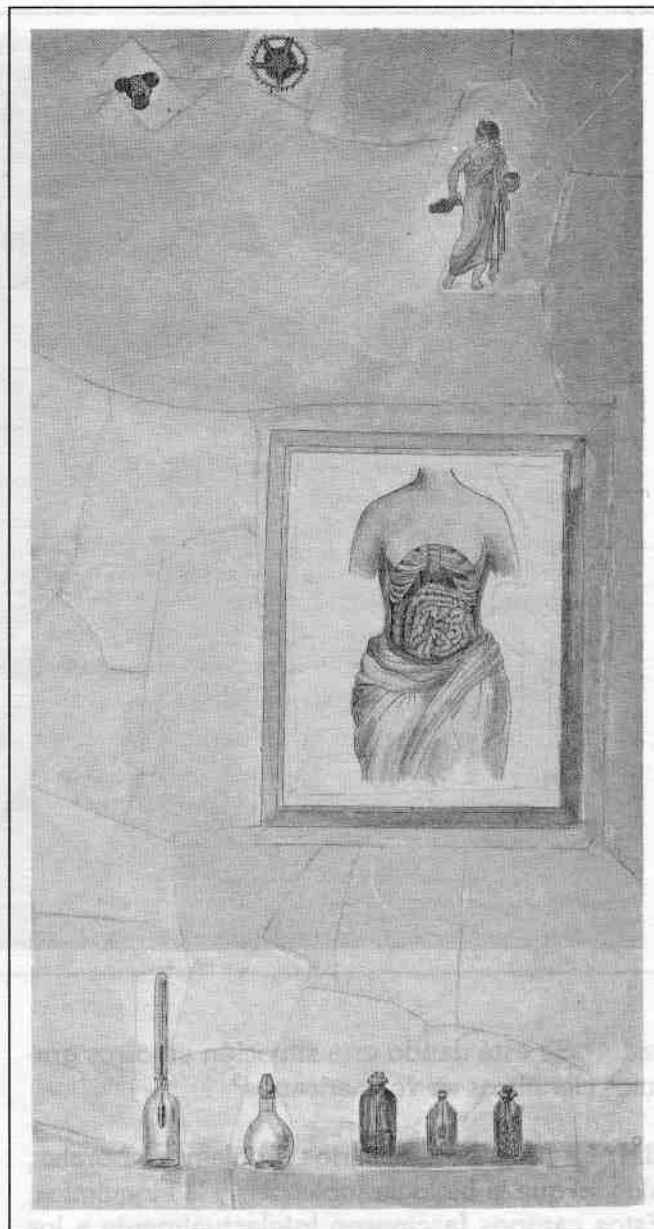
AyP: Sin embargo, y aunque a algunos les pese y no lo reconocerían abiertamente, hay quienes piensan en Londres o Nueva York que la ciencia es privativa de los países desarrollados, que los investigadores de los países en desarrollo están en medio de un espantoso aparato de ineficiencia y corrupción y, así las cosas, no vale la pena mantener recursos para ellos.

RH: Nada más insensato. Perpetuar el pasado colonial y condenar los recursos naturales a ser vendidos como materia prima al exterior sólo

puede conducir al desastre. No es fácil, como no lo ha sido para Nueva Zelanda o Australia, a pesar de que gozan de un nivel de vida alto, pues además de científicos se requieren tecnólogos, diseñadores y expertos en comercialización. Es interesante ver cómo la ciencia puede conformar una hipercultura que salve las sociedades de los países en desarrollo, sociedades que arrastran problemas añejos y aparentemente irresolubles. Una hipercultura sobre un pasado colonial que permite a la sociedad establecer relaciones inéditas.

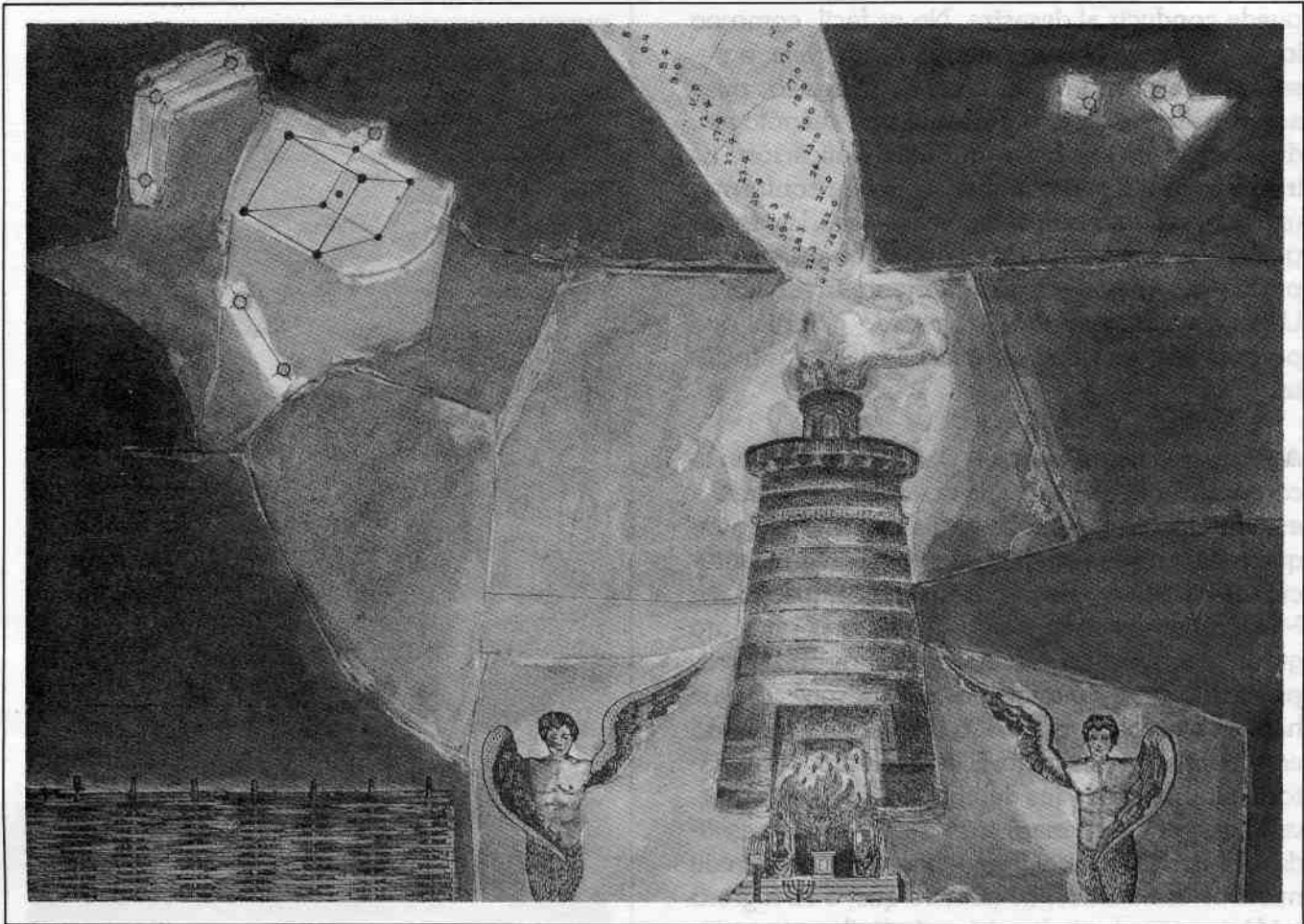
AyP: Usted sugirió ante el Banco Mundial, en la conferencia citada antes, que debería apoyarse a estudiantes de países de bajos ingresos a fin de que realicen sus estudios de posgrado en instituciones de países desarrollados. Sin embargo, en México hemos encontrado que es más eficiente graduar a nuestros estudiantes en nuestras propias instituciones y apoyarlos sólo después de que han obtenido su doctorado para determinado entrenamiento posdoctoral en los mejores laboratorios y universidades del mundo. Hemos observado que este entrenamiento posdoctoral consolida en forma rápida la independencia científica de nuestros estudiantes, de manera que, a su regreso a México, pueden sobrevivir más fácilmente como investigadores activos. ¿No cree que sería más conveniente dar acceso a nuestros estudiantes al sistema posdoctoral de los países desarrollados que a sus programas de doctorado? Además, si pudiéramos establecer nuestro propio sistema posdoctoral tendríamos oportunidad de conservar nuestros jóvenes investigadores, quienes, además, no están encontrando trabajo en los países desarrollados.

R.H.: Completamente de acuerdo. Incluso pienso que ustedes se encuentran en una magnífica posición con respecto a otros países. En realidad, estaba yo pensando en naciones de escasos recursos naturales y humanos. Sin duda su gestión, al menos en los Estados Unidos, prosperaría porque hay una enorme cantidad de financiamiento para posdoctorados en nuestro país. No así en algunos países europeos, como Francia, que tiene un espléndido sistema en el CNRS y, no obstante, es



incapaz de financiar posdoctorados. Los alemanes no lo hacen tan mal, los japoneses tienen mucho dinero...

AyP: En la actualidad hay una disminución de fuentes de trabajo académicos para los físicos en los Estados Unidos. Dentro de la Sociedad Norteamericana de Física existen planes para reducir los programas de doctorado e impulsar los programas de maestría terminal. En México estamos haciéndolo de otra manera: disminuimos los programas de maestría y fortalecemos los de docto-



rado. ¿Se está dando esta situación en otros gremios científicos norteamericanos?

RH: La física está en serios problemas laborales, al igual que la biología molecular y la bioquímica. Estos campos fascinaron intelectualmente a los mejores jóvenes de varias generaciones, pero sus desarrollos tecnológicos y la industria que generaron no ha sido tan vasta para dar empleo al gran número de doctores que andan por ahí.

AyP: Siempre que sufrimos un descalabro como el que vivimos ahora surgen dos cuestiones: ¿Dónde debe terminar el apoyo del gobierno a la investigación básica y en qué punto recurrir a la participación privada? Además, ¿en qué proporción se debe mantener la investigación básica con respecto a la investigación aplicada?

RH: No tengo una opinión bien formada al respecto porque evidentemente desconozco muchos detalles, pero creo que tenemos los mismos problemas que ustedes cada vez que asume la administración el Partido Republicano: menos participación gubernamental en la investigación, más manos privadas en este o en aquel campo, en fin... En los Estados Unidos tenemos más posibilidades de resistir porque uno puede escribir una enorme lista de cosas que ha generado la investigación básica, desde fármacos hasta transistores.

La necesidad de equilibrar investigación pura y aplicada también tiene que ver con un fenómeno psicológico, muy humano. Si uno dejara a los científicos totalmente libres se la pasarían "jugando". Un poco de presión no viene mal; empujarlos a que expliquen públicamente lo que hacen y las razones por las que debe importar a la sociedad no viene nada mal.

AyP: ¿Cree que debería haber una interacción mayor entre universidades e industria o es preferible conservar la ciencia dentro de las instituciones dedicadas tradicionalmente a ella?

RH: Todo mundo sabe que cuando un científico descubre algo realmente útil, esto es, algo que puede dejar mucho dinero, simplemente desaparece del laboratorio universitario. Un ejemplo patente es el de nuestras compañías biotecnológicas; los mejores en todas ellas han salido de las instituciones académicas porque tuvieron que romper la tensión entre revelar y callar, entre publicar y patentar. Por razones humanas, no es posible vivir en dos mundos al mismo tiempo. Hay un momento en el que se ordenan los sentimientos, se sopesan las ganancias materiales y espirituales y se decide.

AyP: En 1994 apareció *Chemistry Imagined* y ahora acaba de publicar una serie de ensayos (Columbia Univ. Press). ¿Puede mencionar algunos de los temas que aborda?

RH: lo natural y lo artificial, química y democracia, una apología de la síntesis química.

AyP: ¿Prepara algo nuevo?

RH: No, pero debería. Gracias al espléndido libro de Octavio Paz, *Las trampas de la fe*, conocí la figura de Sor Juana y por ella supe de la existencia de Antonio de Vieira. Amén de las disputas que surgieron entre ambos, Vieira es un personaje muy interesante. Junto con Las Casas, fue uno de los principales defensores de la causa indiana en el Nuevo Mundo, particularmente en Brasil. Nuevo cristiano, jesuita y magnífico escritor, dedicó largas y brillantes páginas a explicar y reconfortar el camino atormentado de los conversos a la cristiandad. Hay otros personajes similares... Este sería un buen tema para un libro futuro: ciencia y religión. ❁

Notas

1 *Bol. AIC*, 10, 37 (1993).

