

Universidad Nacional del Litoral
Secretaría Académica
Dirección de Articulación, Ingreso y Permanencia
Año 2014



Química

Conceptos fundamentales

Química. Conceptos fundamentales / Héctor S. Odetti et al. - 1a ed. 1a reimp. - Santa Fe:
Ediciones UNL, 2012. 216 pp + CD-ROM ; 25x17 cm (Cátedra)

ISBN 978-987-657-001-5

1. Química. 2. Enseñanza Universitaria. I. Odetti, Héctor S.

CDD 540.071 1

Unidad 0. Química: una ciencia no sólo experimental

Daniel Alsina / Edgardo Cagnola / René Güemes / Juan Carlos Nosedá / Héctor Odetti
Colaboradores: Andrea Pacífico / Liliana Zimmermann / Ema Cano de Candiotti

Revisión 2017: Edgardo Cagnola / Viviana Cova / Inés Granados / Isabel Nescier / Viviana Roldán / René Güemes / Lisandro Seluy

1. Introducción

A modo de introducción proponemos a continuación un fragmento extraído y adaptado de *Historia de la Química*. Bernadette Bensaude-Vicent, Isabelle Stengers. Addison-Wesley, Madrid, 1997; que entendemos aporta a la reflexión acerca de la importancia de la Química como ciencia, haciendo hincapié en algunos aportes significativos realizados a lo largo de la historia y en los desafíos constantes que interpelan a la disciplina en la actualidad.

Reflexiones acerca de una ciencia fundamental: la Química

La Química, hija de la Alquimia, consiguió dar una imagen de sí misma seria, moral, responsable, invocando su utilidad social y su interés económico. Así es que juega un papel importante en el logro de una civilización perdurable sobre el planeta. La economía permanece hoy casi totalmente dependiente de una provisión de compuestos químicos para la agricultura, la medicina, los combustibles, la metalurgia y la fabricación textil, por mencionar algunos.

Los últimos cincuenta años han sido testigos de la aparición de una enorme cantidad de productos químicos. Se puede concluir que la Química ha dinamizado la actividad industrial a través del mundo, incluso en las regiones más alejadas y en los países en vías de desarrollo, e invadido progresivamente la vida del hombre en todos los estadios de sus necesidades y de su ambiente cotidiano.

Sin embargo, esta ciencia se presenta como objetivo escogido de las controversias políticas y sociales a propósito de los valores de la industria y el progreso. Catástrofes como la de Bhopal en la India, las lluvias ácidas, los gases clorofluorocarbonados -CFC- que destruyen la capa de ozono, los fertilizantes con nitratos o pesticidas que envenenan las capas freáticas, los residuos industriales peligrosos, todo esto es también Química.

Ante esta situación, ¿qué podemos hacer? Ante todo, no creer que la Química progresa de modo tal que se identifica con un destino sino, por el contrario, es el producto de una historia. Y al considerar ahora este presente encarando el futuro, esperamos hacer jugar los grados de libertad creados por la diferencia entre historia y progreso, con el fin de hacer valer la posibilidad de otros modos de compromiso entre los químicos y los conocimientos que ellos producen. Así pues, se requiere el arte de negociar una multiplicidad de elementos de conocimientos, articularlos con tacto y, aprender a no despreciar un detalle que puede marcar la diferencia. Por esto, la Química sigue ofreciendo un espacio para las grandes aventuras. ¿Podemos aventurar aquí, la idea de que su identidad reside en la asociación entre el químico y esos conocimientos? ¿Podemos afirmar que el químico es el maestro o el alumno de la naturaleza? ¿Poseedor o poseído por ella? El químico es un péndulo que nunca está en una única posición, y la Química es una ciencia entre lo empírico y lo teórico, entre una naturaleza poblada de singularidades y el reino de las leyes generales, entre la asimetría y la armonía. Su imagen renovada como tierra de grandes aventuras no es cosa sólo de químicos sino de todos los que, en un determinado momento histórico, hacen de ella una ciencia cargada de posibilidades o sometida a un territorio, lo que, indefectiblemente, trae como consecuencia la posibilidad de desmembramiento, de caos y de escepticismo, en la que la necesidad de aprender esta ciencia resulta ajena a los jóvenes.

Colocar a la Química en una perspectiva de largo plazo, descifrar sus virtualidades inscriptas en el presente, separar sus múltiples futuros posibles, en resumen, subrayar el carácter abierto de esta ciencia, será el trabajo que deberán definir los futuros estudiantes universitarios y los químicos con el compromiso propio de los investigadores del siglo XXI.

Cuando hablamos de química, nos referimos a una disciplina científica, pero... ¿Qué se entiende por ciencia? Esta pregunta, que parece muy inocente y sencilla, en realidad presenta complicaciones. Grupos de científicos y de epistemólogos, y en distintos momentos históricos, aportan respuestas diferentes. No queremos, entonces, incorporar una nueva definición a las que ya existen; lo que buscamos es mostrar, a lo largo de este libro, la inmensa complejidad que encierra la empresa humana que denominamos, sin mucha precisión en la mayoría de los casos, *ciencia*.

Sin embargo, a continuación daremos algunas pistas, mojones en el camino para ir reconociendo elementos que caracterizan, en principio, a la actividad científica:

a) *procura conocer el comportamiento de la naturaleza y de la sociedad*: intenta dar explicaciones acerca de los fenómenos que nos rodean y que se presentan como problemáticos. También el conocimiento común pretende comprender los fenómenos del mundo real; la diferencia radica en que la ciencia aporta explicaciones que se fundan en teorías que han sido corroboradas por la experiencia y, por ende, deben incorporar consecuencias que sean observables a los efectos de poder contrastarlas con la realidad;

b) *brinda fundamento a la tecnología*: los avances tecnológicos y sus realizaciones tienen su fundamento en las investigaciones científicas. Suele identificarse a la ciencia con la tecnología, aunque son diferentes; esto se debe a que la simbiosis ciencia – tecnología – producción industrial constituye el motor productivo de las sociedades modernas;

c) *origina concepciones del mundo que afectan a la filosofía y a la cultura*: en la actividad científica se gestan permanentemente nuevas ideas y descubrimientos que suelen afectar las miradas elaboradas por los filósofos acerca de la comprensión de la realidad;

d) *involucra factores sociales, políticos y económicos*: los científicos se ven influenciados por los contextos en los cuales desarrollan sus actividades y, a su vez, su propio quehacer genera efectos que a veces suelen identificarse con la idea de progreso.

2. Clasificación de las ciencias

Las ciencias que hoy conocemos presentan entre sí diferencias. Una estrategia humana para organizar y sistematizar la realidad, a los efectos de poder comprenderla y aprehenderla, es la clasificación. El hombre siempre ha necesitado ordenar de algún modo lo profuso, lo complejo, lo intrincado, para lograr entenderlo, valorarlo u operar sobre ello. Las clasificaciones colaboran mucho en este sentido. Es importante tener en claro que las mismas no son verdaderas o falsas; en cambio, pueden ser adecuadas o inadecuadas en tanto nos permitan o no percibir las complejidades inherentes al estudio de la naturaleza y de la sociedad. A su vez, la clarificación de los criterios clasificatorios que subyacen a las clasificaciones debería ser el punto de partida para que los laberintos que las cambiantes realidades nos proponen, adquieran sentido y significatividad.

De las diversas clasificaciones que se han propuesto, en este libro seleccionamos aquella cuyo criterio clasificatorio refiere al método que las ciencias

emplean para justificar la verdad de sus afirmaciones. Algunas, como la física y la economía, necesitan re-currir a la experiencia para justificar sus hipótesis, para validar aquellos supuestos que guían su actividad científica. Otras, como la matemática y la lógica, no necesitan de la experiencia para justificar la verdad de sus enunciados. Para ilustrar este caso podemos recordar cómo se demuestra la verdad de un teorema en matemáticas. Al primer grupo se lo denomina, en esta clasificación, ciencias fácticas y se las subdivide en ciencias naturales y ciencias sociales. Entre las ciencias naturales podemos nombrar a la Química, a la Física, a la Biología, a la Astronomía, y entre las ciencias sociales a la Psicología, a la Economía, a la Sociología, a la Antropología, entre otras. Al segundo grupo se lo denomina ciencias formales y, hasta hoy, sólo la Matemática y la Lógica forman parte de él.

A pesar de que el criterio de clasificación elegido pone la mirada sobre la posibilidad de experimentación que poseen las ciencias fácticas, cabe aclarar que intervienen en su conformación elementos no empíricos y que son fundamentales en tanto, a través de ellos, comprendemos con detalle los fenómenos que intentamos explicar.

3. Química: una ciencia no sólo experimental

La Química comienza en las estrellas. Éstas son la fuente de los elementos químicos; es decir, de las distintas clases de átomos que constituyen la materia, punto esencial de lo que estudiaremos aquí. En las estrellas, la atracción gravitatoria hace que los átomos de hidrógeno, – el elemento más simple –, se unan y se conviertan en átomos de elementos distintos: helio, carbono, oxígeno, hierro y todos los demás. Este tipo de re-acción se denomina *fusión nuclear*. Cuando se fusionan dos átomos se libera una gran cantidad de energía, y se genera así la luz de las estrellas. Esta luz, que incluye a la del Sol, es un signo de que los *elementos* todavía están en proceso de formación.

Los elementos formados hace mucho tiempo en el interior de las estrellas antiguas han llegado hasta la Tierra; de hecho, la han constituido. Muchos millones de años después de que se forme una estrella y de que empiece a enfriarse, sus capas externas pueden desplomarse, como si de un techo se tratara, sobre el núcleo agotado de la misma. Este proceso es tan potente que origina ondas de choque, de modo que la estrella pierde cantidades inmensas de materia y las envía hacia el espacio, como si fueran escombros estelares; esta explosión enorme es denominada “supernova”. En nuestra galaxia y en sus alrededores han sido detectadas muchas de estas explosiones a lo largo de los últimos 1000 años. La explosión hace que la temperatura de la estrella sea superior a la que tenía: la nebulosa del Cangrejo (originada por la supernova del año 1054) fue visible en

pleno día durante tres semanas. Cuando las temperaturas alcanzan niveles muy altos, incluso los átomos más pesados de la estrella chocan con una energía suficiente para unirse unos con otros y convertirse en átomos todavía más pesados. Los elementos de mayor peso que hoy se encuentran en la Tierra, entre los cuales puede citarse el uranio y el oro, se constituyeron de esta manera.

Entre los elementos se han producido cambios que los transformaron en las materias primas que se encuentran en la Tierra. En consecuencia, se convirtieron en rocas, océano, aire, vegetación y carne. De hecho, los átomos que forman parte de nuestro cuerpo se formaron en el interior de estrellas mucho antes de que existiera la Tierra. Los seres humanos hemos descubierto cómo se pueden transformar estas materias primas en sustancias más útiles para diversas aplicaciones.

En las primeras fases de nuestra civilización los metales sustituyeron a las piedras como material para la construcción de herramientas y armas. Al principio la mezcla de metales se produjo de modo accidental. Luego, al descubrirse que ciertas mezclas eran más fáciles de fundir, moldear e incluso de usar, o más duraderas, se llevó a cabo la aleación de metales para lograr objetivos específicos. El impacto económico de los materiales creados poco tiempo antes y el espíritu de investigación propio del ser humano dieron lugar en último término a la Ciencia. Como caso particular, dicho espíritu de investigación dio lugar a una rama de la Ciencia denominada Química. La codicia fue el motor original de tal espíritu de indagación, ya que la Química deriva de la vana lucha de los alquimistas por transformar el plomo en oro. Aunque éstos no lograron emular a las estrellas, a lo largo de sus investigaciones descubrieron muchas conversiones de la materia. Por consiguiente, hicieron posible la Química moderna.

Mediante experimentos, es decir, pruebas realizadas en condiciones sometidas a un control meticuloso, los químicos han descubierto cómo puede convertirse un tipo de material en otro. Estas experiencias y la manera que los químicos tienen de recopilar, organizar y usar sus observaciones y medidas constituyen una etapa de nuestro re-corrido científico, que debe complementarse con las interpretaciones que aportan los modelos teóricos. Si la actividad científica sólo se moviera en un nivel empírico, con términos que refieren a entidades observables, no nos suministraría explicaciones profundas acerca de los fenómenos que se nos presentan como problemáticos. Es decir, cuando nos preguntamos, por ejemplo, por qué razón se dilata el metal cuando se lo expone al calor o por qué el envase de vidrio herméticamente cerrado y lleno de cerveza, al congelarse, se revienta en el freezer; en ese momento se nos presenta la necesidad de una teorización que explique lo observable o leyes empíricas en términos de entidades teóricas. Es por ello que la actividad científica en las ciencias fácticas no es sólo una cuestión de observaciones y experimentos.

4. Actividades de la ciencia

¿Cuál es la naturaleza de la actividad científica? ¿Cuál es la naturaleza de la Química? Nuestra respuesta a esta pregunta se desarrolla parcialmente en este libro. En él se analizarán problemas, hipótesis, supuestos, experimentos, leyes, teorías, observaciones y explicaciones. Comprender cómo se entran estos conceptos entre sí posibilita vislumbrar la naturaleza de la Química, los grandes e interesantes interrogantes que los químicos se plantean y el modo en que intentan dar respuesta a los mismos.

Todas las formas vivientes captan su entorno de uno u otro modo y, en respuesta a sus percepciones, reaccionan con la tendencia a prolongar su existencia. De todos los seres vivos, el hombre es el que responde a su ambiente de un modo más complejo. Su inteligencia y su capacidad de comunicación le permiten enfrentarse a aquél de manera excepcionalmente provechosa. Ante la aparición de fenómenos que lo rodean, el científico *se pregunta* por ellos, *conjetura* explicaciones posibles, *acumula* información, después, *organiza* esta información e *investiga* las regularidades que en ella pueden existir, *trata de explicar* el porqué de las mismas y, finalmente, *transmite* sus hallazgos a la siguiente generación. Las actividades básicas de la ciencia son pues las siguientes:

- preguntarse por algunos fenómenos;
- explicar por qué se presentan (hipótesis explicativas);
- acumular información por medio de observación;
- organizar esta información e investigar las regularidades que en ella pueda haber;
- poner a prueba las hipótesis, y;
- comunicar a otros los descubrimientos.

Así, las actividades de la ciencia comienzan con la formulación de preguntas acerca de determinados fenómenos que se presentan como problemáticos. Luego, para elaborar respuestas que expliquen esos fenómenos, se realizan observaciones guiadas por hipótesis explicativas previas, las cuales pueden ser fructíferas cuando las condiciones que en ellas influyen son cuidadosamente controladas; esto significa que pueden ser fijadas en un valor conocido y hacerlas variar deliberadamente, si así se desea. Las condiciones de la observación se controlan mejor en un espacio especialmente acondicionado denominado laboratorio.

4.1. Observación

Cualquiera puede pensar que es simple ser un buen observador pero, para serlo se requiere algo más que una buena vista. Se necesita concentración,

atención a los detalles y paciencia. ¡Y, además, y por sobretodo, hacen falta práctica y conocimientos teóricos!

Consideremos un ejemplo de nuestra propia experiencia, una vela ardiendo. Mucho puede decirse sobre un objeto tan conocido pero, aunque no parezca, requiere una observación atenta. Esto significa que la combustión de la vela debe ser observada, desde una perspectiva científica, en un laboratorio, es decir, en un lugar donde puedan controlarse las condiciones de la observación.

Pero, ¿cómo saber las condiciones que es preciso controlar? ¡Cuidado con las sorpresas! Muchas veces las condiciones que tienen más importancia son las más difíciles de descubrir.

4.2. La búsqueda de regularidades

La observación, guiada por las primeras preguntas e hipótesis lleva, inevitablemente, a formular nuevos interrogantes, y uno de los que suele surgir refiere a la necesidad de los hombres de encontrar un cierto orden, bajo el aparente caos. Entonces, la pre-gunta es ¿qué regularidades se nos presentan? El descubrimiento de regularidades permite la simplificación de las observaciones. En lugar de tener observaciones separadas, se las puede clasificar agrupándolas, lo que permite emplearlas de una manera más efectiva. En la búsqueda de estas regularidades debemos ser conscientes de las trampas que se presentan, pues la investigación es sinuosa y toma, frecuentemente, caminos erróneos. En la exploración de lo desconocido no todos los pasos significan adelantos, pero no hay otro modo de avanzar. Comprenderemos mejor cómo progresa la investigación por medio de un cuento. El desarrollo de un ejemplo claro puede hacernos comprender cómo el científico investiga las regularidades.

“Había una vez un niño que se extravió en un bosque. Como hacía mucho frío buscó materiales para encender un fuego y, al acarrearlos hasta su hoguera, descubrió que unos ardían y otros no. Y esta situación se le presentó como problemática. Para evitarse el trabajo de recoger materiales inútiles, el chico anotó los objetos que ardían y los que no lo hacían; así, organizó su información. Después de algunos acarreos, su clasificación adquirió el aspecto que presenta la Tabla 1.

Tabla 1. Inflamabilidad

Arden	No arden
Ramas de árbol	Rocas
Palos de escoba	Trozos de hierro
Lápices	Arena
Patas de silla	Latas

La organización de la información fue al principio una buena ayuda para su búsqueda. Sin embargo, cuando comenzaron a escasear las ramas y los palos de escoba, el muchacho trató de encontrar una regularidad que le sirviese de norma para encontrar nuevos materiales combustibles. Mirando en la Tabla 1 comparó la columna de objetos que ardían con la de los que no ardían, notó una aparente regularidad y pensó en una posible ‘generalización’. Tal vez: ‘los objetos cilíndricos arden’.

Al otro día, el niño continuó buscando combustibles pero se olvidó de llevar su lista. Sin embargo, como recordaba su generalización, cuando volvió a su campamento traía una rama, una caña vieja y tres palos de béisbol, ¡predicciones acertadas! Además, estaba contento por no haberse molestado en acarrear objetos como un radiador de automóvil, un trozo de cadena y una gran puerta ya que no siendo cilíndricos, no había razón para suponer que ardiesen, de acuerdo con su supuesto inicial.”

En la actividad científica estos supuestos iniciales se denominan hipótesis.

A partir de estas generalizaciones, que constituyen conjeturas iniciales que sistematizan las primeras informaciones y observaciones, se procura dar explicación a los fenómenos.

Ahora bien, se puede objetar que esta generalización no es realmente cierta. La generalización establece una regularidad entre todas las observaciones disponibles y, mientras las observaciones queden limitadas a los objetos de la lista, la generalización es aplicable. Una generalización es de confiar dentro de los límites definidos por los experimentos que han servido para establecerla.

Mientras nos limitamos a los objetos de la Tabla 1, añadiendo las cañas y los palos de béisbol, es realmente verdad que los objetos cilíndricos arden.

Por haber resultado acertadas las predicciones, el niño llegó a tener confianza en su generalización y, al día siguiente, deliberadamente, dejó la lista en el campamento. Esta vez, guiado por su hipótesis, regresó muy cargado con tres trozos de tubo, dos botellas de cerveza y el eje de un coche viejo, habiendo despreciado una enorme caja de cartón llena de periódicos.

Durante la larga y fría noche siguiente, llegó a estas conclusiones:

1. es posible que la forma cilíndrica de un objeto no esté relacionada con su inflamabilidad;
2. aunque la “regla cilíndrica” ya no resulta útil, las ramas, los palos de escoba, los lápices y otros objetos combustibles redondos de la Tabla 1 continúan ardiendo y,
3. será mejor que lleve conmigo la lista mañana.

Pero, reflexionando de nuevo sobre la lista advirtió una “nueva” regularidad que, satisfaciendo a la Tabla 1, armonizaba con la información recientemente adquirida. Tal vez: “los objetos de madera arden”.

¿Cuál es la mejora que esta suposición regla reporta con relación al anterior fracaso? En vista de ella, el chico regresó a buscar la puerta que había dejado dos días antes pero despreció la cadena, el radiador de automóvil y el cartón lleno de periódicos.

No pensemos que lo anterior es una falacia, porque es lo que constituye el proceso de construcción del conocimiento científico. Es decir: nos preguntamos acerca de determinados fenómenos que se presentan como problemáticos, hipotetizamos alguna explicación, realizamos algunas observaciones, las organizamos y buscamos las regularidades que nos auxilian para usar eficazmente nuestros conocimientos. Las regularidades se establecen en forma de generalizaciones llamadas *leyes*. A su vez, un conjunto de leyes constituye una *teoría*, las cuales se sostienen mientras significan una ayuda en la sistematización de nuestros conocimientos. Podemos estar seguros de que, algún día, algunas ideas científicas actuales nos parecerán tan absurdas como la de que “los objetos cilíndricos arden”. Pero, ese día nos sentiremos orgullosos de las ideas mejores que las han sustituido. Aunque nos parezcan poco prometedores los pequeños progresos del niño –que todavía no ha descubierto que la caja de periódicos arderá– tengamos confianza. El muchacho está en el sendero científico y sus pasos vacilantes lo llevarán finalmente a los periódicos. Está pasando por las mismas fases que nos han traído a nuestra comprensión actual de la teoría de la relatividad, al descubrimiento de la vacuna antipoliomielítica y a las naves espaciales.

Retomando lo hasta aquí expuesto podemos decir que conocemos ya, a grandes rasgos, algunas de las actividades de la ciencia. Primero fue el surgimiento del problema, su identificación y la elaboración de una hipótesis

explicativa, luego la observación cuidadosa en condiciones controladas y, por último, la organización de la información y la búsqueda de regularidades observables en el comportamiento. Viene a continuación otra actividad que puede ser designada como “investigando el por qué”, y se origina en nuestra irresistible tendencia a saber algo más que simplemente “lo que sucede”. Pretendemos también encontrar la respuesta a la pregunta “¿por qué sucede?”.

Es en este momento que se presenta la necesidad de una teorización que explique estas leyes empíricas en términos de entidades teóricas. Esta actividad es probablemente la más creadora y la más contributiva de la ciencia.

En nuestro ejemplo del bosque, el niño se podría preguntar por qué “los objetos de madera arden” y por qué la madera se quema cuando se la acerca al fuego y los tubos de metal no. Para dar respuesta a estas preguntas se necesita apelar a términos tales como comburente, energía de enlace, energía de activación, etc.; términos teóricos que, si bien no son observables pueden vincularse con otros que sí lo son. En nuestro ejemplo la ley de la conservación de la materia, la ley de la conservación de la energía, por mencionar algunas.

5. Los patrones de la investigación científica

A modo de resumen de lo que hemos desarrollado hasta ahora podemos decir que el centro del estudio del universo físico estriba en preguntarnos acerca de los fenómenos, la observación y generalización de los mismos guiados por hipótesis previas, lo cual lleva a la formulación de una teoría tendiente a explicarlos. Los procesos intelectuales involucrados en este estudio se colocan tradicionalmente en un orden filosófico “ideal” al que se denomina *método científico*. Aunque esto resulta útil para elaborar el orden y las categorías de la investigación según el “método” tradicional, la investigación científica raramente (si es que lo ha hecho alguna vez) sigue un curso tan cuidadosamente planeado. Por lo tanto preferimos en lugar de método científico utilizar la denominación “metodología de trabajo de los científicos” entendida no como pasos secuenciales a seguir sino como forma de sistematizar estos ítems:

1. se presentan como problemáticos determinados fenómenos de la naturaleza;
2. se realizan observaciones, orientadas por hipótesis previas a escala macroscópica, a menudo en forma de experimentos, del sistema físico en estudio;
3. se intenta encontrar una norma o consistencia en todas estas observaciones; si es posible formular una expresión verbal o matemática que las relacione. A dicha expresión se la denomina *ley* y es una hipótesis a partir de la cual se explican las observaciones previas y se predicen nuevas observaciones;
4. se acepta un conjunto de leyes, empíricas y teóricas, que han sido contrastadas con resultado positivos, que permiten una comprensión profunda de determinados fenómenos. Este conjunto de leyes constituye una *teoría* del comportamiento del sistema en cuestión.

“Los falsacionistas preferimos resolver los problemas mediante una conjetura audaz aunque pronto resulte falseada porque esa es la manera en que podemos aprender de nuestros errores; y al descubrir que nuestra conjetura era falsa habremos aprendido mucho sobre la verdad y habremos llegado más cerca de ésta”. (Karl Popper, *Conjeturas y refutaciones*, Buenos Aires, Paidós, 1983)

En realidad, el conocimiento científico progresa a través de la *interacción continua de todas estas etapas y el avance de la tecnología en el invento de técnicas mediante las cuales observar la naturaleza.*

Debe considerarse, además, que las categorías de la actividad que comprende el método científico entran en juego con los interrogantes de algunos curiosos que hacen preguntas como: “¿Por qué esto sucede así?” “¿Cómo se relacionan estos fenómenos?” “¿Cómo podría prepararse este material?” “¿Qué sucederá si procedo a mezclar esta sustancia con esta otra?” El progreso del conocimiento científico depende claramente de la habilidad de los científicos para emitir preguntas importantes; preguntas que nos lleven a nuevas respuestas, que generen, a su vez, nuevos y más fructíferos interrogantes. Ya hemos afirmado que una teoría científica está compuesta de leyes observacionales y teóricas. Las leyes observacionales están compuestas de términos observacionales y las leyes teóricas, de términos no observables o teóricos.

¿Qué es un término observable? ¿Qué es un término no observable? Los términos observables aluden a entidades que podemos observar o tocar u oír. En nuestro ejemplo del niño en el bosque, los troncos, las ramas y los tubos cilíndricos. Los términos no observables aluden, en cambio, a entidades que no podemos observar. Ejemplos de este último caso son los enlaces químicos entre los átomos y / o moléculas.

Para un químico son observables los tubos de ensayo, los mecheros, el papel de tornasol, mientras que no lo son la estructura electrónica o la estructura atómica-molecular. Una situación similar se le presenta al físico: las balanzas, el dial, las pesas, objetos cotidianos en reposo o en movimiento son observables pero, no ocurre lo mismo con los protones, neutrones y electrones que configuran los átomos. También en el campo de las ciencias sociales podemos hacer esta distinción: las planillas con que la gente ha respondido a una encuesta son observables, pero el conflicto social o la anomia, que explican los datos obtenidos por la encuesta, son entidades no observables. Es decir, todas las disciplinas científicas edifican sus hipótesis y teorías recurriendo necesariamente a estas entidades no observables.

La interacción constante entre el planteo de los problemas, las hipótesis para resolverlos, la observación y la teoría constituyen el centro de la actividad científica, tanto si se la dignifica con el nombre de “método” o no. Por esta razón,

el estudiante debe procurar distinguir entre lo que es *directamente observable* en sus propias experiencias o las ajenas, y lo que es una *explicación teórica* de las observaciones. Por ejemplo, debemos distinguir claramente entre la aparición de un precipitado (sólido) cuando mezclamos dos sustancias líquidas y la explicación de por qué se produce esta precipitación.

Para cerrar esta introducción proponemos efectuar la lectura del siguiente texto que, si se articula con la frase inicial con la que comienza este libro, dará lugar a reflexiones enriquecedoras: la complejidad del quehacer científico, cómo investigan los científicos, cómo interpretan la realidad. Además, invitará a deliberar acerca del impacto social de la ciencia y la tecnología, las cuestiones éticas, políticas y económicas que involucra y la inmensa riqueza inherente a este fenómeno, denominado ciencia, que identifica a nuestros tiempos.

Una luz en la oscuridad. En: Dioses y demonios en el átomo. De los rayos x a la bomba atómica. Moledo, L., Rudelli, M., 1996 (extracto).

“Cuando Wilhelm Roentgen recibió el Premio Nobel de Física, recordaba que una tarde en su laboratorio brilló una luz. El mundo era entonces muy sencillo, y los científicos pensaban que sabían todo lo que había que hacer. La ciencia era tan reciente que muchas cosas carecían de nombre y para mencionarlas había que señalarlas con el dedo.

Roentgen era un modesto profesor de la Universidad de Wurzburg (Alemania) que, el 8 de noviembre de 1895, estaba experimentando con descargas eléctricas en un tubo de vidrio donde se había hecho previamente el vacío. Mas tarde se habría de recordar esa fecha como el comienzo de algo, como el inicio de una nueva era, como el arribo a un nuevo mundo, como el acontecimiento que marca un antes y un después. Pero, Roentgen no podía sospecharlo en su laboratorio a oscuras.

Usó un tubo de vidrio, al que había envuelto con un papel negro y, entonces vio un resplandor en el otro extremo del laboratorio. Interrumpió la corriente, y el resplandor desapareció. Dejó pasar la corriente otra vez, y algo volvió a brillar en la oscuridad. En esta época los investigadores se maravillaban ante los «milagros» de la electricidad. Aunque Roentgen no lo sabía, este fenómeno ya había ocurrido antes en experimentos llevados a cabo por el inglés Thomson y el físico de Oxford Smith, quien comprobó que las placas fotográficas que estaban cerca de un tubo similar al que utilizaba Roentgen se velaban, pero, se limitó a decir a su asistente que cambiara las placas de lugar.

En cambio, Roentgen se puso de inmediato a examinar la naturaleza de ese resplandor. Comprobó que venía de una lámina colocada sobre una mesa, recubierta con platinocianuro de bario, que fluoresce fácilmente. Interpuso su

mano entre el tubo y la lámina, y entonces vio algo que nadie había visto antes: la sombra borrosa de sus huesos. Un nuevo mundo empezaba.

En diciembre de 1895 publicó los resultados de sus experimentos. Además, hizo colocar a su esposa la mano, como lo había hecho él y, sobre una placa fotográfica se distinguían claramente los huesos de la mano y el anillo de matrimonio de ésta. Roentgen recibió el premio Nobel de Física, que se otorgó en 1901.

A esos rayos se los podía haber llamado «rayos Roentgen» pero prevaleció el nombre que Roentgen eligió para anunciarlos: rayos X. La X significaba que el físico alemán en realidad no sabía qué eran. Supuso, bastante cerca de la verdad, que esos rayos eran análogos a los de la luz, pero con mucho más energía.”

Bibliografía

Atkins, Peter W. *Química General*. Omega SA, 1992.

Bottani, E. [et ál.]. *Química General*. Centro de Publicaciones, Universidad Nacional del Litoral, 2001.

Brescia, Frank [et ál.]. *Fundamentos de Química*. Continental S, 1975.

Brown, Theodore [et ál.]. *Química, la ciencia central*. 5ta edición. Prentice-Hall Hispanoamericana SA, 1993

Chang, Raymond. *Química*. 7ma edición. Mc Graw Hill, 2002.

Chemical Education Material Study (editor: George Pimentel). *Química, una ciencia experimental*. Reverté, 1966.

Moledo, L., Rudelli, M. *Dioses y demonios en el átomo. De los rayos X a la bomba atómica*. Sudamericana, 1996

Parry, Robert [et ál.]. *Química*. Reverté SA, 1973.

Whitten, Kenneth [et ál.]. *Química General*. 5ta edición. McGraw Hill, 1998.