

**ENCICLOPEDIA DE CONOCIMIENTOS FUNDAMENTALES**  
**UNAM~SIGLO XXI**

4



QUÍMICA

BIOLOGÍA

CIENCIAS DE LA SALUD



XXI

UNAM-Siglo XXI,  
México, 2010

# Apéndice

## Química mexicana

Pp. 119-136

**José Antonio Chamizo**

[Fragmentos sin presentación, imágenes, glosario, ni bibliografía del libro publicado originalmente en José Antonio Chamizo, *Química mexicana*, México, Cultura Tercer Milenio, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, 2001, pp. 1-59]

# BOCETO DE UNA HISTORIA DE LA QUÍMICA

## El conocimiento químico en la antigüedad

La química, tal como la conocemos hoy, es resultado de una multitud de herencias que, concretadas en oficios, influyeron en la vida cotidiana de todas las culturas humanas. No deja de resultar sorprendente que prácticas tan diferentes como la del herrero —y la metalurgia—, el curandero —y la farmacia—, el alfarero —y la cerámica—, el panadero —y la biotecnología— o el perfumista hayan podido estar reunidas y terminar por fundirse en un campo común: la química, ciencia que estudia la transformación de la materia.

Nuestra historia empieza con la extracción y manipulación de los metales y la construcción de las primeras piezas de cerámica, hecho ocurrido hace aproximadamente 6 000 años en lo que hoy conocemos como el Medio Oriente (desde Egipto hasta Mesopotamia). Eso sucedió allí y no en otra parte porque, además de estar disponibles las materias primas adecuadas, las sociedades humanas que habitaban esa parte del mundo habían ya domesticado el trigo y el olivo además de las cabras y ovejas, lo que les garantizaba una segura y variada ingesta alimenticia. Asimismo, gracias a lo anterior, fueron las primeras en construir asentamientos fijos que darían lugar a las ciudades de las que se derivarían los Estados. Y los Estados se procuraron a sí mismos identidad mediante la edificación de grandes monumentos que implicaban a grandes contingentes humanos, tal como lo indica K. Mendelssohn al estudiar las pirámides de Egipto —y posteriormente de México—: “El objetivo de todo ese esfuerzo (la construcción de las pirámides que requería miles de personas por muchos años) no era el uso al cual habría de destinarse el producto terminado, sino su elaboración. Se podía enterrar a los faraones de manera muchísimo menos costosa y de hecho así ocurría. Lo que importaba no era la pirámide [...] era construir la pirámide.”

Sin entrar en el detalle de las fechas, las cuales cuando es necesario se indican en la cronología a final del libro, de Egipto provienen las primeras armas de bronce, y de Creta los primeros tejidos teñidos. Las expediciones militares de Alejandro Magno hasta la India ponen en contacto las culturas mediterráneas e hindúes que intercambian plantas, animales (las vacas y el ajonjolí fueron domesticados originalmente en el valle del Indo) y tecnología. En lo que hoy es Irán e Iraq, se preparan medicinas y surge la primera farmacia. El alambique, aparato para destilar, es desarrollado por los árabes hacia el año 1000 y en lo que hoy es Italia se aprovecha ese conocimiento al destilar vino para producir brandy cien años después. Es en el siglo xi cuando se publican las primeras recetas para fabricar pólvora en China (en este país fue donde se domesticaron los cerdos, el gu-

sano de seda y el arroz), nación poseedora también de una antigua tecnología química. Años después la medieval Europa traba relaciones con la refinada China, y de pronto el papel, la brújula y la pólvora se instalan en Occidente. Hacia el año 1500, en pleno Renacimiento, la alquimia, en sus muchas y diferentes versiones se practica desde Inglaterra hasta China pero poco a poco cede el paso a la iatroquímica que, con más intereses medicinales, intenta explicar la razón de ser de los medicamentos.

## **El conocimiento químico técnico**

Para los propósitos de este libro, el siglo xvi puede llamarse el de la química técnica, ya que en él las preocupaciones prioritarias dejan de ser las explicaciones teóricas químicas sobre las propiedades de las sustancias, pues ahora lo que interesa es prepararlas. La balanza empieza a volverse indispensable en las prácticas cotidianas de la química, y ya hacia el 1600 se describe la destilación de aceites esenciales para extraer perfumes de manera cuantitativa. Además, gracias a la reciente invención de la imprenta, las “recetas” para fabricar sustancias se pudieron compartir más fácilmente entre los interesados. Durante el siglo xvii y principios del xviii, luego de notables avances en los aspectos técnicos, la mirada de los químicos se volvió otra vez hacia la teoría, hacia la explicación, cuando ya las prácticas alquimistas se hallaban en retroceso. Es cuando Boyle (Inglaterra, 1661) publica *El químico escéptico*, donde introduce los conceptos modernos de *ácido*, *álcali* y *elemento*. No hay que olvidar, sin embargo, que el mismísimo Newton, contemporáneo de Boyle, fue un convencido practicante de la alquimia. Poco tiempo después, Stahl (Alemania, 1697) explica la combustión a partir del flogisto y Bergman (Suecia, 1775) publica su *Ensayo sobre las atracciones eléctricas* para explicar las afinidades químicas.

En el siglo xviii las investigaciones sobre los gases avanzan vertiginosamente. Al instalarse laboratorios y prosperar la enseñanza técnica sobre cómo manipularlos, es posible trabajar con sustancias más sencillas. Así, de la investigación con gases se construyeron el principio de conservación de la materia y la teoría atómica, piedras angulares de la ciencia. En los trabajos de Van Helmont (Bélgica, 1648), “descubridor” del concepto de gas, publicados póstumamente, se dice: “yo doy a este espíritu, hasta ahora desconocido, el nombre de Gas, que ni puede contenerse en vasijas, ni reducirse a un cuerpo visible”. Luego, Black (Escocia, 1755) identifica el dióxido de carbono como uno de los productos de la combustión; Cavendish (Inglaterra, 1766) aísla el hidrógeno; Rutherford (Escocia), Priestley y Cavendish (Inglaterra) junto con Scheele (Suecia), de manera independiente, hallan en 1772, el nitrógeno, componente mayoritario del aire. Dos años después, el mismo Scheele aísla el oxígeno. Priestley (1781) quema hidrógeno con oxígeno y obtiene

agua. Ese mismo año, Richter (Alemania) establece las bases de la estequiometría, la cual queda plenamente fundamentada cuando Lavoisier (Francia, 1782) establece la ley de la conservación de la materia. Dalton (Inglaterra, 1808), basado en experimentos de absorción de gases en agua, publica su teoría atómica en donde iguala el término *átomo* con elemento. Avogadro (Italia, 1811) afirma que, en volúmenes iguales de cualquier gas a una temperatura y presión definidas hay el mismo número de *moléculas*.

## **El conocimiento químico moderno**

El químico que mejor representa el sentido de la química del siglo xix es el sueco Berzelius, gran impulsor de la teoría atómica. Debido a su obsesión por la exactitud, da origen a uno de los principales programas de investigación de esa centuria: la determinación de los pesos atómicos. Al realizar tal empresa, descompone sustancias (con lo que mejora notablemente las técnicas experimentales de laboratorio), descubre cinco nuevos elementos y establece la simbología que aún se usa para identificarlos (la inicial del nombre latino del elemento en mayúscula, segunda a veces por la segunda o la tercera letras del nombre en minúscula). Al conocer el trabajo del inglés Davy sobre la electrólisis de las sales fundidas (experimentos con los que Davy separó, por ejemplo, el sodio del cloro, elementos que forman la sal de mesa), Berzelius se convence de que la electricidad es la causa de toda actividad química. Divide la química en orgánica e inorgánica y, al publicar su *Jahresbericht (Anuario para el progreso de la ciencia)*, en el que se daba información sobre los trabajos de química más importantes realizados cada año, esta ciencia se convierte en la primera, y por mucho tiempo la única, que recopila, sistematiza y analiza anualmente sus logros. De allí surgen grandes generalizaciones: los conceptos de *isomería* y *catálisis*, así como la definición de *polímero*. Falta, sin embargo, la mayor de todas concebida como resultado del entonces reciente trabajo de laboratorio con gases y electricidad (entre los que se destacan las investigaciones del inglés Faraday), gracias al cual muchos químicos aíslan un número considerable de nuevos elementos que luego Mendeleiev (Rusia, 1869) ordena en su famosa tabla periódica.

El átomo, contrariamente a lo que indica su nombre, se divide (Thomson, 1897) y hacen su aparición los electrones, protones y neutrones que lo constituyen. A partir de estas partículas atómicas, ya en el siglo xx, los químicos explican el enlace, asunto capital para entender la composición y transformación de la materia.

Poco a poco se reconocen las bases químicas de la vida. Vauquelin (Francia, 1806) aísla la aspargina, primer aminoácido conocido, y su paisano Poust (1808) identifica tres azúcares en los jugos de las plantas (glucosa, fructuosa y sacarosa), mientras el también francés Pasteur (1857), con sus investigaciones sobre la fermentación inicia el estudio de

la microbiología. También en el siglo xix, un alumno de Berzelius, Wöhler (Alemania, 1828) prepara urea de manera sintética, con lo que, sin pocas disputas, se entiende que el mundo material, tanto el de la vida como el inanimado, está constituido de la misma forma. Así, el adn, las *enzimas*, las *proteínas*, las *hormonas* y las vitaminas, por dar sólo algunos nombres, se incorporan al conocimiento popular, y ya resulta posible explicar procesos como la fotosíntesis.

## EL MÉXICO PREHISPÁNICO

### Antecedentes en el México prehispánico

La historia ha seguido cursos diferentes en las distintas sociedades humanas, no porque unas sean biológica- mente mejores que otras, sino porque los medios donde han evolucionado han sido diferentes. La historia de lo que hoy es nuestro país responde, de alguna manera, a su situación geográfica, a su diversidad ecológica, a la dificultad o facilidad que enfrenta para intercambiar productos y costumbres con nuestros vecinos.

Hace cerca de 5 000 años, en el México prehispánico se habían domesticado el maíz y el frijol además del guajolote, con lo que la base alimenticia era completa —si bien aún se debate sobre la ingesta proteínica derivada de productos animales—. No había, sin embargo, animales grandes que resultara posible comer y que arrastraran carros con ruedas. Las únicas ruedas inventadas en nuestro continente se usaban exclusivamente en los juguetes mexicanos. Por otro lado, la llama y la alpaca, los mayores mamíferos americanos útiles para jalar carros, sólo se conocían en la zona andina, en donde se registró también la domesticación inicial de la papa. Las dos grandes zonas culturales de nuestro continente, la andina y la mesoamericana, crecieron y prácticamente desaparecieron separadas. En otros lugares del planeta, el saber concerniente a la domesticación de plantas y animales, la invención y el uso de la rueda, la metalurgia, la lengua escrita y la producción de la pólvora —es decir los inventos—, se comunicó de un lugar a otro con relativa facilidad, en virtud de lo cual los bienes culturales de las sociedades humanas asentadas en aquellas tierras crecieron y se diversificaron más rápidamente que en las americanas.

En el México prehispánico se construyó, al margen del resto del mundo, una extraordinariamente compleja y rica cultura. Cultura dominada por la religión y que empíricamente produjo una gran diversidad de productos, muchos de ellos soluciones a las exigencias cotidianas de la vida en el momento. Aquí se presenta parte de la historia de di-

chos productos o de la química que hay detrás de algunos de ellos, en ocasiones relatada por los cronistas, en particular por fray Bernardino de Sahagún, que acometió, de 1547 a 1577, la tarea de contarlos todo, desde la religión hasta los más minúsculos aspectos de la vida cotidiana. Así, la *Historia general de las cosas de Nueva España* será nuestra constante referencia.

## El oro y los metales

El oro es quizás uno de los más espectaculares materiales que rodean al hombre, la recompensa universal en todos los países, en todas las culturas y épocas. Amarillo, brillante, maleable e inalterable, ha sido para muchos el símbolo de la perfección. Los egipcios lo llamaban “la carne de los dioses” y, mientras que para algunos alquimistas “el oro poseía los extremos poderes del sol encerrados en su cuerpo”, para otros era invaluable porque resultaba incorruptible. Ningún ácido o álcali conocido en la antigüedad podía atacarlo. En el México prehispánico, las técnicas para trabajarlo se importaron de América del Sur después del año 1000 y las culturas que las adoptaron fueron la tolteca, la tarasca, la mixteco-zapoteca y, a finales del imperio azteca, éste mismo. Aquí el oro fue llamado *teocuítlatl* (excremento de los dioses) y, por su belleza y color, era el símbolo del sol. Algunas representaciones de Tláloc llevan una lámina de oro puntiaguda y ondulada que representa el rayo, y un espejo de oro.

El metal áureo se extraía de los ríos de Guerrero, Michoacán, Oaxaca y Veracruz, en este último caso en los límites con Tabasco. Muchas de las tribus sojuzgadas por los aztecas tenían que pagar a éstos un tributo en oro. Los emisarios de Moctezuma obsequiaron a Cortés en la costa de Campeche, entre otros objetos, un disco de oro del tamaño de una rueda de carreta.

Además del oro, otros metales que se conocieron en el México prehispánico, sin considerar el plomo, el mercurio y el hierro, que tenían poca presencia, fueron el cobre, usado en la formación de laminillas con forma de T equivalentes a monedas, por los zapotecas y, además, en la manufactura de hachas, palas, anillos y cascabeles; la plata, empleada para fabricar sobre todo adornos y, finalmente, el estaño (en náhuatl *metzcútlatl*, que significa excremento de la luna), aprovechado para fabricar diversos objetos y también formar aleaciones (*mezclas* homogéneas de dos metales). La aleación de cobre y estaño se conoce como bronce y es más resistente mecánicamente que los dos metales de los que está compuesta. Por eso, armas y herramientas de bronce son superiores a las de cobre.



Una manera de obtener los metales, cuando éstos no se encuentran en forma natural, consiste en extraerlos de los minerales que los contienen. Tal es el caso del cobre, presente en la malaquita y la azurita, minerales de cobre que al moler y fundir en presencia de carbón, liberan diversos gases y pepitas brillantes de cobre metálico. Los cascabels de cobre se usaron abundantemente como moneda y representan no sólo los conocimientos sobre la separación del metal a partir del mineral, sino también las diversas técnicas de fabricación de objetos predominantes en el México prehispánico.

## El tequesquite y las sales

Las sales son compuestos químicos que fundidos o disueltos en agua se disocian en iones, esto es, en átomos o grupos de ellos que han perdido o ganado uno o más electrones. La sal de mesa (el cloruro de sodio, NaCl) es la sal que todos conocemos, pero es sólo una de las miles de sales que los químicos conocen. El bromuro de plata (empleado en las películas y papeles fotográficos), el bicarbonato de sodio (antiácido estomacal y también polvo para hornear), el sulfato de amonio (fertilizante), el sulfato de calcio (popularmente conocido como yeso) y el permanganato de potasio (desinfectante y fungicida), entre otros, son sales.

La palabra salario proviene de sal e indica la importancia que esta sustancia tuvo desde la más remota antigüedad para las sociedades humanas, hasta el extremo de estallar guerras por el afán de controlar su distribución, como la registrada entre aztecas y tlaxcaltecas. Se sabe que en China, en el lejano año de 754, con una población menor de 50 millones de habitantes, ya se consumían 10 kg de sal por habitante al año, es decir, se producían casi 500 millones de kilogramos.

La sal común se obtiene principalmente al evaporarse el agua de mar (donde está disuelta junto con otras muchas sales) y en depósitos minerales sólidos, es decir, minas de sal.

Desde antes de la Conquista, los pobladores del valle de México sabían de la existencia y el aprovechamiento de las sales. En tiempo de secas, ellas afloraban a la superficie y formaban costras que recibieron el nombre de *tequixquitl* o tequesquite. Sahagún refiere que “la tierra salitrosa se llama *tequixquitlalli*, que quiere decir tierra donde se hace salitre”. El lago de Texcoco contiene 81% de sales entre las que sobresale el carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), con 45%, y el cloruro de sodio (NaCl), con 34%. El tequesquite es, pues, una mezcla de sales que los aztecas aprendieron a separar.

El agua salada del lago de Texcoco fue clave en la caída de Tenochtitlan, ya que cuando en 1521 Hernán Cortés interrumpió el suministro de agua dulce proveniente de Chapultepec, ahogó —en sentido figurado— a la isla-ciudad.

Los aztecas empleaban el yeso (sulfato de calcio,  $\text{Ca}_2\text{SO}_4$ ) para producir revestimientos y estucos de sus edificios, además lo usaban finamente molido como pigmento blanco. De calcita (carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ) —llamada *tecali* por ellos mismos— se hacían anillos y collares. Los dignatarios aztecas portaban en forma exclusiva piedras verdes de fluorita ( $\text{CaF}_2$ ), mientras que los sulfatos de cobre, hierro y potasio-aluminio (alumbre) eran ampliamente aprovechados para teñir telas y pieles.

## La grana cochinilla y los colorantes

Los colores tienen, entre las diversas sociedades humanas, importancia simbólica. Por ejemplo, para los mayas, cada uno de los cuatro puntos cardinales se asociaba a un color: el Norte era negro; el Sur, amarillo; el rojo se vinculaba con el Oriente y el blanco con el Poniente. Los colores de las ropas reflejaban también parte de esta cosmovisión.

La grana cochinilla es un insecto hemíptero (*occus cacto*) que produce un colorante rojo muy utilizado en el México prehispánico y posteriormente en todo el mundo, ya que fue durante muchos años el único colorante natural capaz de teñir las telas de color rojo escarlata. Esto cambió en el siglo xix debido al descubrimiento de los colorantes sintéticos.

La técnica de producción del colorante, transmitida de padres a hijos en los pueblos indígenas, consiste primero en plantar los nopales sobre los cuales se *asemilla*, es decir, se establece la colonia de insectos que han de alimentarse de aquéllos. La cosecha se logra al seleccionar los insectos hembras fecundados, pues son los únicos que producen tinte, y colocarlos por capas en una vasija honda y angosta, en donde se dejan durante veinticuatro horas, tiempo suficiente para que el calor natural de los insectos los sofoque y mate. Se empleaban, además de ésta, otras técnicas para matarlos y de ellas dependía el color final. En su *Historia general de las cosas de Nueva España*, Sahagún explica: “Esto es lo más principal e interesante, [...] así para el cultivador, como para el comerciante [...] teniéndolas pues reconocidas se matan para enzurrónarlas, lo cual practican los indios con métodos distintos.”

A la cochinilla muerta y seca se le separan todas las sustancias extrañas (tierra, huevecillos, etcétera) y queda lista para el consumo.

El costo elevado del colorante se explica por lo lento y complicado del proceso, además de que para producir un kilogramo del mismo se necesitaban aproximadamente 200 000 insectos. Para la Nueva España, la grana cochinilla fue durante varios años, después del oro y la plata, el principal producto de exportación (de 1758 a 1858 se expidieron a Europa cerca de 30 toneladas de ella) y su producción se sujetó desde 1857 a un estricto control para evitar adulteraciones.

El 1894, se descubrió que el ácido carmínico, de fórmula  $C_{22}H_{20}O_{13}$ , era el principal colorante presente en la cochinilla, en un porcentaje de 15 a 30% según el procedimiento con que se mataba al insecto. Años atrás, en 1856, cuando el químico alemán A. H. von Hoffman preparó el colorante sintético rojo de anilina o fucsia, el monopolio hispano-mexicano del colorante rojo desapareció ya que la preparación del nuevo resultó mucho más barata. Ambos colorantes absorben de la luz blanca (formada por todos los colores del arco iris) el azul y el amarillo, y reflejan el rojo.

## **El chile y las especias**

Los sabores que percibimos son el resultado de una compleja mezcla de productos químicos. El principal órgano para percibir el sabor es la lengua (*principal*, porque muchos sabores van acompañados de olor, que es lo que mejor los caracteriza). De la misma manera que hay tres colores primarios a partir de cuya combinación podemos obtener cualquier otro, hay cuatro sabores, fundamentales: dulce, amargo, salado y ácido.

Los sabores son percibidos por medio de diferentes zonas en la lengua, cada una de ellas provista de diferentes tipos de papilas gustativas, que actúan cuando las sustancias (en forma de moléculas y sales y necesariamente disueltas en agua) se ponen en contacto directo con ellas. El mecanismo por el cual percibimos los sabores todavía no se ha entendido bien. Destaca, sin embargo, el hecho de que entre las sales las hay de varios sabores.

Seguramente el sabor más característicamente mexicano es el del chile. Y los principales responsables del picor del chile son una familia de tres moléculas llamadas capsaicinas (capsaicina, dihidrocapsaicina y norhidrocapsaicina). En diversas investigaciones actuales se ha encontrado que a mayor concentración de las capsaicinas el picor aumenta, pero también que éste es diferente según el tipo de chile de que se trate. Algunos pican a los lados y al frente de la lengua; otros, atrás de ella. Los chiles rojos reducen el gusto amargo y la pimienta negra inhibe todos los sabores. Paradójicamente, las capsaicinas en forma pura son insaboras. Por lo pronto, en una escala arbitraria de picor (Escala de

Scoville), el del pimentón dulce tiene un valor de cero mientras que el del jalapeño alcanza uno entre 2 500 y 4 000 unidades y el del habanero vale entre 100 000 y 300 000.

Como cada variedad de chile tiene diferentes tipos de capsaicinas, y en diferentes concentraciones además de muchas otras sustancias, que son las que le imprimen su sabor característico, es todavía difícil identificar el origen de su gusto particular. Por ejemplo, hace ya varias décadas estudios realizados en la Facultad de Química de la UNAM revelaron que cuantas más capsaicinas tiene una variedad de chile, menos vitamina C contiene.

La mayoría de las especias (canela, clavo, nuez moscada y pimienta) llegaron a Europa provenientes de Asia, en particular de las Islas de las Especias. Su fuerte e intenso sabor cubría el de la comida descompuesta que, a falta de procedimientos para conservarla, pese a su estado se ingería con frecuencia en la Edad Media. Pronto se supo que, de ellas, principalmente el clavo, además de encubrir el sabor, conservaba por más tiempo los alimentos frescos (ya que contiene eugenol, molécula de propiedades desinfectantes usada por los dentistas), lo cual lo hizo particularmente valioso. Tal característica también es propia del chile.

## **El amate**

Como hoy lo conocemos el papel es un invento chino de hace poco más de 2 000 años. Químicamente es un polisacárido, es decir, una macromolécula donde un sacárido (la glucosa) se repite miles de veces formando una larga cadena de celulosa. Ésta brinda soporte a la mayoría de las plantas y en las más grandes de ellas, los árboles, la reconocemos como madera. De la pulpa de la madera se extrae la celulosa mediante la cocción en soluciones alcalinas muy calientes. Hoy se puede fabricar papel con un grosor menor al de un cabello humano.

Las antiguas civilizaciones prehispánicas hacían uso frecuente del papel en muchas de sus ceremonias, religiosas o paganas. Sabemos cómo era la vida en ese entonces por el legado que nos han dejado en los códices, algunos de ellos dibujados sobre papel.

Los antiguos cronistas sólo distinguen tres clases principales de papel, que designan con los nombres de papel de *metl* (maguey), papel de *ámatl* (higuera) y papel de palma (ízoyl).

En 1570, Francisco Hernández escribió: “Se ve hervir una multitud de artesanos que interrumpen la tranquilidad de aquel lugar fabricando un papel no muy a propósito para escribir o trazar líneas, aunque no deja pasar la tinta a su través, pero adecuado para

envolturas y muy propio y útil entre estos indios occidentales para celebrar a sus dioses en sus fiestas sagradas, confeccionar vestuario y adornos funerarios [...] Cortan sólo ramas gruesas, dejando los renuevos, se ablandan en agua y se dejan remojar durante la noche en los arroyos o corrientes de agua [...] al día siguiente se les arranca la corteza y, después de limpiarla de la cutícula superior, se extiende a golpes con una piedra plana pero surcada de estrías y que se sujeta con una vara de sauce doblada en círculo a manera de mango [...] vuélvese flexible aquel material, se corta luego en pequeños trozos que, golpeados de nuevo por diferentes lados con otra piedra más plana, se unen fácilmente entre sí, por último se alisan y se forman en hojas de papel de dos dodrantes (44.36 cm) de largo y [un] sesquidodrante (33.27 cm) aproximadamente de ancho, que imitan nuestro papel más grueso y corriente, pero son más compactas y blancas, aunque muy inferiores a nuestro papel más terso.”

Además de su uso en la fabricación de códices, el papel se utilizaba en una gran cantidad de ceremonias. Los adornos confeccionados con este material (*amate-téhuatl*) servían de atavío a los pequeños ídolos o caracterizaban a diversas deidades (en forma de abanicos de otros tantos colores). También se empleaban para vestir de forma especial a las personas que serían sacrificadas o, en forma de corona (*capirote*) o de cabellos largos, se quemaban en incensarios.

## **El zautle y los pegamentos**

Los adhesivos son un tipo especial de recubrimiento de la superficie de un objeto. Cuando se distribuye pegamento sobre un objeto, generalmente en forma líquida, al poco tiempo se solidifica, ya que el disolvente que lo contiene se evapora. Si sobre el objeto recubierto con el pegamento se coloca otra superficie, ambas podrán quedar unidas. Condición fundamental para que una sustancia funcione como pegamento es que pueda fluir fácilmente, es decir, que sea poco viscosa, debido a lo cual ocupará las pequeñas irregularidades de cualquier superficie y así formará una mayor área de contacto con otro objeto. Por eso, cuanto más lisas son, es más fácil pegar las superficies de dos objetos.

Desde el punto de vista químico, los pegamentos son macromoléculas. Es posible reconocer dos tipos principales de ellos: los que se disuelven en agua, como el engrudo (constituido por almidón, macromolécula de glucosa muy parecida a la celulosa del papel), y los que no se disuelven en ella (como las resinas *epoxy* o los cianocrilatos, que secan en pocos segundos).

El principal producto adhesivo que los aztecas emplearon como pegamento era de origen vegetal. Lo obtenían de los pseudobulbos de ciertas orquídeas que crecían —y cre-

cen— en diversos lugares de Mesoamérica. Su nombre indígena es *tzacuhtli*, que ha dado lugar a los aztequismos *zautle* y *zacle*, con que hoy se nombran dichas plantas en algunas regiones del país. Hernández relata cómo se preparaba el pegamento, en coincidencia con una descripción previa de Sahagún. Según él, la “raíz” se cortaba en trozos pequeños, se dejaba al sol para que seicara y posteriormente se molía. Con el polvo así obtenido se prepara el famoso *gluten* (con el nombre de *gluten* se designaba en el siglo xvi a toda sustancia adhesiva), que se disolvía en agua en el momento en que se iba a emplear. Sahagún indica que eran los propios fabricantes los que vendían los pegamentos en el tianguis. Estudios modernos de este pegamento com- prueban su capacidad adhesiva sobre madera, papel y tela, aunque en comparación con la de los nuevos adhesivos sintéticos era muy limitada. Además del *tzacuhtli* se emplearon otros pegamentos (copal, hule y otras resinas), que mezclados con él o por separado lograban adhesiones más perdurables, como las que se requerían en las incrustaciones dentarias, en la orfebrería y en los mosaicos.

## El ulli y los plásticos

Por su naturaleza elástica, el hule es una de las sustancias más interesantes e importantes que conocemos. Una liga de hule se puede estirar hasta diez veces su tamaño original y regresa a su forma inicial casi sin deformarse. El hule se puede moldear para adoptar muchas formas y, además, es impermeable al agua y al aire.

El hombre conoció el hule hace muchos años, como una secreción lechosa de diversas plantas y árboles. El látex (como se conoce la suspensión coloidal de las partículas de hule en agua y que en náhuatl se llamaba *ullacuitli*) se extraía principalmente del arbusto conocido como guayule y del árbol *ulli* (en náhuatl, que originará la voz castellana *hule*), que no es sino lo *Hevea brasiliensis* presente en México, Perú y Brasil.

López de Gómara, compañero de Hernán Cortés, hizo la primera descripción del hule: “... la pelota la llaman *ullamalitzli*, la cual se hace de la goma de *ulli*, que es un árbol que se cría en tierras calientes y que al punzarle llora unas gotas gruesas y muy blancas, que se cuajan muy pronto”. A diversos historiadores les llama la atención el rebote tan alto y tan fácil de esas pelotas; alguno que las vio por primera vez en una recepción ceremonial refirió que ciertas danzarinas llevaban en las manos unas bolas negras que, al dejarlas caer, volvían a elevarse como por arte de magia. La mayor parte del hule se consumía en objetos y actos religiosos. Muchas de las imágenes de los dioses —que podían ser “vivas” pues las representaban el sacerdote o la víctima próxima a la inmolación— estaban cubiertas de hule, como la de Toci. Madre de los Dioses, Nuestra Abuela y diosa

de médicos y medicinas: “tenía la boca y barba, hasta la garganta, teñida con *ulli*, que es una goma negra; tenía en el rostro como un parche redondo, de lo mismo”.

El hule se aprovechó también en la medicina. Se prescribía tomado, en supositorios o untado a piel y mucosas. Tomado, se indicaba para “los que escupen sangre”, mezclándolo con vainilla, chile y cacao. A quienes estaban roncós les convenía frotarse la garganta con hule. Su aplicación externa era eficaz para humectar los labios resecos e impedir que las heridas dejaran cicatriz.

Pasaron muchos años hasta que, en 1839, Charles Goodyear descubrió accidentalmente que, al agregar azufre caliente sobre hule crudo, las propiedades del material obtenido mejoraban notablemente. La vulcanización, nombre que recibió este proceso, dio al hule una enorme variedad de usos que perduran hasta hoy.

En 1953, el alemán Hermann Staudinger recibió el premio Nobel de Química por sus investigaciones sobre las macromoléculas que, de alguna manera, explicaron la estructura de aquella sagrada sustancia proveniente de las cálidas selvas mexicanas.

## **El pulque y la fermentación**

La fermentación es un proceso por medio del cual diversos microorganismos (llamados levaduras o fermentos) provocan un cambio químico en determinadas sustancias, en particular los azúcares. Cuando se descubrió, en el siglo pasado, que las causantes de los cambios eran las sustancias que los químicos llaman enzimas, presentes en dichos microorganismos, se pudieron llevar a cabo fermentaciones en ausencia de estos últimos.

Debido a las fermentaciones los jugos de frutas como los de piña, manzana y uva, adquieren sabor agrio y llegan a transformarse en vinagre, la leche se agria y otros alimentos se descomponen. Además, ellas convierten los azúcares de las frutas en alcohol.

El pulque es el producto de la fermentación de la savia azucarada del agave, llamada aguamiel. Ésta se puede consumir directamente y, según las leyendas, los aztecas aprendieron a fermentarlo en su búsqueda de Tenochtitlan. Sahagún refiere así su preparación y comercio: “El que vende miel tiene magueyes, y suele vender vino de la tierra que hace de la miel del maguey, la cual cuece primero, o la hierve, y por que nunca le falte la miel, suele plantar los hijos de los magueyes, y después que son ya grandes cava o agujera o ahoya el meollo dellos y así ahoyados, ráspalos muy bien para que mane la miel de que hace pulque, cociéndola o hirviéndola primero, e hincha cántaros o cueros de

ella para guardarla, y esto después que tiene raíces. La miel que vende es espesa, y tan espesa que parece que está cuajada, muy dulce, sabrosa.”

El pulque (*uctli* en náhuatl) era un elemento importante de la vida cotidiana azteca, ya que fue la bebida ritual. Su consumo, excepto para los viejos, estaba estrictamente reglamentado. Se bebía pulque en las bodas, en los sacrificios y en diversas festividades religiosas. De nuevo, Sahagún explica: “Y de cuatro en cuatro años hacíase esta fiesta muy solemne, y hacía areito el señor con todos sus principales delante de la casa o templo de este dios, y en esta fiesta de cuatro en cuatro años no solamente los viejos y viejas bebían vino o pulque, pero todos, mozos y mozas, niños y niñas lo bebían. Por eso se llamaba esta fiesta pillahuano, que quiere decir ‘fiesta dónde los niños y niñas beben pulque’.”

El pulque tiene un contenido alcohólico promedio de 4.3% y ya desde hace mucho tiempo se han identificado los microorganismos responsables de la fermentación y del espesamiento del aguamiel. Otras bebidas alcohólicas consumidas en el México prehispánico fueron el rojo colonche, obtenido desde hace siglos en las zonas donde abunda el nopal silvestre, por fermentación espontánea del jugo de tuna; el tesguino, ingerido principalmente en el norte de México y producido mediante la fermentación de maíz germinado, y el pozol, suspensión blanca de maíz molido fermentado a la que se puede agregar sal, chile o miel, según los fines a los que se destine, y consumido sobre todo en el sureste del país.

## EL MÉXICO COLONIAL

### Antecedentes en el México colonial

Hay diferencias al calcular la población que habitaba México antes del arribo de Hernán Cortés (hay quien habla de hasta 20 millones de personas), pero lo que sí se sabe es que, en 1618, casi un siglo después de la Conquista, la población indígena alcanzaba únicamente 1.6 millones de personas. Un cambio demográfico tan brutal prácticamente no tiene comparación a lo largo de la historia mundial. La causa principal del mismo no fue la guerra de conquista, sino las epidemias de viruela y tifus frente a las que la población indígena no tenía resistencia. Este hecho define en buena medida la historia del México colonial, ya que dio origen, entre otros hechos, a la importación de esclavos negros de África. A la superioridad tecnológica europea sobre las culturas americanas, ejemplificada en el uso de los metales (en particular del hierro), la fabricación de máquinas y artefactos (como carros, molinos de viento, alambiques y pólvora) y la posibilidad de viajar a grandes distancias a través del mar, se sumaron de manera decisiva las defensas inmu-



nológicas que los europeos tenían frente a ciertas enfermedades no conocidas en América.

La química en el México colonial refleja entonces las intensas contradicciones registradas en el país. Se inicia un cambio: del “simple” uso de productos se pasa a la instauración de procesos. Por un lado, la incorporación de nuevos bienes y tecnologías (que en el caso del vidrio y el azúcar hoy siguen siendo muy importantes) y el amplio desarrollo de la minería, principal fuente de riqueza del virreinato, trajeron innovaciones tecnológicas significativas. Por el otro, hacia el siglo xviii, la Nueva España ingresa de manera tímida a un pujante, flexible e ilustrado mundo intelectual precursor de la Independencia de Estados Unidos y de la Revolución francesa, y poseedor del conocimiento científico, lo cual propició una explosión de acontecimientos relevantes para la química de la Colonia. Lo anterior se advierte en diversos hechos, desde el descubrimiento de un nuevo elemento (suceso que no volvió a repetirse en el continente sino 125 años más tarde) hasta la traducción y divulgación de textos relacionados con esa ciencia. Ya hay aires de independencia; sin embargo, el tiempo del México colonial es el del nacimiento de la ciencia moderna y este México, como en su momento el prehispánico, también vivió aislado de las grandes corrientes del pensamiento. Más aún, negó el conocimiento de ese México anterior.

## **El proceso de fabricación del vidrio**

El vidrio es un material amorfo, transparente o traslúcido y capaz de moldearse de muy variadas formas. Se inventó en Egipto, hace 5 000 años, al calentar una mezcla de arena, cenizas vegetales y piedra caliza.

En el México prehispánico hubo abundantes muestras de trabajos de obsidiana, un vidrio natural. Puntas de flecha, orejeras y máscaras fueron algunos de los objetos fabricados con ella; sin embargo, el proceso de fabricación del vidrio era desconocido. Éste llegó a México con el arribo del primer virrey de la Nueva España, Antonio de Mendoza, en 1535. Así lo relata Francisco López de Gómara: “La grandeza de la Nueva España, la majestad de México y la calidad de los conquistadores requerían persona de sangre y valor para la gobernación; y así, envió allá el emperador a Don Antonio de Mendoza, hermano del marqués de Mondéjar, por virrey [...] Llevó muchos maestros de oficios primos para ennoblecer su provincia, y a México principalmente; como decir molde e imprenta de libros y letras; vidrio, que los indios no conocían...”

El primer taller fabricante de vidrio en el Continente Americano se estableció en la ciudad de Puebla, fundada en 1531, en la Calle del Horno del Vidrio. Posteriormente se

instalaron otros en diversas ciudades hasta que la industria del vidrio novohispano alcanzó, durante el siglo xvi, un relativo auge (no sólo se exportaban productos hasta Guatemala y Perú, sino que incluso se transportó todo un taller para fabricarlo con el fin de instalarlo en tierra peruana). Este crecimiento se vio frenado notoriamente en el siglo xvii, al prohibirse el comercio marítimo con Perú y dispensar el trato preferencial acordado para el comercio con Asia (la Nao de China).

Según advertían las ordenanzas y algunos otros documentos del gremio de vidrieros novohispanos, en los últimos años del siglo xvi y los primeros del xvii, se registró una severa escasez de la planta conocida como barilla (cuyas cenizas eran ricas en sales de sodio), que constituía un ingrediente esencial para producir vidrio, por lo que se limitó su recolección y sólo se reservaba a vidrieros, indios y “apartadores” de metales nobles. Es posible que esta escasez de la planta barilla (abundante sobre todo en los alrededores del lago de Cutzeo, en lo que hoy es Michoacán) también haya repercutido en la fabricación del vidrio mexicano y representa uno de los primeros ejemplos de la sobreexplotación de un recurso natural.

Con una historia posterior llena de altibajos, hoy la fabricación del vidrio en nuestro país, particularmente en Monterrey, es una de las más importantes del mundo.

## **El beneficio de la plata**

A diferencia del oro, la plata viene acompañada de otros elementos, por lo que para obtenerla pura hay que realizar diversos procedimientos químicos y entre éstos resulta la fundición, históricamente uno de los más usados. Al menos ése era el caso hasta que el sevillano Bartolomé de Medina, establecido en Pachuca en 1553, inventó el proceso de beneficio (es decir, de purificación) de la plata. Sin contar con una preparación profunda en el campo minero, el genio natural de Medina lo llevó a interesarse en buscar una solución al problema del beneficio de la plata. La descripción de dicho procedimiento apareció muchos años después (1590) en una obra publicada por el jesuita Joseph de Acosta.

“El metal se muele muy bien primero [...] y después bien molido el metal lo cierran con unos cedazos de tela de alambre [...] cernida que está la harina del metal, la pasan a unos cajones de buitrones, donde la mortifican con salmuera, echando a cada cincuenta quintales de harina cinco quintales de sal, y esto se hace para que la sal desangre la harina del metal, del barro o lama que tiene, con lo cual el azogue (mercurio) recibe mejor a la plata. Exprimen luego con un lienzo de holanda cruda el azogue sobre el metal, y sale el azogue como un rocío, y así van revolviendo el metal para que a todo él se co-

munique este rocío de azogue [...] cuando se entiende que ya el azogue ha hecho su oficio, que es juntar la plata mucha o poca sin dejar nada de ella, y embeberla en sí, como la esponja al agua, incorporándola consigo y apartándola de la tierra, y plomo y cobre con que se cría, entonces tratan de descubrirla y sacarla y apartarla del mismo azogue...”

De Medina únicamente se conoce un documento (una solicitud de privilegio dirigida al virrey Luis de Velasco) fechado en 1555, donde señala al respecto: “Ilmo, Sor. Bartolomé de Medina, digo que tuve noticia en España de cómo se beneficiaban los metales de oro y plata en esta Nueva España y las grandes costas y riesgos que tenían, y así quise venir a verlo de vista de ojos, y procurar se beneficiasen los dichos metales a menos costa, por parecerme que en ello haría muy gran servicio a su majestad y gran bien a esta tierra.”

Hasta el año 1563, Medina recibió regalías por más de 10 800 pesos de oro de los usuarios de su invento, que para entonces ya se encontraban en Taxco, Zacatecas y Guanajuato, por citar sólo algunas áreas mineras. A la usanza de la época, las regalías eran establecidas por el virrey de acuerdo con la capacidad económica del minero, la cual se medía en función del número de esclavos negros que tenía; la regalía mínima para pagar al inventor era de 60 pesos. La gran suma de dinero que recibió Medina revela claramente la enorme aceptación y el extendido uso que se dispensó a su invento.

## **La industria azucarera**

El primer registro de la producción de azúcar blanca cristalizada se remonta al año 375 en la India. Los griegos y los romanos conocieron la existencia del azúcar, pero ésta no fue objeto de comercio hasta el advenimiento del islam. Los árabes iniciaron el cultivo de la caña de azúcar y su intercambio en toda la región del Mediterráneo, hasta que en el siglo xvi resultó poco redituable por la creciente competencia de las nuevas plantaciones americanas.

Durante el segundo viaje de Cristóbal Colón, se introdujo la caña de azúcar en Santo Domingo y posteriormente en tierras continentales, y con ello cambió la historia. Con el fin de obtener azúcar primero se extrae el jugo de la caña, para lo cual debe molerse. En la época de la Colonia, los molinos empleaban energía proveniente del viento, caídas de agua, animales o seres humanos. La escasez de estos últimos en los nuevos territorios, diezmados por las enfermedades, dio inicio a la importación de esclavos negros de África. Una vez que el jugo se ha extraído, se calienta hasta que, al evaporarse el agua, se precipita el azúcar. Ésta la conocemos como azúcar cruda. Para obtener los cristales blan-

cos de sacarosa (que es el nombre químico del azúcar), hay que recristalizarla, proceso que pocas veces se realizaba hasta su generalización a partir del siglo xviii.

Hernán Cortés fundó en 1524 dos ingenios azucareros en la región de Tuxtla y posteriormente otros dos en lo que hoy es el estado de Morelos. Se inició con ello la instalación de la industria azucarera. En su libro *Historia del azúcar en México*, Horacio Crespo indica:

“La industria azucarera, junto con la harinera y la textil, fue el núcleo fundamental de las actividades de transformación del México colonial en las primeras décadas del siglo xvii.”

Por la importancia que revestía el valor de la producción, por la elevada inversión que suponía la capacidad instalada tanto en tierras como en obras hidráulicas y equipo industrial, por la cuantía del capital necesario para la adquisición de los esclavos que en ese momento eran el núcleo de su fuerza de trabajo, por la técnica sofisticada para la época que suponía la producción de azúcar y la especialización del cultivo de la caña, por la importancia económica y social del empresariado azucarero, en suma, resulta claro que la industria ocupaba un espacio de primera magnitud en el concierto novohispano.

La industria azucarera se consolidó a finales del siglo xvi y el mayor precio por kilogramo de este producto en toda la historia de México se obtuvo en el año 1600. La herramienta y los materiales que se requerían fueron producidos aquí por hábiles maestros herreros y caldereros.

## **La divulgación de la ciencia**

José Ignacio Bartolache y Díaz de Posadas nació en Guanajuato el 30 de marzo de 1739. Estudió en la ciudad de México, donde en 1772 obtuvo el título de doctor en medicina. Sus intereses, como los de muchos de sus contemporáneos, incluyeron también las matemáticas, la física, la astronomía y la química.

Publicó *Lecciones matemáticas* en 1769, primer texto que describe en México las técnicas modernas sobre la ciencia y su método. Años más tarde, Bartolache se convirtió en el precursor de la divulgación de la ciencia cuando, en 1772, publicó el primer periódico médico ilustrado del Continente Americano: el *Mercurio Volante con noticias importantes y curiosas sobre física y medicina*. Así se inició en nuestro país el proceso público de compartir el conocimiento. En el primer número se pudo leer esto:

El gran instrumento de la física es la química, ciencia también de una vasta extensión, cultivada en este siglo, y parte del anterior, por muchos hombres sabios, que nos revelaron los misterios de los supersticiosos alquimistas y la han puesto en estado de contarse hoy entre las más útiles. Trátase en ella de descomponer o analizar los cuerpos naturales, de hacer varias combinaciones con sus resultas o productos, componiendo otras sustancias mixtas, verdaderas producciones del arte, por medio de instrumentos que ofrece la misma naturaleza como fuego, aire, agua, etc., y otros artificiales, como vasos, hornos, etcétera. Baste esta idea para que hagan juicio de su importancia y utilidad los que no tienen instrucción en estas materias; que los que la tuvieron, no necesitan que se les diga nada. En efecto, cuanta perfección les haya traído a la vidriería, a la tintorería, a la docimástica o arte de ensayar metales, a la metalurgia y casi todas las demás constará leyendo libros que trataban de ellas doscientos años ha. Y por lo que toca a la medicina, ciencia justamente estimada de los mortales con preferencia a todo el resto de las humanas, ¡cuántos inventos se deben a la buena química sabiamente aplicada por algunos pocos médicos muy versados en el análisis! Tanto me ocurriría decir sobre este punto que no era obra de un pliego. Quien meditare un poco, quedará convencido de la infinita utilidad de la buena física, aun sólo por esta parte. Yo diré en conclusión, que si a ella y a su hija primogénita la medicina les faltase el servicio de la química, aquélla perdería uno de sus ojos y la otra su brazo derecho.

En 1777 Bartolache fue nombrado por el virrey Bucareli apartador en la Casa del Apartado, lo cual lo convirtió en un hombre importante, encargado, entre otros asuntos, del tratamiento de la epidemia de viruela que azotó la ciudad ese mismo año y de probar la “máquina fácil para apagar cualquier incendio” inventada por Francisco Guerrero y Torres en 1782. Murió el 10 de junio de 1790.

## **El real seminario de minería**

La estructura económica, política y social de la Nueva España experimentó un importante cambio cuando, en 1760, el nuevo rey español Carlos III propuso una serie de medidas conocidas como las “reformas borbónicas”, dirigidas principalmente a modernizar el reino, lo cual significaba reorganizar la administración de la real hacienda, el ejército y los sistemas de gobierno. Al asumir el trono Carlos III se rodeó de un grupo de “ilustrados” que compartían las ideas que años más tarde cristalizarían en la Revolución francesa y que reducirían el poder eclesiástico en la toma de decisiones del reino y de sus colonias.

Resultado de estas reformas fue la creación de instituciones educativas que, con un “carácter moderno”, promovieran la formación de personas capacitadas técnicamente en

los diversos oficios y profesiones que el momento exigía. El Real Seminario de Minería fue, en la Nueva España, el más importante colegio de carácter laico dedicado a la investigación, educación y divulgación de la ciencia, tarea que cumplía con toda claridad.

Fausto de Elhúyar, su primer director, fue un reconocido químico ya que había descubierto, en 1783, el elemento wolframio. En 1785, de viaje en Viena, Elhúyar fue nombrado “Director General del Real Cuerpo de Minería de México con el sueldo de cuatro mil pesos y de su Real orden le doy este aviso para su satisfacción y que bien enterado del nuevo método de amalgamación que inventó monsieur Born se restituya a estos Reinos con la posible brevedad para pasar a Nueva España y servir aquel empleo con inteligencia y conocimientos que requiere su desempeño y espera Su Magestad de su aplicación, aprovechamiento y celo.”

En el libro de Gobierno del Real Seminario se da cuenta de la solemne apertura en 1792: “Con el importante designio de que siempre hubiese sujetos educados desde su niñez en buenas costumbres, e instruidos en toda doctrina necesaria para dirigir con acierto las operaciones y laborío de las minas, mandó la Real munificencia de nuestro Augusto Soberano el Señor Don Carlos III por Cédula que expidió en Aranjuez a veintidós de mayo de mil setecientos ochenta y tres se crean y erigen un Colegio de Metalurgia con el título de Real Seminario de Minería el cual haya de estar bajo su Real protección...”

Las clases empezaron en la casa ubicada en el número 19 de la calle de San Nicolás (hoy un edificio que resguarda la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México en la calle de Guatemala 90) y no fue hasta 1797 cuando el mismo Elhúyar impartió la primera clase de química, no sólo de la Nueva España, sino también del Continente Americano. Como era costumbre, al terminar el curso se hizo un examen público a los cuatro alumnos que lo habían llevado “con arreglo a la nueva teoría de Mr. Lavoisier, adoptada por los principales químicos del día y cimentados sobre las pruebas analíticas y sintéticas más rigurosas y convincentes: para lo cual condujeron a aquella pieza los aparatos propios para quemar el carbón, fósforo, espíritu del vino, descomposición del agua y otros propios del objeto de tal día”.

## **La búsqueda de carbón y petróleo**

Cuando el ingeniero escocés James Watt inventó la máquina de vapor en la segunda mitad del siglo xviii, se inició de manera sistemática la búsqueda del carbón mineral, originalmente en Inglaterra y más tarde en los países del norte de Europa, como fuente alternativa de energía y calor.

La metrópoli española, que ya había abierto las puertas al cambio europeo con las llamadas reformas borbónicas, no fue ajena a las transformaciones tecnológicas, que ya resultaba urgente imponer en España y sus reinos desde 1775. Uno de los testimonios elocuentes al respecto se refiere a la inquietud por obtener nuevas fuentes de energía calorífica —diferentes de las usadas comúnmente—, y se encuentra en las instrucciones del virrey marqués de Branciforte, dictadas en agosto en 1794 al estudioso bachiller José Antonio de Alzate para que le informase sobre la existencia de carbón de piedra en territorio de la Nueva España.

José Antonio de Alzate y Ramírez puede considerarse el precursor de la tecnología mexicana. Nació en Ozumba, cerca de Chalco, en 1737 y se dedicó al estudio de las ciencias, la teología y las artes. Se ordenó como presbítero en 1756. Desde ese momento empezó a brillar entre la sociedad novohispana por sus notables, prácticos y autodidactas conocimientos en matemáticas, astronomía y ciencias naturales. De 1778 a 1795, publicó 115 números de la llamada *Gazeta de Literatura*, en la que se abordaban también asuntos de ciencia, de tecnología y, desde luego, de química.

Después de su entrevista con el virrey, Alzate reunió toda la información que pudo y le escribió al poco tiempo su respuesta, parte de la cual se transcribe a continuación:

“Memoria en la que se trata del Carbón mineral por lo respectivo a Nueva España, en virtud de lo que se proponen dos problemas, a los que se satisfecerá con doctrinas y hechos incontrastables.

Primer problema: ¿En Nueva España deben verificarse criaderos de carbón de piedra?  
Segundo problema: ¿Sería útil emprender la excavación de vetas, para que el público lo- gre tan útil material?

Resolución del primero problema [...] Supuesta la enumeración de las señales que deben tenerse presentes para solicitar minas de carbón, paso a manifestar con circunspección algunos de los sitios en que deben hallarse en Nueva España. Que en los contornos de México lo hay, no cabe duda, porque hace diez o doce años que en la villa de Guadalupe, con motivo de las excavaciones que se hicieron en la fábrica del convento de religiosas capuchinas, manó grande porción de aceite petróleo, que lo vieron tantos y se halla en poder de muchos. “

## **La traducción del libro de química más importante**

Los estudios de Lavoisier sobre la combustión, la formación de ácidos, la calcinación y la fermentación, realizados a finales del siglo xviii, lo llevaron a proponer una

nueva forma de comprender la química, que plasmó en su libro *Tratado elemental de química*, sin duda uno de los textos más influyentes en la historia de la ciencia.

En la Nueva España, al crearse el Real Seminario de Minería, se inicia el proceso de institucionalización de la ciencia. Así, con el propósito de apoyar la cátedra de química, Vicente Cervantes tradujo del francés, antes de que ello ocurriera en España (lo cual prueba el papel preponderante e independiente que ya tenían en esa época los químicos novohispanos), el *Tratado elemental de química*, del cual se presentan aquí algunos pasajes:

“La imposibilidad de separar la nomenclatura de la ciencia y ésta de aquélla, depende que toda ciencia física se compone necesariamente de tres cosas: de la serie de los hechos que la constituyen; de las ideas que los representan; y de las palabras que las expresan. La palabra debe excitar la idea, y ésta pintar el hecho, pues son tres impresiones de un mismo sello, y como las palabras son las que conservan y transmiten las ideas, resulta que no se puede perfeccionar el lenguaje sin perfeccionar la ciencia, ni ésta sin el lenguaje, y por muy ciertos que sean los hechos y exactas las ideas que originen, no transmitirán más que impresiones falsas, si no tenemos términos propios con que expresarlos.”

Y en otro lugar ya acerca de la química, Lavoisier señala:

“Exponiendo la Química á sus experimentos los diferentes cuerpos de la naturaleza, tiene por objeto descomponerlos, y examinar separadamente las diferentes sustancias que entran en su combinación. Esta ciencia ha hecho progresos muy rápidos en nuestros días, y será fácil convencerse si se consultan los diferentes Autores que han tratado de todas las partes de la Química: se verá que en los primeros tiempos se miraban el aceite y la sal como principios de los cuerpos; que habiendo añadido la experiencia y la observación nuevos conocimientos, se echó de ver que las sales no eran cuerpos simples, sino compuestos de un ácido y una base, de cuya reunión resultaba su neutralidad. Los últimos descubrimientos han extendido mucho el campo de la análisis, nos han ilustrado sobre la formación de los ácidos, y nos han hecho ver que están compuestos de oxígeno, principio acidificante común á todos, y de un radical particular á cada uno que los diferencia, y hace que cada ácido sea el que es y no otro.”

Más adelante concluye con una afirmación que aún hoy resulta válida:

“La Química camina, pues, hacia su fin y perfección, dividiendo, subdividiendo y aun volviendo á subdividir, é ignoramos cuál pueda ser el término de sus progresos: y así no podemos asegurar que sea efectivamente simple lo que tenemos en el día por tal: lo más que se puede decir, es que tal substancia es el límite actual á que llega la análisis



química, y que no puede subdividirse más en el estado presente de nuestros conocimientos. “

## El descubrimiento de un nuevo elemento

Andrés Manuel del Río nació en Madrid en 1764. Estudió en la Real Academia de Minas de Almadén, cerca de la capital española, y más tarde por su demostrado talento fue pensionado en París (hoy diríamos becado) en el Collège de France, donde aprendió además porcelana, fisiología e historia natural. De Francia se trasladó a las prestigiadas escuelas mineras de Freiberg, en Sajonia, y de Schemnitz, en Hungría. Después de otros viajes de estudios en Europa se le nombró profesor de mineralogía en el recién fundado Real Seminario de Minería de la ciudad de México, a donde arribó en 1794. Allí dictó la primera cátedra de mineralogía del Continente Americano. Como para el curso no disponía de textos en español, decidió escribir su libro *Elementos de orictognosia*, uno de los más singulares en la historia de la mineralogía mundial. En 1801, cuando Del Río analizaba muestras de un mineral de Zimapán, Hidalgo, descubrió un nuevo elemento químico, al primero hallado en América.

“Seguramente sucedió a Klaproth, y recientemente a don Antonio Arnaud con el pedazo que le había dado don Cristiano Hérrgen (véase núm. 18 de los *Anales de ciencias nat.*), lo que a mí, que analicé por plomo pardo en el laboratorio de Schemnitz un plomo verde de los que pardean, engañándome este color y la cristalización que es semejante, pues el plomo pardo de Zimapán, que es idéntico al de Hof junto a Schemnitz, me ha dado diverso resultado.

Habiendo destilado tres o quatro veces media onza en polvo con ácido sulfúrico diluido y lavado el residuo a cada vez, tuve una disolución verde, que saturada con exceso de amonía, me dio a pocos días costras compuestas de agujas en la superficie del líquido, o estrellitas compuestas de pirámides muy agudas en las paredes de la copilla [...] Pareciéndome nueva esta substancia, la llamé pancromo por la universalidad de colores de sus óxidos, disoluciones, sales y precipitados y después eritronio por formar con los álcalis y las tierras sales que se ponían rojas al fuego y con los ácidos.”

La comunidad científica europea (que en ese momento era la única que estaba formalmente constituida) tardó tanto tiempo en reconocer que en efecto el eritronio era un nuevo elemento, además de otros problemas que surgieron en el camino, que el descubrimiento de Del Río se olvidó. Cuando, en 1830, el sueco Sefström anunció la presencia de un nuevo elemento encontrado en minerales de hierro, al que bautizó como vanadio, Del Río indicó que era su eritronio. El químico más importante de ese momento Jöns Ja-

cob Berzelius, comprobó en 1831 que ambos elementos eran en realidad uno solo, con lo que se validó el descubrimiento de Del Río efectuado treinta años antes. Casi dos siglos han pasado y muchas controversias y discusiones han tenido lugar, pero el vanadio ocupa el lugar 23 en la Tabla Periódica en lugar del eritronio. Las razones de ello se encuentran, entre otras causas, en el hecho de que los grupos de científicos que toman las decisiones de orden mundial, para nuestro pesar, no fueron ni son mexicanos.

## **EL MÉXICO INDEPENDIENTE**

### **Antecedentes en el México independiente**

El México independiente recogió las mejores ideas de la Revolución francesa y de la fundación de Estados Unidos, y apostó por la modernidad. Sin embargo, la compleja realidad, caracterizada por la gran diversidad de poderes políticos y militares resultado de la guerra de Independencia, propició un escenario lleno de conflictos internos a los que se sumaron intervenciones extranjeras —debido a las cuales el territorio del país quedó reducido a la mitad de su extensión original.

Se hicieron y deshicieron constituciones, por lo que se cambiaron frecuentemente las leyes que regían al país, y no fue sino hasta después de 1917 cuando un prolongado periodo de paz permitió el inicio de procesos de consolidación de las diversas instituciones que, poco a poco, se fueron creando.

La aspiración de modernidad que viene desde la Independencia y, particularmente de la Revolución, se concretó en el establecimiento de muchas instituciones que respondían a buenos propósitos, pero que no llegaron a contar con infraestructura, ni material ni humana. A la pasión de las diversas autoridades por inaugurar no le ha seguido la más discreta y menos brillante de mantener y consolidar. Por ello, el desarrollo de la química, y en general de la ciencia, en nuestro país ha sido, salvo notables excepciones, extraordinariamente lento y, además, como se indicará aquí, desarticulado. A pesar de haberse iniciado en el periodo independiente y de haber alcanzado una importancia relativa, la investigación básica que se realiza en el país es diminuta en términos internacionales. A la industria química nacional no le interesa generar tecnología propia, por lo que cada vez se dependerá más de la innovación extranjera. La enseñanza de la química que debería relacionarse estrechamente tanto con la investigación como con la industria, está desvinculada de ellas. Si miramos el futuro inmediato, ¿acaso podrán México, nuestra industria y nuestros investigadores y universidades alcanzar en diez años un nivel adecuado y rea-

lizar un salto de calidad mediante la articulación de nuestras diversas e incipientes instituciones? La respuesta es no, si continuamos como hasta ahora, y sí, si logramos conjuntar una serie de cambios.

En el espléndido *Diccionario del siglo xxi* de Jacques Attali, se puede leer en la entrada “México” esto que también hay que entender como metáfora de la cultura química nacional “México: País donde Norte y Sur se mezclan, herencia de una mujer india y de un soldado español, lugar donde el peligro de que se desencadene la violencia es mayor. En el 2025 contará con 150 millones de habitantes en vez de los 90 con que cuenta hoy en día. Si consigue mantener su unidad será un ejemplo manifiesto de civilización (mezcla de valores), gran potencia que reinará en el mundo hispanófono y ejercerá una influencia cada vez mayor, tanto económica como política, en el sur de Estados Unidos...”

## **El primer estudiante de doctorado**

Vicente Ortigosa, originario de Tepic (que en aquel entonces formaba parte de la intendencia de Guadalajara y que llegó a ser un importante centro productor de tabaco), se matriculó en la Universidad de Giesen, Alemania, el 29 de octubre de 1839; allí estudió hasta 1842, año en que concluyó su tesis titulada *Sobre la composición de la nicotina y de algunos de sus compuestos* bajo la dirección de Justus von Liebig.

El laboratorio de Liebig en Giesen fue quizá el primero diseñado expresamente para la enseñanza de la química. Hasta mediados de 1830, esta ciencia era marginal en las universidades alemanas. Adquirió importancia en ellas debido a la demanda de científicos especializados en esta área del saber, manifestada por la incipiente industria farmacéutica que los requería con urgencia. Al respecto von Liebig fue el precursor, pues diseñó una primera pedagogía de la química y solicitó apoyo económico del Estado alemán para ponerla en práctica. En su laboratorio, los jóvenes recibían una formación basada en los métodos de la investigación química. El profesor planteaba un problema y varios estudiantes investigaban, según sus conocimientos previos y su criterio, las diferentes facetas del mismo. Los alumnos más avanzados ayudaban a los principiantes, con lo que el número de estudiantes podía ser —como en efecto lo fue— mucho mayor que en cualquier otro lugar. Así, los discípulos de Liebig ocuparon la mayor parte de los puestos de trabajo en las universidades alemanas y extranjeras.

En 1842, año en el que Antonio López de Santa Anna enterraba con todos los honores, en la ciudad de México, su pierna perdida años atrás durante la invasión francesa de Veracruz y también en que aún era generalizada la confusión entre átomos y moléculas,

las, Ortigosa fue el primero en aislar y analizar el principio activo del tabaco, la nicotina, y proponer, a partir de sus resultados (C = 73.35%, H = 9.6% y N = 17.1%), que la fórmula mínima de esa sustancia era  $C_{10}H_{16}N_2$  (hoy sabemos que la fórmula correcta es  $C_{10}H_{14}N_2$ ).

La diferencia de sólo dos átomos de hidrógeno respecto de la fórmula verdadera se debe a un error en el análisis, que en términos generales se consideraba posible. Hoy sabemos que las cantidades correctas son 74.03% de carbono, 8.7% de hidrógeno y 17.3% de nitrógeno.

## La primera escuela de química

En 1913, un joven químico educado en Francia y Alemania, Juan Salvador Agraz, propuso al entonces presidente de la República, Francisco I. Madero, la creación de una escuela de química que impulsara el desarrollo industrial del país. En ese momento, la incipiente industria se reducía a la producción minera, azucarera, textil, de bebidas alcohólicas y, en menor medida, farmacéutica. Pero, como todos sabemos, Madero fue asesinado y Agraz tuvo que empezar de nuevo, en medio del movimiento revolucionario. A finales de 1915, cuando las fuerzas carrancistas controlaban ya el 80% del país, Agraz presentó un oficio al ingeniero Félix F. Palavicini, amigo suyo y en aquel momento secretario de Instrucción Pública y Bellas Artes (antecedente de la Secretaría de Educación Pública), en donde le proponía la creación de una nueva institución de enseñanza y donde incluía las asignaturas y planes de estudios. El documento señalaba textualmente:

“Tengo el gusto de presentar a usted, un proyecto de programa para los cursos de peritos químicos industriales, que me es altamente satisfactorio remitir adjunto, así como otros relativos a los obreros químicos y pequeños industriales y a los ingenieros químicos y doctores en química, sometiendo dichos proyectos al muy ilustrado criterio de usted.”

La parcial respuesta afirmativa a su petición le llegó a Agraz ese mismo año, en que fue designado director fundador de la primera escuela de química del país en un protocolario acto oficial presenciado por muchas autoridades, aunque en ese momento no se asignaron a la institución ni edificios ni laboratorios ni maestros, y cuando tampoco contaba con alumnos. México todavía estaba reconstruyéndose. En 1917, la escuela se incorporó a la Universidad Nacional y dos años más tarde empezó a ofrecer también la carrera de farmacia, que hasta entonces se realizaba en la Escuela Nacional de Medicina. A pesar de las considerables penurias materiales, la siembra de lo que sería la Facultad de Química de la UNAM estaba sembrada y faltaba sólo iniciar los estudios de doctorado.

En junio de 1965, ya en Ciudad Universitaria, la Escuela Nacional de Ciencias Químicas se transformó en Facultad de Química cuando se creó su División de Estudios Superiores y se iniciaron en ella los estudios de doctorado. En palabras de su primer director, el doctor José F. Herrán, se creó para la formación de profesores de tiempo completo y la diversificación de las áreas de investigación. Se iniciaron así las maestrías y doctorados en química y bio-química, de comienzo modesto, mediante el envío de grupos de jóvenes profesionales al extranjero y dando prioridad máxima a la formación del personal académico necesario, sobre la premisa de que los equipamientos serían obtenidos a través de donativos o retribuciones por trabajos específicos de investigación aplicada.

Por la cantidad de alumnos y profesores, por el tamaño de sus instalaciones y la calidad profesional de sus egresados, hoy, a principios del siglo xxi, la Facultad de Química de la UNAM es, en su campo, la más importante institución educativa de nuestro país.

## **El primer instituto de investigación**

En 1941, la investigación química en México se inició de manera institucionalizada, con la creación del hoy Instituto de Química de la UNAM. Sus orígenes se remontan a un pequeño edificio dentro de la Escuela Nacional de Ciencias Químicas en Tacuba, en el Distrito Federal, gracias a los esfuerzos del doctor Fernando Orozco, en ese entonces director de la Escuela de Química, y del doctor Antonio Madinaveitia, con la cesión de colecciones de libros y revistas (personales e institucionales, con lo que empezaría a crearse la más importante biblioteca de química de América Latina), a El Colegio de México (otra nueva institución educativa) y mediante la ayuda económica del Banco de México.

Antonio Madinaveitia, alumno del alemán Richard Willstätter, premio Nobel de Química en 1915 por sus estudios sobre pigmentos vegetales (especialmente la clorofila), era un destacado profesor español. Exiliado en nuestro país a causa de la guerra civil española, Madinaveitia era parte de un destacado grupo de químicos hispanos, que engrosarían las filas de los incipientes investigadores químicos mexicanos. Defendía la idea de que él no tenía otra cosa que hacer sino ayudar a explotar los recursos naturales del país y formar jóvenes mexicanos preparados para la investigación química. En un documento que dirigió al general Lázaro Cárdenas señalaba:

“Me es muy grato manifestar al general D. Lázaro Cárdenas mi agradecimiento profundo, como universitario español, por la atención que con nosotros ha tenido, dándo-

nos la posibilidad de salir de los horrores de Europa, donde todo trabajo de investigación científica es actualmente imposible, para traernos a laborar en este país hermano.

En México, los químicos hemos encontrado, además de una cantidad grande de materias primas por estudiar, una tradición muy interesante tanto en la antigua civilización indígena como en la historia de sus centros de cultura. El medio científico es muy semejante al nuestro y hemos podido desde el primer momento colaborar en él sin dificultad.

El éxito de esta colaboración, si llega, como espero, a ser fructífera para nuestra cultura común, se deberá a su promotor.”

La investigación iniciada en el Instituto de Química ha tenido importantes repercusiones en el ámbito académico de nuestro país, ya que posteriormente se crearon en la unam con personal proveniente de aquél, la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Química y otros establecimientos relacionados con los estudios de química, como el Instituto de Materiales y el Instituto de Biotecnología, sin olvidar que contribuyó a fundar otras instituciones y abrir posgrados vinculados con la química en otras dependencias de estudios superiores del país (como en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, y en las universidades de Morelos, Puebla y Guanajuato).

## **La Sociedad Química de México**

Las sociedades de científicos proliferaron en toda Europa a lo largo de los siglos xvii y xviii. Estos “parlamentos científicos” se habían constituido en los garantes de la veracidad y calidad del trabajo de investigación. No fue sin embargo hasta el siglo xix, cuando las ciencias empezaron a separarse, que se crearon las sociedades de química. La británica Chemical Society, fundada en 1841, fue seguida pocos años después por la American Chemical Society de Estados Unidos y por sus equivalentes de Alemania y Francia.

Luego de más de un siglo de trabajo coordinado de asociaciones de químicos en muchos lugares del mundo, se creó, en 1956, la Sociedad Química de México que, desde entonces, agrupa a los profesionales de la química y de ciencias afines a ella. Hoy integra a quienes ejercen con títulos de químico, ingeniero químico, ingeniero petrolero, químico biólogo parasitólogo, químico farmacéutico e ingeniero químico metalúrgico, entre otros.

En el proceso de institucionalización se destacan las siguientes actividades que continúan hasta hoy.

- 1956. Publicación de la *Revista de la Sociedad Química de México*, la cual ha constituido el medio de comunicación profesional más amplio.
- 1967. Celebración anual del Congreso Nacional de Química, que desde 1981 complementa el Congreso Nacional de Educación en el área de la química, con el fin primordial de intercambiar experiencias y opiniones sobre la enseñanza y el aprendizaje de esta ciencia. Además, desde 1976, la realización, cada cuatro años, del Congreso de Química de América del Norte, junto con la American Chemical Society y el Chemical Institute of Canadá.
- 1964. Creación del Premio Nacional de Química “Andrés Manuel del Río”, que se otorga todos los años a profesionales que se hayan distinguido por sus actividades en la química.
- 1990. Participación en las Olimpiadas Nacionales de Química, junto con la hoy Academia Mexicana de Ciencias, para elegir a los alumnos de esta disciplina que competirán en las Olimpiadas Internacionales.

Derivadas de la Sociedad Química de México, o al menos inspiradas en su ejemplo, han aparecido a lo largo de los años otras agrupaciones profesionales con fines más específicos, en buena medida a causa del nivel de profesionalización y especialización alcanzado por la química en nuestro país. Destacan El Colegio Nacional de Ingenieros Químicos, la Asociación Farmacéutica Mexicana, la Academia Mexicana de Química Inorgánica y la Asociación Mexicana de Química Analítica, entre otras.

## **La primera industria transnacional**

Las hormonas son sustancias que se producen en las glándulas, luego entran en la corriente sanguínea y ejercen un efecto específico sobre la actividad de otro órgano localizado en otro lugar del cuerpo. Algunas hormonas son *esteroides*, pero otras no lo son.

En la misma década de su fundación, el Instituto de Química habría de coparticipar en uno de los descubrimientos modernos más sobresalientes: el de la píldora anticonceptiva.

La historia empieza en 1943, cuando el estadounidense Russell E. Marker, químico especializado en esteroides que había ideado un método para transformar la diosgenina —sustancia contenida en plantas silvestres— en progesterona —hormona segregada por las mujeres durante el embarazo e inhibidora de la menstruación—, descubre en México un vegetal llamado “cabeza de negro”, con alto contenido de diosgenina. Incapaz de con-

vencer a las compañías farmacéuticas de que México era un buen lugar para establecer una industria de esteroides, Marker renunció a la Universidad de Pensilvania en Estados Unidos, rentó un pequeño laboratorio en la ciudad de México y comenzó a trabajar en sus propios procesos. Cuando, al poco tiempo, Marker se presentó en los laboratorios mexicanos Hormona con dos kilos de progesterona, envasados en una botella colocada dentro de una bolsa de papel usada para envolver pan, que en ese momento valían 160 000 dólares, los dueños del mismo se le unieron para crear una nueva compañía: Syntex.

El éxito académico y comercial que alcanzó la producción de hormonas en México fue espectacular. En 1945, los precios de la progesterona habían disminuido de su nivel de 80 dólares por gramo, anterior a Syntex, a 18 dólares. Hacia 1959, los científicos de Syntex habían publicado más artículos sobre esteroides que cualquier otra institución académica o industrial del mundo. En sólo diez años, nuestro país, del que no constaba previamente ninguna contribución notable a la química básica, se había transformado en uno de los principales centros mundiales dedicados a una rama especializada de la química orgánica.

Así, nos visitaron los más renombrados investigadores del mundo y se formaron en México importantes grupos de científicos. Pocos años más tarde se produjeron en México los primeros anticonceptivos orales, los cuales impiden que el óvulo abandone el ovario e interfieren por lo tanto en la concepción. Cinco años después, millones de mujeres de todo el mundo los estaban usando. Por otra parte, Syntex, por presión del gobierno de Estados Unidos, se vendió a una compañía de aquel país que luego se transformó en una corporación internacional. Hoy alcanza ventas anuales por más de 1 000 millones de dólares. El centro de sus operaciones administrativas, de mercado y de investigación se ubicó en Palo Alto, California. En México continuó la fabricación de productos esteroideos intermedios, mientras que la de productos terminados se desplazó a Puerto Rico y las Bahamas.

## **El primer Premio Nobel**

(Agregado en 2021)

El filósofo mexicano León Olive comentó, en el año 2008, sobre el trabajo de Mario Molina y Sherwood Rowland:

“El caso de Molina y Rowland ilustra dos cuestiones importantes: por un lado, que es factible actuar de manera responsable en una situación en la que un sistema técnico está pro-



duciendo daños...[...]...Y, por el otro lado, que hay situaciones en las que los científicos y tecnólogos tienen responsabilidades morales **qua** científicos y tecnólogos, es decir, por su mismo carácter de científicos y tecnólogos. Esto demuestra que la ciencia y la tecnología no están libres de valores, ni son éticamente neutrales, y más aún, que los científicos y los tecnólogos pueden adquirir responsabilidades morales por la propia naturaleza de su trabajo.”

En sus prácticas, las comunidades científicas no están aisladas sino rodeadas de cosas, entre otras, de ‘aires químicos’. En sus prácticas, las comunidades químicas no son neutrales. La pureza, la objetividad y la neutralidad, son una ambición, una trayectoria. Más aún, los seres humanos y no humanos estamos inmersos en esa compleja mezcla de multitud de sustancias que llamamos aire, con sus olores y CFCs incluidos. Y ahí interviene la agencia, que se entiende como una propiedad de las asociaciones emergentes, asociaciones que unen entidades humanas y no humanas en colectivos híbridos, y que adquieren, bajo ciertas condiciones y por una duración específica, la propiedad de actores o actantes. De esta manera se tiene una metodología coherente para incorporar a los no humanos, es decir las sustancias químicas, así como la totalidad de los seres vivos, en los relatos de las prácticas científicas. Con ello y de acuerdo con el filósofo australiano P. Singer “se extiende el círculo”, que convoca a ampliar el grupo de seres a los que, una persona o una comunidad, tiene presentes.

El punto central, para los propósitos del presente texto, es que la moral no debe vincularse a los no-humanos separados de los humanos, sino a las asociaciones que se construyen entre ambos. Con ello, metodológicamente, se intenta pluralizar lo que significa hablar de agencia. En la propuesta del filósofo francés Bruno Latour, conocida como ANT (Actor-Network Theory por sus siglas en inglés), la agencia está desvinculada de los criterios de intencionalidad, subjetividad y libre albedrío. Los seres humanos dejan de ser la “medida estándar” de la agencia, en lugar de la capacidad no-humana de “marcar la diferencia”. Los no-humanos no tienen agencia por ellos mismos, simplemente porque nunca son ellos mismos. Centrada en las prácticas químicas, entonces alquimistas, la máxima de Paracelso “la dosis es el veneno” remite, en esa dirección, a que no hay venenos absolutos, pero que en una dosis particular y en un lugar específico éstos “marcan la diferencia”. Lo que importa son las relaciones, el ensamblaje, el contexto. No hay sustancias venenosas o dañinas por sí mismas. Esa condición la tienen dependiendo del lugar donde se encuentren, del tiempo que perduren y el tipo de relaciones que se establezcan entre ellas (como integrantes de lo que aquí se denomina no humanos) y los humanos. Es el caso del ozono, que respiramos nosotros y los demás seres vivos que nos acompañan, presente en una ciudad o en la diversidad de fluctuantes capas que integra en la estratosfera donde confluyen los clorfluorocarbonos (CFCs) y escenario de múltiples reacciones químicas y fotoquímicas.

El Principio Precautorio indica que ante un peligro, aunque no se tengan pruebas totalmente concluyentes, es necesario tomar medidas de protección cuando esas pruebas son razonables y considerables. Más aún, la “carga de la prueba” se encuentra del lado que niega el peligro. La responsabilidad moral de quien practica la química en los laboratorios, las aulas o las industrias, se sustenta en que intelectualmente entienden el riesgo, (por riesgo se entiende la vulnerabilidad ante un determinado peligro), además de que pueden tomar medidas razonables a su alcance para disminuirlo. No es un asunto fácil pero es una de las muchas maneras de existir. Así, la moralidad en el sentido de Latour se entiende como: *la recuperación del escrúpulo en el reparto óptimo de los fines y los medios*. En esa dirección insiste recientemente el filósofo alemán Joachim Schummer:

*“Molina y Rowland son modelos a seguir, no solo en materia científica por la que ganaron el Premio Nobel de Química en 1995, sino también en materia moral. La lección ética que se puede aprender de ese caso “positivo” (Protocolo de Montreal) es que los científicos tienen de hecho el deber moral de investigar y advertir sobre posibles peligros, que Molina y Rowland y muchos otros han cumplido perfectamente, pero que muchos científicos no siempre conocen.”*

## **Epílogo**

Al final de esta historia hay que decir lo que faltó. Ni de la herbolaria prehispánica (que todavía sobrevive) a la ingeniería química (gracias a la cual hay una industria química en el país) se dijo prácticamente nada. La arbitrariedad del autor se enfocó en los asuntos que, a su entender, eran más significativamente químicos o mexicanos.

Seguramente el lector compartirá la idea de que a pesar de los innegables logros en química que se han tenido en el país, no hay algo que pueda llamarse propiamente química mexicana (¡paradójico título para este libro!), como de hecho tampoco la hay alemana, ni francesa, ni estadounidense. Ni química femenina, ni química negra. La química, como toda ciencia, es una forma de ver el mundo que al integrarse en una determinada cultura lo transforma y esto no es monopolio de una nación, ni de un grupo étnico o social. A fin de cuentas, como aquí se ha dicho, es buena parte de la historia misma de las sociedades humanas.

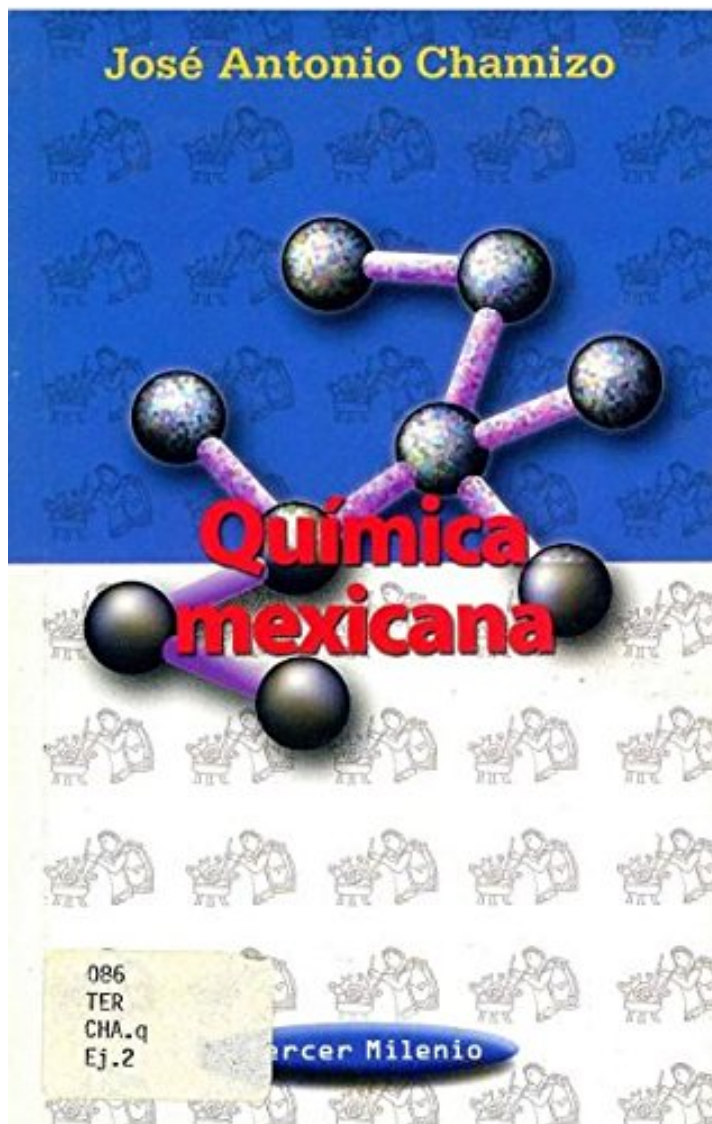
Por otro lado, hay que poner a la química en el contexto de todas las ciencias. En el año 2000, los investigadores mexicanos de todas las disciplinas publicaron 4 000 artículos indexados (que para serlo aparecen principalmente en revistas extranjeras), lo que dividido entre los 100 millones de habitantes en México nos da 40 artículos por millón de habitantes, cifra superior al promedio latinoamericano (23), pero muy inferior no sólo al

de Estados Unidos (956) sino también al de los países conocidos como los tigres asiáticos (106, y que no eran tales tigres en la década de los cincuenta). En forma modesta pero sostenida, la ciencia profesional ha despegado en nuestro país una vez que el índice anterior ha ido creciendo a un ritmo sostenido de 8% anual desde la creación del Sistema Nacional de Investigadores en 1984. Sin embargo, el número de patentes registradas en México por mexicanos ha caído desde prácticamente las mismas fechas. Se hace ciencia pero no hay quien la aplique y seguramente quien la entienda... y así empezamos este nuevo siglo. ¡Bienvenidos!

<i>Años</i>	<i>México</i>	<i>El mundo</i>
3500-2500 a.d.n.e		La extracción de minerales en Mesopotamia permite elaborar las primeras aleaciones de bronce. Aparece la cerámica.
2500-2000		En Creta se inicia el proceso de teñido de telas.
2000-1500		Se extiende en la zona del Mediterráneo el uso de armas y herramientas de hierro.
1500-1000		Se inicia la fabricación de vidrio en Egipto.
1000-500	Civilización olmeca.	Se fabrica acero en la India y papel en China.
500-0		Se establece en Grecia la idea de los cuatro elementos. Se inicia la alquimia.
0-500	Teotihuacan.	En Alejandría se enseñan las operaciones químicas básicas: filtración, destilación y sublimación.
500-1000	Civilización maya.	Los musulmanes descubren las sales de arsénico, azufre y mercurio.
1000-1500	Los pegamentos, el papel, el tequesquite, los colorantes y las bebidas alcohólicas son algunos de los productos químicos usados en las diferentes culturas prehistóricas.	Se aplica la química en la medicina. Aparece la iatroquímica.
1500-1600	Bartolomé de Medina inventa el método de beneficio de la plata en frío.	Agrícola publica <i>De Re Metallica</i> , el famoso libro de metalurgia.

1600-1700		Boyle publica <i>El químico escéptico</i> , en donde distingue entre mezclas, compuestos y elementos.
1700-1800	Se inaugura el Real Seminario de Minería, donde se imparte la primera clase de química del Continente Americano.	Se descubren diferentes gases, entre ellos el oxígeno, el nitrógeno y el hidrógeno. Lavoisier publica su <i>Tratado elemental de química</i> y enuncia el principio de conservación de la materia.
1800-1900	Andrés Manuel del Río descubre el eritronio. Vicente Ortigosa establece la fórmula de la nicotina.	Dalton publica su teoría atómica. Berzelius separa la química en orgánica e inorgánica. Mendeleiev descubre la periodicidad química de los elementos. Nace la industria química moderna. Se funda la Chemical Society y aparecen las primeras revistas que registran los resultados de la investigación química.
1900-2000	Se fundan la Facultad de Química y el Instituto de Química de la UNAM. Se crea la Sociedad Química de México y Syntex. Mario Molina gana el premio Nobel de Química.	Se descubre el átomo nuclear y se sintetizan nuevos elementos químicos. Pauling desarrolla la química cuántica, con lo que se tiene una explicación del enlace químico. Se fabrican macromoléculas sintéticas, nuevas medicinas y el futboleno.  Con la elucidación de la estructura del adn, las bases químicas de la vida quedan identificadas.  La industria química recurre cada vez más al uso de catalizadores específicos.

José Antonio Chamizo



086  
TER  
CHA.q  
Ej.2

Tercer Milenio