

La química tiene una mala imagen. La gente desconfía de ella por considerarla una ciencia compleja e incomprensible. Existe la tradición de aprender la química de memoria en lugar de comprenderla. Los químicos aparecen como personas retraídas y un poco peligrosas, aislados en sus laboratorios, donde confeccionan mezclas elaboradas que son peligrosas al olerlas y quizá hasta venenosas.

Falacias acerca de la química

Pierre Laszlo y Arthur Greenberg*

Es cierto que la totalidad de la ciencia es frecuentemente vista desfavorablemente y hasta temida. Varios estudios recientes lo demuestran. En Francia, la tercera parte de una muestra de población de 18 años en adelante estuvo de acuerdo con la proposición siguiente: "El progreso científico es usado siempre para aumentar el poder gubernamental". El 80% de la misma muestra pensaba que "el progreso técnico aumenta el desempleo", mientras que dos terceras partes estaban convencidas de que "los científicos, gracias a sus conocimientos, tenían un poder potencialmente peligroso".¹

De la misma forma, estudiantes de los Estados Unidos en cursos de 7° a 12° grado tienen prejuicios similares sobre la ciencia. Un estudio reciente de 933 estudiantes en Nueva Jersey indicó que el 38% de ellos piensa que los investigadores "se sientan todo el día en aburridos laboratorios, vaciando productos químicos de un tubo a otro"; el 34% dice que el resultado final del trabajo de los científicos es generalmente la contaminación; y del 20 al 30% ve a los científicos como alguien demasiado envuelto en su trabajo, como solitarios con pocas aficiones y poca vida social.² Es posible agrupar

* Pierre Laszlo, que es un profesor de química en la Universidad de Liège, 4000, Liège, Bélgica, trabaja en química orgánica y bioinorgánica usando métodos de resonancia magnética. Arthur Greenberg es actualmente profesor asistente de química en el Instituto de Tecnología de New Jersey, Newark, New Jersey, EUA. Sus áreas de investigación incluyen química orgánica estructural y análisis ambiental.

Tomado de *Chemistry in Britain*, 16 418-424 (1980). Traducción de Irene María Artigas Albarelli.
El material gráfico que acompaña este artículo fue tomado de la obra 1988 en la Unesco: *Nuevos horizontes*, París, 1989.

a estos estereotipos asignados a (y contra) la química en nueve falacias.

PRIMERA FALACIA

La química sólo es física aplicada. Esta idea por lo menos se remonta hasta Descartes y Kant. El primero no tenía una buena opinión de los químicos. En 1646 escribió³ al marqués de Newcastle:

"Estoy de acuerdo con el juicio de su Excelencia sobre los químicos y creo que solamente murmuran palabras raras para así pretender saber lo que ignoran... En mi opinión, su sal, su azufre y su mercurio no difieren entre ellos más que lo que difieren entre sí los cuatro elementos de los filósofos, un poco más que lo que diferencia al agua del hielo, de la espuma y de la nieve; porque yo sostengo que todos los cuerpos están formados de la misma materia."

Como resultado de la revolución científica iniciada por Galileo, la mecánica se convirtió en el mejor ejemplo de una ciencia exitosa y las matemáticas parecieron ser el instrumento para conseguir este éxito. Como consecuencia, una nueva jerarquía en las ciencias, basada en su contenido matemático, vino a reemplazar la subdivisión medieval en *quadrivium* y *trivium*.⁴

En el nivel más alto estaba la ciencia más racional, la física, "una cadena de razones y consecuencias".⁵ Mucho más abajo se encontraba la química, una disciplina en la que las leyes no eran matemáticas sino simplemente "leyes derivadas de la experiencia".⁵ Para Kant, "la química debía ser llamada un arte sistemático

más que una ciencia”, ya que “en cada teoría particular sobre la naturaleza, una verdadera ciencia sólo existiría en proporción a su contenido matemático.” Esta fue la idea clave que surge en el siglo XVII y que justifica la sumisión de la química a la física. Así, en un gran número de escuelas, la enseñanza de la química era confiada a los físicos, que daban a sus alumnos un punto de vista de la química descriptivo y dogmático. Era dogmático porque su tratamiento matemático de la química era tanto superficial como agobiante. La química era entonces reducida a una colección heterogénea

cambio de información entre el hombre y la naturaleza, y entre el hombre y el hombre, sólo puede ocurrir hasta cierto nivel de tolerancia”.⁸

SEGUNDA FALACIA

Nos metemos a la química cuando nuestra comprensión de las matemáticas es débil. Si hiciéramos caso a esta idea, la química hubiera permanecido siempre bajo la sombra de las matemáticas y de la física, ya que hubiera estado limitada a realizar experimentos con resultados impredecibles y a tener un enfoque totalmente empíri-



de matemáticas aplicadas. Esto llevó al excesivo énfasis en algunos temas mucho más allá de su real importancia; algunos ejemplos son los productos de solubilidad, los cálculos del pH de mezclas complejas, o la cinética formal.

Aún cuando la química obedece las leyes de la física, es una disciplina autónoma, que se declaró a sí misma una ciencia independiente en el final del siglo XVIII con los estudios cuantitativos de Lavoisier. Más adelante, la química adquirió su propio grupo de problemas, lo que podríamos llamar su paradigma,⁶ con el nacimiento de la teoría atómica y la llegada de la tabla periódica de los elementos. La física del siglo XIX no tenía ni el equipo —experimental o conceptual— ni el interés para analizar el átomo, que así se mantuvo como jurisdicción exclusiva de los químicos por cien años.

A partir de entonces, la física y las matemáticas perdieron su precisión mítica. Existen diversas razones para esta falibilidad moderna: por un lado, la mecánica cuántica ha terminado con la ficción de que un observador al examinar un sistema realiza una medición objetiva del mismo. Cualquier observación al sistema lo perturbará, así que no puede existir una medición perfectamente precisa. Otro ejemplo se originó con la demostración de Kurt Gödel en 1931, que decía que cualquier conjunto deductivo de proposiciones equivalentes a una aritmética era incompleto e inconsistente.⁷ La mística de la física como la ciencia capaz de predecir con precisión cualquier comportamiento, dados los conocimientos suficientes, ha llegado a ser anacrónica. Quizás existe más belleza en los conceptos modernos de la ciencia física en donde comprendemos que “el inter-

co. Este concepto erróneo es muy dañino. Como toda ciencia, como la física, la biología o la psicología, la química tiene una necesidad constante de las matemáticas, y éstas son absolutamente vitales para los químicos.

Pregúntese a un estudiante sobre la dificultad relativa de las diferentes materias y el orden siempre será el de física (la más difícil), química, biología y psicología (la menos difícil), que es el orden aproximado del contenido matemático de las mismas. Sin embargo, el orden de complejidad de los problemas es el inverso: los problemas de la física son lo suficientemente sencillos y están lo suficientemente idealizados para alcanzar soluciones matemáticas simples mientras que los problemas de la psicología eluden este análisis simple. Aún más, los cursos introductorios rara vez ilustran la solución de problemas y la creatividad que son los denominadores comunes de todo gran trabajo científico, prescindiendo del contenido matemático. Un físico puede ser considerado un excelente matemático y aún así, puede ser incapaz de interpretar a la Naturaleza, mientras que un biólogo con un entrenamiento matemático rudimentario puede ser un científico creativo y brillante.

Además de las calculadoras de bolsillo que han llegado a ser comunes en los laboratorios y clases de química, la química utiliza extensivamente las computadoras. Las teorías de la química cuántica permiten que los cálculos tengan una aproximación suficientemente buena de numerosas propiedades moleculares. Utilizamos computadoras para derivar información de datos —por ejemplo, constantes de equilibrio o de cam-

bio. Procedimientos para el ajuste de multiparámetros pueden ser usados para obtener valores confiables a partir de parámetros correspondientes a una curva experimental dada. Como en toda ciencia experimental, existe la necesidad de hacer modelos de los fenómenos observados. Para comprender los resultados de un experimento, debemos escribir las ecuaciones matemáticas que reproducen, de la forma más simple y efectiva, el mayor número de observaciones experimentales. Las matemáticas son igualmente necesarias para la descripción de formas moleculares y de todas las rutas posibles para sus interconversiones.

La química no puede ser reducida a ser matemáticas aplicadas; sin embargo, las matemáticas son esenciales para la química y un bloqueo mental hacia ellas pudiera incapacitar a un químico.

TERCERA FALACIA

*La repetición mecánica es suficiente para aprender química. La química no es más elaborada que la cocina. ¿De dónde viene esta interpretación errónea? Surge de una gran tradición de transmisión oral, tal vez de maestro a aprendiz, y de la jerga del lenguaje técnico. Los alquimistas dejaron pocos documentos explícitos y la mayor parte de la enseñanza era como una iniciación secreta. Se debía esconder de la Iglesia una actividad que era marginal y vista con malos ojos. Los escasos manuscritos sobrevivientes utilizan un lenguaje criptico con un simbolismo complejo y válido a diferentes niveles. El *opus* alquímico puede entenderse de dos formas: como un esfuerzo por alcanzar la perfección moral, y como el éxito de una serie de operaciones concretas. Los químicos han heredado de los alquimistas este hábito de una notación taquigráfica de los procesos que se efectúan, y también utilizan un vocabulario que, aunque preciso, es al mismo tiempo voluminoso.*

Nuestros procedimientos experimentales a veces parecen recetas. Para ser honestos, aún ahora, no siempre comprendemos con precisión y en detalle la razón de cada serie de operaciones sucesivas. Sin embargo, somos capaces, en principio, de justificar cada uno de los pasos de cualquier proceso que hayamos establecido.

Nuestros procedimientos experimentales, ya sea que sólo los sigamos o que los desarrollemos, siguen una secuencia ordenada de instrucciones precisas. En la era de la programación por computadora esto no es ya nada raro. Es claro que las computadoras están jugando un papel cada vez mayor en la concepción, y aún en el desempeño, de las síntesis químicas en el laboratorio. La asociación metafórica de la química con la cocina también partió de la frecuente necesidad de calentar la mezcla de reacción para que ésta se lleve a cabo a una velocidad útil. Por el contrario, muchas reacciones modernas se llevan a cabo a temperatura ambiente.

Por lo tanto, la química no puede ya ser representada como una ciencia "de la cocina". Al ver viejos

dibujos o grabados que muestran laboratorios químicos (o alquímicos) aún podemos reconocer e identificar los recipientes que aparecen ahí. Pero actualmente el material de vidrio y los productos químicos no son los únicos símbolos verdaderos de nuestra actividad profesional. Al entrar a un laboratorio químico moderno, lo que impacta es el número y la variedad de instrumentos que se utilizan. Reproducir los experimentos con una confiabilidad mayor al 0.01% y analizar las impurezas a niveles de partes por billón, son requerimientos que no se les piden ni a los más grandes chefs del mundo.

CUARTA FALACIA

La cocina es mucho más que química. Una vez más, aquí nos encontramos con una unión de conocimientos y de ignorancia. Existe una idea recurrente según la cual dentro de la olla se lleva a cabo una sutil y hasta mágica elaboración de los ingredientes reunidos por el cocinero. El filósofo francés Gastón Bachelard expresó muy bien la poesía que hay detrás de estas oscuras fermentaciones, de estas germinaciones ocultas, de estos procedimientos misteriosos de la cocina que son enriquecidos por todo lo que la imaginación permite. Nuestro propósito aquí no es eliminar el fulgor "mítico" de una imaginación material tan rica, tan prometedora, y que está llena de una anticipación a un placer ya experimentado —el del gourmet.

Sin embargo, sería ridículo mantener que los procesos que ocurren dentro de una olla son de algún modo diferentes a los que organizan los químicos en sus tubos y matraces. La única diferencia —si podemos decir que hay alguna— es que nosotros trabajamos bajo condiciones controladas con más cuidado, para que así puedan ser reproducidas (sin embargo, hoy en día los chefs no hacen otra cosa) y que nuestras mezclas son mucho más simples.

El chef francés Michel Guérard dejó el área de



París, donde tenía su propio restaurante, para cocinar en un hotel en Eugénie-les-Bains, un balneario en el suroeste francés. Su cocina tiene una gran reputación por su imaginación e integridad; su meta es mantener el sabor natural de cada ingrediente. El resultado ha sido llamado *cuisine minceur* debido a que ha logrado hacer posible comer platillos deliciosos, aún estando a dieta. Parece que Guérard se tomó el trabajo de aprender química durante su entrenamiento para así comprender con detalle las transformaciones llevadas a cabo durante la preparación de un platillo.

QUINTA FALACIA

La química es de poca ayuda para comprender la vida. Disminuidos según el punto de vista de los físicos clásicos, los químicos fueron prácticamente ignorados por algunas escuelas de biólogos. Durante la primera mitad del siglo XIX, una enorme discrepancia científica colocó a los mecanicistas contra los vitalistas: los primeros sostenían que todos los fenómenos biológicos podían ser explicados en términos de la física y la química; por el contrario, los vitalistas creían en el punto de vista holístico en donde el todo trasciende a las partes, en donde siempre habrá un residuo inexplicable, y en donde la vida no podrá nunca ser constreñida a un estrecho marco físico-químico.

Para dar un ejemplo de esta disputa, Balzac en *La Peau de Chagrin (La Piel de Zapa)* presenta estos dos puntos de vista opuestos en dos personajes, dos médicos, Cameristus, el vitalista, y Brisset el mecanicista (sus modelos reales fueron Récamier y Broussais). Según Cameristus, el héroe Raphaël sufre de una enfermedad moral —es el cerebro el que maneja el epigastrio, y no lo contrario. Por lo tanto, recomienda un “tratamiento totalmente moral, un examen profundo del interior de la persona. Encontremos, como él dice, la causa de la enfermedad en las entrañas del alma, en lugar de en las entrañas del cuerpo”.⁹ Sus ideas son las de un especialista actual en lo psicosomático.

Las explicaciones del tipo mecanicista ocasionalmente se han extralimitado. Sin embargo, los mecanicistas estaban en lo correcto y ésta es la forma en la que la ciencia se ha desarrollado durante los últimos 150 años. Aún así, la mentalidad vitalista ha permanecido: muchos de nuestros estudiantes de ciencia biológica y veterinaria, por ejemplo, no ven la necesidad de aprender ciencias básicas, tales como la física y la química, como parte del entrenamiento para su profesión futura.

Lejos de un hijo postizo de padres solteros, la química es una ciencia central que tiende un puente entre la biología y la física. Es en el dominio de la química que la física cuántica y la biología celular comparten un terreno común. Si se necesitaran pruebas, la lista de premios Nobel de Fisiología y Medicina ganados durante los últimos treinta años apoya elocuentemente el papel preponderante que la química ha jugado en el desentrañamiento de los complejos mecanismos de la

vida. Hay muchos capítulos de la biología en los que la química ha hecho contribuciones determinantes: el establecimiento por Pauling del origen molecular de la anemia de células falciformes; el descubrimiento por Watson y Crick del apareamiento de bases en la doble hélice del ADN; la estructura de las inmunoglobulinas que explica la especificidad de las reacciones antígeno-anticuerpo; la explicación hecha por Perutz y otros del enlace cooperativo entre el oxígeno y la hemoglobina; la estructura y los mecanismos de reacción de las enzimas proteolíticas, la demostración de la función de almacenamiento de energía fundamental del trifosfato de adenosina; los mecanismos de transporte de iones a través de las membranas celulares; el descubrimiento de diferentes mediadores químicos del impulso nervioso: el muy reciente descubrimiento de autoanalgésicos en el cerebro, etcétera. La lista de contribuciones fundamentales de la química al progreso de las ciencias biomédicas es en verdad muy larga.

La biología también nos provee de nuestro futuro, de nuestros problemas más difíciles, sean de naturaleza analítica o sintética. Hemos estado sintetizando moléculas orgánicas, incluyendo vitaminas y hormonas, desde que Wöhler hizo la urea en 1828. El siguiente paso es la síntesis de un complejo macromolecular preciso como un ribosoma. Y todavía tenemos que sintetizar una hoja o un ojo...

SEXTA FALACIA

Los productos químicos no son algo natural. Este prejuicio se encuentra muy extendido, y sirve de base a una lucrativa industria de producción y distribución de alimentos “orgánicos”, que son, en principio, aquellos que crecen sin necesidad de ser utilizado ningún producto químico. Los alimentos, después de todo, no son más que grupos de sustancias químicas.

Todo químico deberá sentirse comprometido a demostrar la falacia de este mito. No existe ninguna diferencia entre un producto aislado, por ejemplo, de una planta o de un producto sintético. Una serie de técnicas de laboratorio, desde medición de puntos de fusión hasta espectroscopía, pueden utilizarse para demostrar la profunda connaturalidad que existe entre el producto del hombre y el de la Madre Naturaleza.

Además, uno no debe imaginar al estado natural como el de una idílica Edad de Oro. La Naturaleza también incluye enfermedades como la peste, la rabia, el cólera, el escorbuto, epidemias devastadoras de influenza que, debemos recordar desde nuestra posición protegida, no son benignas. La mayoría de las veces los gérmenes responderán con mutaciones a los antibióticos, formando cepas resistentes. ¿Debemos esperar algunos millones de años para que estas cepas vuelvan a mutar de tal forma que sean sensibles a nuestros medicamentos? La Humanidad podría desaparecer mientras tanto. ¿No es preferible apoyar a los químicos, que constantemente están sintetizando nuevos antibióticos

efectivos contra las nuevas generaciones bacterianas? Se ve claramente que los caminos de la Naturaleza son demasiado lentos e indirectos: nuestra sobrevivencia colectiva en este planeta nos demanda una comprensión de los procesos naturales para así permitir hasta cierto punto controlarlos. Sin embargo, debemos saber cuándo aceptar a la Naturaleza bajo sus propios términos. Después de todo este sistema ha funcionado durante cientos de millones de años sin nuestra ayuda.

La idea errónea de que existe una diferencia fundamental entre los productos naturales y compuestos químicos es nefasta. Parecería preferible mantener o restaurar los equilibrios existentes en lugar de destruirlos y el usar, por ejemplo, feromonas de insectos en lugar de recurrir al DDT. Sin embargo, deben recolectarse millones de insectos y someterlos a una extracción para poder aislar sólo unos pocos miligramos de feromona —ya que éstas son moléculas extraordinariamente potentes— para poder determinar su estructura. Entonces es relativamente sencillo el diseñar una síntesis del compuesto activo y así conseguir, como resultado final, la protección de nuestras cosechas. Una vez más, la feromona “sintética” será idéntica en todos los aspectos a la feromona natural.

SÉPTIMA FALACIA

La química es responsable de contaminación y muerte. Cualquier actividad humana es responsable de la contaminación. Los químicos y las industrias químicas deben compartir su responsabilidad —el pedir lo contrario no tendría sentido. Sin embargo, nuestra profesión es el chivo expiatorio de varios temores difusos.

Aunque la contaminación industrial parece estar relacionada con la incidencia de cáncer, ¿es el contribuyente dominante? Se reporta que los productos químicos industriales causan entre el 1 y el 5% de todas las formas de cáncer. La dieta (exceptuando aditivos de diferentes tipos y contaminantes) parece estar ligada a casi el 50% de todos los cánceres. Solamente los baños de sol causan el 5-8% de todos los cánceres, sin mencionar el cigarro, que ha sido relacionado aproximadamente al 80% de los cánceres de pulmón.¹⁰

Claro que el cáncer puede ser causado por sustancias químicas tóxicas dispersas en el ambiente o presentes en los alimentos. Es verdad que entre los aditivos para alimentos, antioxidantes del tipo del 2,6-di-*t*-butil-*para*-cresol, estimulan algunas enzimas producidas por los microsomas del hígado, y por lo tanto pudieran aumentar la toxicidad de hidrocarburos inhalados o ingeridos.¹¹⁻¹⁵

Pero a este respecto, ¿no es verdad que la absorción de benzopireno y de compuestos similares es causada principalmente por fumar cigarrillos, por quemar combustibles fósiles y por comer alimentos asados tocados por la grasa que cae en el carbón? ¿No sería posible que las mujeres evitaran los tintes para el pelo, que pueden contener hasta un 4% de 4-metoxi-metafenilen-diami-



na, un carcinógeno potencial?¹⁶ Las almendras y los cacahuates pueden contener trazas de aflatoxinas, que están entre los carcinógenos más potentes conocidos — los cánceres primarios del hígado son particularmente numerosos en las poblaciones de países subdesarrollados en donde la dieta se basa principalmente en cacahuates, frijol de soya, arroz y frijol, frecuentemente contaminados de hongos del tipo *Aspergillus flavus*.¹⁷⁻²¹ También se han hallado correlaciones entre el cáncer de esófago y la absorción inmoderada de los taninos naturales presentes en el café y el té.²²

Los patrones de alimentación han cambiado durante los últimos cincuenta años. La cantidad de grasa de nuestras dietas ha aumentado de un valor medio de 125 g por día en 1910 a 160 g por día en 1974,²³ llevando así a un aumento en las cantidades de colesterol y de ácidos grasos saturados y no saturados ingeridos. Durante el mismo periodo, la cantidad de fibras (normalmente celulosa) de la dieta ha disminuido de aproximadamente 7 g a 5 g por día, lo que probablemente provoca un tránsito intestinal más lento. Las poblaciones de países industrializados que toman alimentos refinados con alto contenido de grasas y bajo contenido de fibras tienen una proporción mayor de microflora estrictamente anaeróbica en el intestino —estos microorganismos pueden transformar los esteroides biliares en estrógenos. Esto probablemente podría ayudar a explicar la gran incidencia de cáncer de pecho en las poblaciones de nuestros países desarrollados.²³⁻²⁴

El cáncer es la enfermedad más temida, pero las grandes asesinas son las enfermedades de tipo circulatorio, en donde, otra vez, la nutrición es un elemento importante. La influencia de interacciones cruzadas entre medicamentos IMAO (inhibidores de monoaminooxidasa) y la absorción de alimentos ricos en tiramina (como los quesos) es bien conocida; el resultado pueden

ser crisis de hipertensión. Además de los quesos, otros alimentos ricos en tiramina son el vino de Chianti, la cerveza, el jerez, el arenque en salmuera, los extractos de levadura, el hígado de pollo, el chocolate, los frijoles, la crema ácida, los higos enlatados, las pasas y la salsa de soya.¹⁵ Ésta es la razón por la que los médicos que administran los inhibidores de monoaminoxidasa a sus pacientes, les advierten en contra de este tipo de alimentos y bebidas.

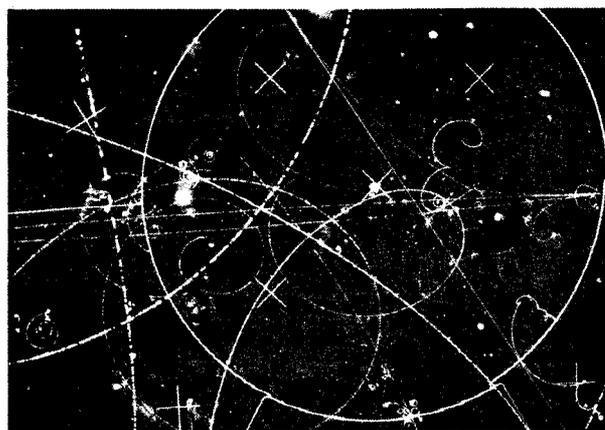
En el análisis anterior, la mayoría de las preguntas relacionadas con la contaminación fueron psicológicas, sociales y económicas, más que técnicas. Un manejo mejor de los cacahuates disminuirá los niveles de aflatoxina. ¿Estamos dispuestos a pagar precios mayores por los cacahuates? Las gasolinas libres de plomo están disponibles. ¿Estamos dispuestos a pagar mayores precios y renunciar a los caballos de fuerza y a viajes de placer para así limpiar el aire? Los aditivos para alimentos son a veces respuesta a las demandas gratuitas de los consumidores. Un pastel de queso que puede almacenarse en un estante de supermercado a temperatura ambiente no es natural, ni una cena que está constituida por una charola con pollo frito, vegetales, sopa y postre, calentada durante 25 minutos.

OCTAVA FALACIA

Los químicos son hacedores de bombas. ¡Ésta es una idea errónea que, como muchas otras, parece estar muy cercana a la verdad! La gente mantiene estas creencias, no por perversidad en su pensamiento, sino porque se asemejan a los conceptos correctos.

Los arsenales, llenos por los progresos de la ciencia y de la técnica, se encuentran repletos no solamente con las armas clásicas y nucleares sino que también con gases letales y toxinas. A pesar de la prohibición del Acuerdo General Multinacional a las armas bacteriológicas y químicas, el desarrollo e investigación de las mismas ha continuado. Por lo tanto, cuando los químicos nos sentimos culpables por participar en su producción y cuando somos acusados por la multitud de inventar tales artefactos, la acusación no carece de bases. La invención y utilización de tales armas sobrepasa a la química, pero el razonamiento primitivo nos sigue incriminando a los químicos, porque por siglos hemos estado asociados a la magia, especialmente a aquella ligada al fuego, a los fuegos artificiales, a las explosiones y al humo.

Todo esto es a un nivel de pensamiento irracional que por lo tanto puede ser fácilmente despejado. Pero debemos también enfrentar al hecho brutal de que el pensamiento racional puede a veces ser más perverso que el irracional. Tenemos el caso de las bombas que deliberadamente iniciaban tormentas de fuego durante la Segunda Guerra Mundial. Los británicos tuvieron éxito dos veces, en Hamburgo, causando 40 mil muertes, y en Dresden, con 250 mil defunciones. Los americanos también salieron con éxito dos veces, durante el



bombardeo a Japón —uno de estos bombardeos sobre Tokio ocasionó 100 mil muertes, casi tantas como en Hiroshima y más en Nagasaki.²⁵ Todo esto fue en respuesta a los caprichosos excesos de los países del Eje, cuyos pobladores eran considerados entre los más racionales del mundo.

Sin embargo, las perversiones del pensamiento racional no pueden servir de excusa para recurrir sistemáticamente al irracionalismo. La capacidad de los químicos para hacer bombas no debe excluirlos de la sociedad. Por el contrario, la sociedad debe luchar en contra de estos prejuicios ancestrales que se remontan a los tiempos de los alquimistas, cuyas actividades eran siempre tomadas como peligrosas porque eran ocultas, y quienes fueron injustamente acusados de viciar el aire y envenenar los pozos.

Nuestros conocimientos específicos nos dan la responsabilidad especial de garantizar que las consecuencias directas de nuestras acciones no hagan daño a la comunidad y a la humanidad. Los científicos deben ser tratados como ciudadanos normales, no diferentes a otros profesionales. Pero los científicos deben recordar que tienen responsabilidades con la sociedad, además de con sus compañías y sus carreras profesionales. Lo que es claro es que necesitamos científicos e ingenieros que regularmente se comuniquen con sus conciencias; una sociedad que sea lo suficientemente cultivada para comprender que los científicos y los técnicos de buena conciencia e igual habilidad pueden no estar de acuerdo; y sobre todo representantes elegidos que comprendan ambos puntos.

NOVENA FALACIA

La industria química es la única salida para los químicos. Un gran número de químicos e ingenieros químicos están empleados en la industria. No todos trabajan en la producción a gran escala de productos químicos. Aún dentro de la industria, el trabajo del químico está muy diversificado: además de la propia producción, la investigación y el desarrollo van ganando importancia.

La protección del medio ambiente requiere de una gran cantidad de químicos para medir la concentración de desperdicios de las fábricas, y para mantenerla dentro de los límites prescritos. De la misma forma, el constante aumento de agencias reguladoras, gubernamentales y privadas, está siendo igualado en la industria por el incremento de recursos destinados a los laboratorios de control y análisis. Esta tendencia no sólo se limita a la industria química; la de alimentos, por ejemplo, requiere de químicos que examinen que los alimentos cumplan con las normas legales al respecto. Los químicos trabajan en laboratorios médicos. El incremento de los trabajos que utilizan productos químicos y farmacéuticos finos se justifica por el valor agregado al precio de los mismos. Los problemas de energía, ya sea que se relacionen con la búsqueda de nuevas formas de producción o de almacenamiento de la energía, necesita también de los químicos. Bibliotecas y museos importantes tienen entre su personal a químicos que datan objetos, que detectan falsificaciones, y que restauran y conservan obras maestras del pasado. Todo esto sin mencionar a los químicos que están relacionados con la enseñanza.

Hay otro factor que debe tomarse en cuenta: los químicos son ubicuos— pueden encontrarse en cualquier tipo de trabajo. Aparentemente el entrenamiento químico tiene una polivalencia tal, que los químicos también están teniendo demanda en áreas fuera de la química, o que tienen la suficiente seguridad —y esto debe estar relacionado con su entrenamiento— para arriesgarse a lanzarse a otras profesiones, algunas veces alejadas de su campo original. Aunque es difícil hacer referencia a miembros de nuestra profesión — desde Borodin hasta Margaret Thatcher— que se han transferido a varias profesiones no-químicas, un símbolo de esta tendencia es ver el alto número de exquímicos muy distinguidos que han alcanzado la cima en otros campos; como se observa, por ejemplo, en una reciente colección de autobiografías recopiladas de diferentes volúmenes de los *Annual Reviews*.²⁶

CONCLUSIÓN

Los estereotipos sobre la química y los químicos que hemos llamado aquí “falacias” son creencias muy extendidas en nuestra sociedad. Estas creencias surgen como simplificaciones y generalizaciones que tienen connotaciones más emocionales que de tipo racional. Es posible que la ciencia misma haya sido la causante de la aparición de estos estereotipos en el pensamiento occidental, y de las ideas totalitarias que las colectan. Por ejemplo, ciertos estudios llevados a cabo en la Alemania Nazi para apoyar los puntos de vista genéticos arios, evidencian esta forma de ver la ciencia. Sin embargo, las ideologías totalitarias, por sus medios y su naturaleza, no armonizan con la ciencia, ya que, como Bronowski ha aclarado, la filosofía y la práctica que se han llevado a cabo por Hitler y otros tiranos representan

una contraconcepción del Principio de Incertidumbre: “un principio de monstruosa certidumbre”.⁸

¿Qué puede hacerse en contra de estos estereotipos? Parece que poco ha cambiado desde Sócrates y que la función de la filosofía sigue siendo ayudar a liberarnos de los clichés, de las verdades absolutas y de los estereotipos. 

Agradecimientos

Estamos particularmente agradecidos por las sugerencias de William Holder.

Referencias

1. *Documentation Francaise*. Febrero 1978.
2. *Chem. Eng. News*, 1978, 28 de agosto, 7.
3. René Descartes, *Oeuvres et lettres*, Bibliothèque de la Pléiade, p. 1012. París, Gallimard, 1941, y traducción de los autores.
4. Durante la Edad Media el *quadrivium* consistía de las cuatro mayores artes liberales (aritmética, música, geometría, astronomía) mientras que el *trivium* era la división menor que consistía de gramática, lógica y retórica.
5. Emmanuel Kant. *Premieres principes métaphysiques de la science de la nature*, p. 7. París: J. Vrin. 1971 (traducción de los autores).
6. T.S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago: University Press, 1962.
7. E. Nagel y J.R. Newman. *Gödel's Proof*. New York: University Press, 1958.
8. J. Bronowski, *The Ascent of Man*, p. 365. Little, Brown and Co., 1973.
9. H. de Balzac, *La Peau de Chagrin*, (S. de Sacy ed.), Collection Folio, p. 329. París: Gallimard, 1974 (traducción de los autores).
10. J. F. Schmitz, *Chem. Eng. News*, 1978, 16 January, 37. American Industrial Health Council, *Chem. Eng. News*, 1978, 30 January, 30.
11. T. R. Fears, J. Scotto y M. A. Schneiderman, *Am. J. Epidemiol.*, 1977, **105**, 420.
12. P. J. Creaven, W. H. Davies y R. T. Williams, *J. Pharm. Pharmacol.*, 1966, **18**, 485.
13. G. Fener and F. Granda, *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 1970, **16**, 626.
14. D. Gilbert and L. Goldberg, *Biochem. J.* 1965, **97**, 28p.
15. C. Jeleff Carr, *Neurotoxicology*, (L. Roizin, H. Shiraki y N. Grcevic eds.), p 511. New York: Raven Press, 1977.
16. *Chem. Eng. News*, 1978, 9 January, 16; 1978, 20 February, 21; 1978, 4 September, 22.
17. M. E. Alpert, M. S. R. Hutt y C. S. Davidson, *Lancet*, 1968, **18**, 1265; *Am. J. Med.*, 1969, **46**, 794.
18. F. G. Peers and C. A. Lindsell, *Br. J. Cancer*, 1973, **27**, 473.
19. S. J. van Rensburg, J. J. van der Watt y J. F. Purchase, *S. Afr. Med. J.* 1974, **48**, 2508A.
20. C. Stora, *Compt. Rend. Acad. Sci. Paris*, 1978, **286 D**, 917.
21. IARC Monograph on the Evaluation of Carcinogenic Risk of Chemicals to Man: *Some Naturally Occurring Substances*, vol. 10, p 51. Lyon, France: IARC, 1976.
22. J. W. McClure, in *The Flavonoids*, (J. B. Harbone, T. J. Mabry y H. Mabry eds.), p. 970. London: Chapman and Hall, 1975.
23. P. W. Newberne, *Bull. N.Y. Acad. Med.*, 1978, **54**, 385; S.N. Heller y L. R. Hackler, *Am. J. Clin. Nutr.*, 1978, **31**, 1510.
24. M. J. Hill, et. al. *Lancet*, 1971, (i), 95.
25. Ver por ejemplo: K. Brower, *The Starship and the Canoe*. Holt, Rinehart and Winston, 1978.
26. *The Excitement and Fascination of Science. Reflections by Eminent Scientists*, (W. C. Gibson ed.) vol 2. Palo Alto: Annual Reviews, 1978.