

ENCUENTRO CON LA QUÍMICA



Por solidificar la
colaboración científica

UNA REVISTA DE LA SOCIEDAD CUBANA DE QUIMICA

Volumen 6. Número 1. Año 2020



Encuentro con la Química

Volumen 6 - Número 1

Enero - Abril 2020

PORTADA



Imagen tomada de Internet

Elaborada por:



Kenneth Fowler Berenguer

GRUPO EDITORIAL



Editor:
Dr. Gastón Fuentes Estévez
gastonfe@biomat.uh.cu

Colaboradora:
Dra. Rebeca Vega Miche
vega@fq.uh.cu

Composición y producción:
Lic. Kenneth Fowler Berenguer
kennth.fowler@biomat.uh.cu

Editorial	1
Especial	
<i>COVID-19, oportunidad para solidificar la colaboración científica</i>	
Eduardo Mayo Yanes	3
<i>Son tiempos de protegerse y de colaborar</i>	
Kenneth Fowler Berenguer	5
<i>FQ se queda en casa</i>	7
Investigación Química	
<i>La aspirina, un fármaco con 122 años de existencia</i>	
Margarita Suárez Navarro	9
<i>Confesiones de un Químico: del aula a las bibliotecas a través de perlas y péptidos</i>	
Yordanka Masforrol	14
Enseñanza de la Química	
<i>La Química Multidisciplinaria: A propósito de la "Defensa de la Regla de Tres" del Profesor Ernesto Ledón Ramos</i>	
Luis A. Montero Cabrera	23
<i>En defensa de la Regla de Tres</i>	
Ernesto Ledón Ramos	25
<i>Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 16: La sección de conclusiones de un artículo científico</i>	
Manuel Álvarez Prieto	34
Ciencia y Sociedad	
<i>Sustancias Químicas y el Síndrome del Edificio Enfermo</i>	
Mercedes Fernández García	38
Historia de la Química	
<i>Antoine Laurent de Lavoisier, un Químico del siglo XVIII</i>	
Margarita Suárez Navarro	47
<i>Jorge Guerra Debén: un ejemplo a seguir</i>	
Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas	53
<i>Datos biográficos del doctor Ernesto Cuervo Blay (1913-1992)</i>	
Francisco Fernández Gómez, Blanca Nieves Hernández Martínez, Haydee Ulloa Reyes	56
Ciencias y Humanidad	
<i>Ciencia, Arte y Música. Parte III. Química y Música. Dime de qué estás hecho y te diré como sueñas</i>	
Gastón Fuentes Estévez, Francisco J. Sola	59
Noticias	
<i>Desayuno con mujeres de la IUPAC, Global Women's Breakfast #GWB2020</i>	
Loreley Morejón Alonso	70
<i>Memorias del IV Simposio Iberoamericano de Química Orgánica (SIBEAQO'2019)</i>	
Julieta Coro Bermello, Loreley Morejón Alonso	72
Curiosidades	
<i>La Química y el Tatuaje</i>	
Patricia Pérez Ramos, Irela Pérez Sánchez, Milena Díaz Molina	75
Normas para la publicación de la revista Encuentro con la Química	79

Editorial



Este 2020 marca las dos primeras décadas de existencia del recién nacido tercer milenio de nuestra civilización, y ya nuestra querida, contaminada y única nave espacial, como bien dice el conductor de Dossier, Walter Martínez, se enfrenta a una catástrofe de inesperadas proporciones que resulta ser estaba anunciada en la Biblia, el Corán o por el mismísimo Michel de Nostradamus.

De cualquier manera, la vida no se detiene y aun cuando al momento de escribir esta editorial, ya la COVID-19 había contagiado poco más de tres millones de personas en el mundo y se había cobrado un cuarto de millón de vidas, el ser humano en su infinita lucha por la supervivencia frente a su propia ignorancia continúa de maneras diferentes, ofreciendo ese arsenal de bondad, carisma e inteligencia que nos llena de esperanza.

Y nosotros, los científicos, en primera línea en la lucha contra cualquier enfermedad, damos nuestro aporte hoy, desde el laboratorio aquellos que están convocados por la fuerza mayor de su especialización, desde las salas aquellos que con batas blancas, día a día se sacrifican y enfrentan tú a tú y mano a mano en la atención a los enfermos de esta pandemia, desde nuestras casas, los que como nosotros tratamos de seguir aportando conocimientos de forma amena e instructiva para motivar a las nuevas generaciones a que sean nuestros relevos en estas batallas que nunca terminan.

Sirva este primer número del año como homenaje a todos los que enfrentan esta pandemia mundial desde cualquier trinchera expuesta, o simplemente desde el cuidado familiar de sus casas, porque cuando salgamos

de ella, y a nadie le quepa duda que saldremos, tendremos que continuar nuestras labores con las ausencias de amigos y conocidos, de colegas y familiares, y en nombre de ellos, más que celebrar el triunfo, deberemos continuar la batalla.

Por eso en este número, utilizando las redes sociales y la conectividad (eficiente o no), gracias a lo cual el esfuerzo ha sido aún mayor, hemos decidido empezar con una sección especial en la que se habla sobre esta pandemia que nos mantiene en casa y nos quiere arrancar lo mejor de ser cubanos, la espontaneidad del abrazo y el cariño del beso.

Tendrán la oportunidad de leer sobre la historia de la aspirina una de los fármacos más famosos del siglo XX y sobre los péptidos y su desarrollo en el CIGB. Así mismo, aprenderemos algo sobre la vilipendiada Regla de Tres a partir de las sabias palabras de Ernesto Ledón y sobre el efecto de las sustancias químicas en el medio ambiente y su posible influencia en la salud de los seres humanos.

Como siempre seguiremos aprendiendo algo de cómo escribir un texto científico y sobre la vida de dos químicos cubanos con mucha influencia en la formación de las nuevas generaciones y la de uno de los grandes de todos los tiempos, el reconocido como fundador de la Química Moderna, Antoine de Lavoisier.

Podrán seguir conociendo de la relación entre la ciencia, el arte y la música y además con el tatuaje y sobre dos eventos científicos, el Desayuno Mundial de Mujeres Científicas y el Simposio Iberoamericano de Química Orgánica.

Ha sido como siempre un esfuerzo enorme, desde la ausencia, la consecución de este número, pero ha sido hecho con el amor por el trabajo y la disciplina que siempre nos ha caracterizado, porque esta es ahora la trinchera que tenemos para pelear, el conocimiento. Y sobre peleas, a este pueblo hay pocos cuentos que hacerle.

Recuerden manténgase en casa, esa es la mejor de las vacunas y todos tenemos acceso a ella, no es importada, Donald Trump no puede bloquearla, cumplamos las medidas orientadas por nuestro gobierno y las autoridades sanitarias. La primera, la mejor, la más completa y la más eficiente de ellas es cortar la cadena de transmisión de la pandemia y así pronto, más temprano que tarde podremos volver a ser los cubanos que siempre hemos sido, aquellos que nos damos un abrazo, aunque hace solamente tres días que no nos vemos y un beso, aunque ayer compartimos los laboratorios.

Nosotros queremos y espero que ustedes también, cuídense y nos vemos pronto en un nuevo número de Encuentro con la Química.

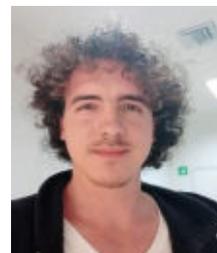
Dr. Gastón Fuentes, editor

COVID-19, oportunidad de solidificar la cooperación científica

Especial

Eduardo Mayo Yanes

Estudiante de Quinto Año
Facultad de Química
Universidad de La Habana
emayo@estudiantes.fq.uh.cu



A finales de diciembre del año pasado comenzaron a aparecer en mi Fence de Google Chrome las primeras noticias sobre unos extraños casos de neumonía en la ciudad de Wuhan, China. En aquel entonces no le presté la menor importancia salvo por la sorpresa de que unos casos de neumonía fueran tan siquiera noticia. Con el paso del tiempo esa neumonía fue cobrando más importancia y ya los artículos que aparecían en el Fence tenían titulares relacionados con las cuarentenas y los aislamientos que estaba estableciendo el gobierno de China. A medida que la enfermedad se fue propagando, quedó bien claro que nos iba afectar a todos, que las fronteras difícilmente son más que líneas en un mapa y que para enfrentar esta enfermedad declarada pandemia por la OMS tendría que haber mucha cooperación.

Existen varios proyectos intrínsecamente basados en la cooperación, en el aporte pequeño de muchos para un lograr un resultado mayor. Me gustaría mencionar **GitHub** que comenzó hace muchos años para dar solución a un problema específico, el control de versiones de código fuente, y que es hoy la comunidad más grande de desarrolladores de software en el mundo y alberga la mayoría de los proyectos de código

abierto. Entre ellos hace poco surgió uno que ha logrado de manera perfecta el objetivo de informar, al ayudar en la visualización de la información disponible sobre la situación epidemiológica (más específicamente con respecto al Coronavirus) en Cuba (Figura 1). El portal **covid19cubadata.github.io** tiene licencia Creative Commons la cual permite la modificación y distribución del proyecto por lo que su código ha sido modificado más de 400 veces desde el día 23 de marzo por más de 10 usuarios sin ningún tipo de remuneración, simplemente con el objetivo de ayudar y hacer un poco por el bien común. Para mí es un gran ejemplo de lo que significa cooperación.

Evolución de casos por días

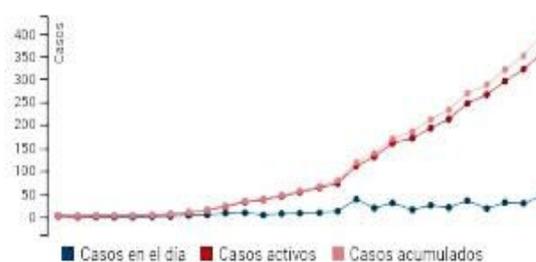


Figura 1. La evolución de casos (diarios y acumulativos) es solo uno de los datos que pueden encontrarse en el portal www.covid19cubadata.github.io (6 de abril).

Entre todas las noticias, una que me llega de buen agrado es la de la publicación libre de costo de todos los artículos científicos relacionados con el SARS-COV-2. A estos artículos se puede acceder directamente desde el Google Académico o desde las páginas web de las principales editoriales. ¿Qué ha significado esto? Que actualmente existan más de 20 000 artículos disponible de manera gratuita. Me parece importante señalar que, con el afán de poner esta información disponible lo más pronto posible, algunos artículos se están publicando antes de la revisión por pares, aunque no sin la debida advertencia.

Otro proyecto que funciona de una manera similar, aunque distinta y, desde mi punto de vista simplemente asombrosa, es el proyecto **foldings@home.com** (Figura 2). Este ha sido durante muchos años un paradigma del modelo de computación distribuida, el cual se basa en la ejecución de muchos pequeños cálculos en ordenadores de voluntarios de manera que el rendimiento del sistema en conjunto podría ser

comparable al de un superordenador, pero mucho más económico. ¿Cómo funciona **foldings@home**? Pues cada usuario se descarga un programa cliente que se conecta periódicamente a un servidor para descargar *unidades de trabajo*, que son paquetes de datos con los cuales realizar cálculos de dinámica molecular que forman parte de una modelación. Una vez terminado los cálculos, que pueden tardar entre horas y algunos días, el resultado se envía al servidor. El programa se ejecuta utilizando parte de los recursos que no están siendo utilizados por el usuario, por ejemplo, en los momentos en que el ordenador está en estado de suspensión. En estos días de pandemia, el proyecto ha registrado un incremento del 1200% de contribuciones con más de 500 000 usuarios nuevos durante las últimas tres semanas. Esto ha permitido que **foldings@home** haya superado el séptimo superordenador más potente ¿Qué es esto? Algo asombroso donde más de medio millón de personas se han unido en la lucha contra la pandemia.

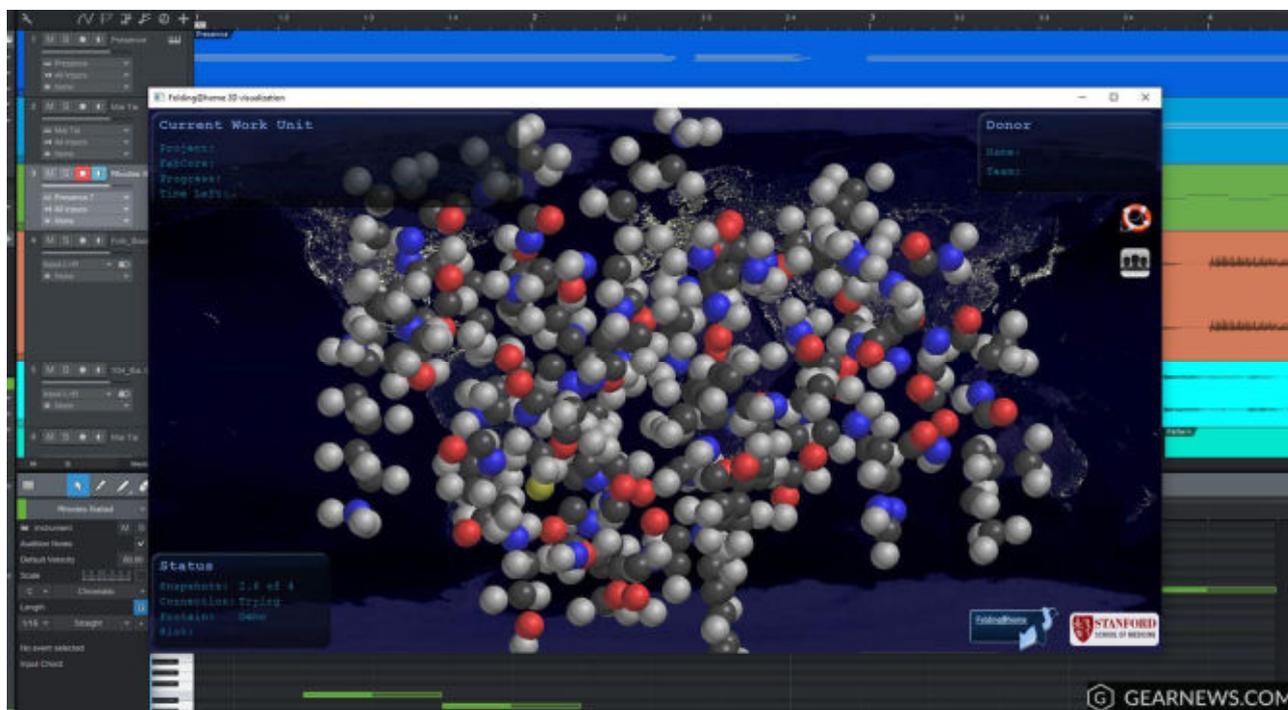


Figura 2. Con **foldings@home.com** el usuario puede donar parte de los recursos que su computadora no utiliza para contribuir a un proyecto global de computación distribuida en busca de una cura a la enfermedad COVID-19.

Lic. Kenneth Fowler Berenguer

**Departamento de Biomateriales Cerámicos y Metálicos
Centro de Biomateriales (BIOMAT)
Universidad de La Habana
kenneth.fowler@biomat.uh.cu**



Desde los primeros casos reportados a finales del año pasado, el mundo se mantiene en vela por la rápida expansión de la COVID-19, enfermedad causada por un novedoso agente de la familia de los coronavirus. En tiempos donde los sistemas de salud colapsan, existe un llamado general a mantener el aislamiento social y arreciar las medidas de protección personal para protegernos, a nuestra familia y a la comunidad.

El pasado 11 de marzo se reportó el primer caso de COVID-19 en nuestro país, a lo que el gobierno respondió rápidamente con medidas en cada ámbito de la vida de la nación para contener la enfermedad. Entre estas medidas se encuentra la suspensión hasta nuevo aviso de las actividades docentes presenciales de pregrado y posgrado en todas las universidades del país, esto en aras de evitar aglomeraciones.

Pero la comunidad universitaria cubana no está acostumbrada a mantenerse fuera de las grandes transformaciones del país y actualmente proliferan diversas iniciativas lideradas por estudiantes y profesores. Entre ellas, una destaca por la relación que guarda con la comunidad científica, y en especial química, universitaria. Desde el día 26 de marzo, estudiantes y profesores de toda las facultades se han incorporado al envase del

hipoclorito de sodio al 1% que luego se distribuye en nuestra red de farmacias. La tarea se realiza en áreas de la Facultad de Química y el Centro de Biomateriales (BIOMAT). “Han pasado por aquí, aparte de Química, Biología y trabajadores de BIOMAT que trabajan todos los días, las facultades de Economía, Turismo, Derecho, Contabilidad y Finanzas, Lenguas Extranjeras, Comunicación, Psicología, el Instituto de Farmacia y Alimentos (IFAL), el Instituto de Ciencias y Tecnologías Aplicadas (INTEC) y personal del Instituto de Ciencia e Ingeniería de Materiales (IMRE), que han venido varios días.” El Dr. Armando Paneque Quevedo, Decano de la Facultad de Química y a quien debo la información, también habla sobre el compromiso adquirido y en qué punto se encuentran actualmente (7 de abril de 2020): “El compromiso es de 200 tanques de 20 L que se reembanan a pomos de 30 y 60 mL. Hasta el momento se han reembanado 101 de esos tanques.”

Obviamente, tratándose de los jóvenes universitarios que somos, no ha faltado la evidencia fotográfica que muestra rostros felices de poder ayudar, bajo los nasobucos y otros medios de protección que se proporcionan para el trabajo con el hipoclorito que, recordemos, puede ser tóxico luego de largos períodos de exposición.



Figura 1. Estudiantes y profesores de distintas facultades se unen a las Facultades de Química y Biología y al Centro de Biomateriales y contribuyen con el envase de solución de hipoclorito de sodio al 1% para su posterior distribución (Fotos cortesía del perfil de Facebook del DrC. Armando Paneque Quevedo).

La FEU de la Facultad de Química aporta desde los carteles a la creación de conciencia sobre el distanciamiento social, muy necesario para la protección efectiva contra la COVID-19. Bajo las etiquetas **#quédateencasa**, **#cuidaatufamilia**

y **#distanciamientosocial**, ahora podemos observar la propuesta existente hasta el 8 de abril, pero estén atentos a las redes sociales pues sale contenido nuevo prácticamente cada día (www.feufq.cubava.cu, http://t.me/fq_uh).



BLINDA TU VIDA
quédate en casa

6 5 4 3 2 0
PPM

#quédateencasa
#cuidastufamilia

FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE LA HABANA

Mantente dentro

#quédateencasa

FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE LA HABANA

DISPER

PER

SOS

POR LA SALUD DE TODOS

#distanciamientosocial
Facultad de Química

Dra. Margarita Suárez Navarro

Facultad de Química
Universidad de La Habana
msuarez@fq.uh.cu



Fue el 10 de octubre de 1897, cuando el químico alemán Félix Hoffmann informaba a su jefe del laboratorio farmacéutico de la Friedrich Bayer & Co., del método seguido para la obtención del ácido acetilsalicílico (Figura 1). Esta fecha puede considerarse como el origen del fármaco más conocido y seguramente el más utilizado en el mundo entero. La popular «Aspirina», eficaz para aliviar dolores de cabeza, musculares y bajar la fiebre, entre otros muchos usos que se le han añadido en los últimos años.

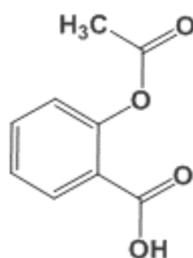


Figura 1. Estructura química del ácido acetilsalicílico (aspirina).

Para conocer los orígenes de este medicamento, hay que remontarse siglos atrás, ya que la humanidad siempre ha estado interesada en descubrir remedios para las enfermedades que ha padecido.

Los primeros “fármacos” que se utilizaban se encontraban en la naturaleza, y sobre todo en las plantas. La medicina natural comenzó a

adquirir un carácter científico hacia el 300 a.e., en la Grecia de Hipócrates (Figura 2).

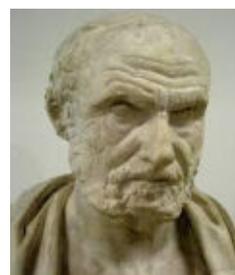


Figura 2. Hipócrates (460-371 a.e.). Médico que ejerció durante el llamado “Siglo de Oro de Pericles.”

En la escuela médica de la Isla de Cos se utilizaba la corteza del sauce (Figura 3) para el tratamiento de la fiebre y el dolor, incluso con preferencia sobre el opio que es una mezcla compleja de sustancias que se extraen de las cápsulas de la adormidera que contiene diferentes alcaloides.



Figura 3. Corteza de sauce.

Durante la Edad Media, hasta bien entrado el siglo XVIII, no se sabe por qué, la corteza de Sauce quedó en el olvido y comenzó a

prevalecer el empleo del opio y la mandrágora, esta última es una especie de fanerógama perteneciente a la familia de las Solanáceas. Durante un tiempo, también se usó la corteza de un árbol llamado Chinchona, cuyas propiedades curativas fueron descritas por primera vez en Perú en 1633. De todos ellos, los opiáceos eran por entonces el producto analgésico más conocido por la clase médica, sin embargo, no eran aceptados por todos los especialistas.



Figura 4. a) Flor de donde se extrae el opio y b) raíces de mandrágora.

Los opiáceos son sustancias naturales que se encuentran en el zumo de las semillas de la adormidera o *papaver somniferum* (Figura 5a). En 1806 el químico Fiedrich Sertuner (Figura 5b) consiguió aislar el principal componente en su forma pura y le llamó morfina (Figura 6).

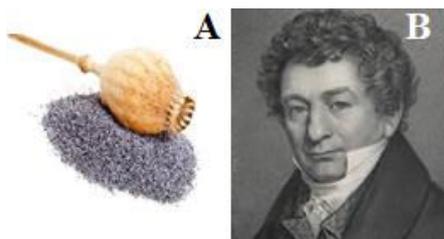


Figura 5. a) Semillas de adormidera, b) Fiedrich Sertuner (1783-1841).



Figura 6. Estructura química de la morfina.

Es interesante documentar que el principio activo de la corteza del árbol de Chinchona,

también nombrado como Quina (Figura 7a), es la quinina (Figura 7b), la cual es ampliamente utilizada para el tratamiento de la malaria.

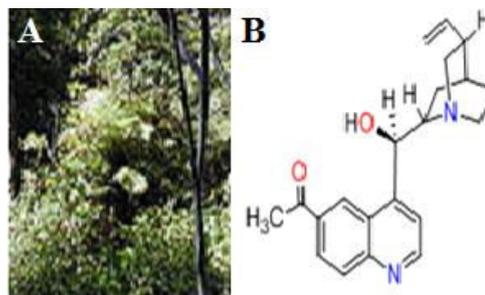


Figura 7. a) Árbol "Chinchona" y b) estructura química de la quinina.

En 1763 el clérigo inglés Edward Stone (Figura 8a) envió un informe al presidente de la Real Sociedad de Medicina Inglesa, en el que reportaba las propiedades terapéuticas de extractos de la corteza de Sauce Blanco (Figura 8b). Stone había realizado un estudio en 50 pacientes que padecían estados febriles, y en su conclusión destacó su efecto antipirético.



Figura 8. a) Eduard Stone (1702-1768) y b) Sauce Blanco, Sauce "Alix" o "Alix Alba."

En 1828 el profesor alemán de farmacología Johan Andreas Buchner (Figura 8a) logró aislar el principio activo que se extrae mayoritariamente de la corteza del *Salix Alba*, una sustancia amarillenta que formaba cristales de sabor muy amargo que llamó salicina (Figura 9). Diez años después, en 1938 el químico italiano Raffaele Rocco Piria (Figura 8b), cuando trabajaba en París, logró descomponer la salicina, que es un glucósido β -alcohólico, en dos compuestos, un azúcar la D-glucosa y otro componente la saligenina

(alcohol salicílico) que por oxidación produce el ácido salicílico.



Figura 8. a) Johan A. Buchner (1783-1852) y b) Raffaele Piria (1814-1865).

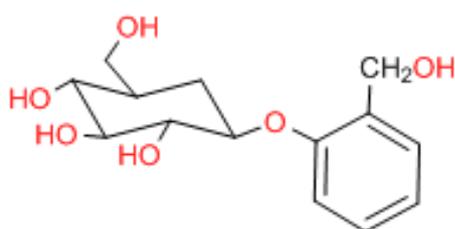


Figura 9. Estructura química de la salicina.

Se documenta que, en 1853, el químico francés Charles Frédéric Gerhardt (Figura 10) hizo un primer intento de acetilación de la salicina y aunque esto pasó casi inadvertido, quedó recogido en la literatura médica de su tiempo, la inestabilidad e impureza de su compuesto hizo que quedara en el olvido.

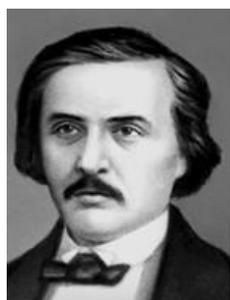


Figura 10. Charles Frédéric Gerhardt (1816-1856).

En 1859, Herman Kolbe (Figura 11) obtuvo por síntesis química el ácido salicílico (Figura 12). Este compuesto presentaba algunos inconvenientes, como su excesivo sabor amargo y además provocaba irritación en el estómago.



Figura 11. Adolf Kolbe (1818-1884)



Figura 12. Método usado por Koble para la obtención del ácido salicílico.

Realmente, la historia de la Aspirina está ligada a la marca «Bayer», ahora una de las farmacéuticas más conocidas, pero en sus comienzos era una compañía dedicada a la fabricación de tintes. Un producto utilizado para la producción de colorantes, la acetanilida (Figura 13a), la habían utilizado unos médicos en Alsacia por equivocación y había sido suministrada a unos pacientes con infecciones parasitarias en lugar de naftaleno (Figura 13b). Los resultados fueron inesperados, aquella sustancia no había curado las infecciones pero sí había aliviado la fiebre que sufrían estos pacientes.

Por otra parte, el *para*-nitrofenol (Figura 13c) era un producto de desecho en la fabricación de tintes del que existían miles de kilos almacenados en la fábrica. El entonces supervisor del departamento de patentes de Bayer, Carl Duisberg (Figura 14), decidió abrir una línea de investigación, con la idea de conseguir un antipirético a partir del *para*-nitrofenol ya que a partir de él podía obtenerse un compuesto parecido a la acetanilida.

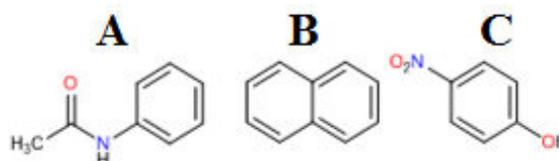


Figura 13. Estructuras químicas de la acetanilida (a), el naftaleno (b) y el *p*-nitrofenol(c).



Figura 14. Carl Duisberg (1861-1935).

En 1888 creó la acetofenetidina, el primer fármaco de la Bayer, que se obtenía mediante tres pasos de síntesis (Figura 15). El medicamento se comercializó con el nombre de Fenacetina. Obteniendo un antipirético desconocido hasta el momento.

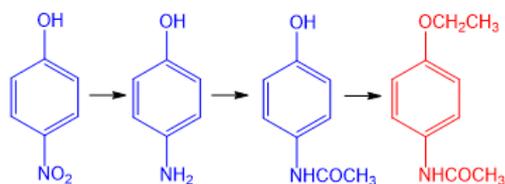


Figura 15. Obtención de Fenacetina a partir de para-nitrofenol.

Así fueron los comienzos de Bayer en el mundo de la industria farmacéutica. Un conjunto de casualidades e investigaciones que les llevó a partir del para-nitrofenol, sustancia de desecho de los tintes, a sintetizar la fenacetina, primer fármaco de Bayer y un verdadero éxito para la compañía

El éxito de este primer medicamento animó a la compañía a construir una nueva planta de laboratorios Bayer en Elberfeld donde se ubicaron más de 90 químicos investigando a tiempo completo. Aquí, Duisberg formó una sesión dedicada, única y exclusivamente, a la investigación de nuevos fármacos.

El director de investigación de nuevos fármacos de la empresa, Arthur Eichengrün (Figura 16a), distribuyó el trabajo y le encargó a un joven químico de 29 años, Felix Hoffmann (Figura 16b) la tarea de investigar variantes del ácido salicílico que no provocara estos efectos secundarios. Casualmente el padre de Hoffman padecía de reumatismo

crónico tratado con ácido salicílico, el cual había deteriorado su estómago.



Figura 16. a) Arthur Eichengrün (1867-1949), b) Felix Hoffmann (1868-1946) y c) Heinrich Dreser (1860-1924).

Hoffman, dio sus primeros pasos en el mundo de la ciencia en el ámbito de la Farmacia, a partir de la cual descubrió su fascinación por la Química. Graduado y doctorado en Química por la Universidad de Munich, comenzó a trabajar en el laboratorio de química de la Compañía Bayer en 1894. Inicialmente se dio a la tarea y recupera todas las investigaciones anteriores y en 1887 propone un procedimiento para obtener el ácido acetilsalicílico, un producto con el uso terapéutico deseado pero más estable y puro químicamente y sin los efectos secundarios que provocaba el ácido salicílico.

La sección encargada de asegurar que los nuevos fármacos obtenidos tuvieran una utilidad terapéutica que los médicos aceptaran y reconocieran, estaba dirigida por el farmacólogo alemán Heinrich Dreser (Figura 16c), quien demostró su eficacia como analgésico y antiinflamatorio en 1899. Ese mismo año fue patentado con el nombre de Aspirin. Un nombre que proviene del término botánico *Spiraea*, que se refiere a una familia de plantas. De ahí proviene “spir”. La letra “a” indica el proceso de acetilación al que se somete al ácido, y la sílaba “in” era una terminación empleada con frecuencia para los medicamentos en aquella época.

La aspirina es un fármaco muy común en nuestros días con muy buena tolerancia por el organismo, amplio margen de seguridad y de fácil manejo. De ella se revisan sus indicaciones clásicas como analgésico,

antiinflamatorio y antipirético, donde es extremadamente eficaz y en sus indicaciones recientes se ha comprobado su alta efectividad en el tratamiento de la demencia senil, las enfermedades cerebrovasculares, la cardiopatía isquémica, entre otras.

El ácido acetil salicílico (ASA) se ha mantenido por más de 100 años (Figura 17) casi sin modificación, por lo que podemos plantear que utilizada racionalmente, la aspirina puede ser un fármaco altamente eficaz.



Figura 17. Estampilla de correos emitida por la conmemoración de los cien años de la aspirina.

Se conoce que su mecanismo de acción está relacionado con inhibición de la síntesis de las prostaglandinas, con lo cual reduce el dolor, la fiebre y la inflamación. Esto fue determinado por J. Vane y colaboradores, lo que hizo que le concedieran el Premio Nobel en 1982.

A pesar de que este medicamento fue considerado por diferentes empresas farmacéuticas, el “medicamento del siglo XX”, debido a sus propiedades y a que probablemente es el más consumido en el mundo, la aspirina tiene efectos secundarios importantes: como es la irritación gástrica, además puede provocar hemorragias y es la causante del Síndrome de Reye (enfermedad del cerebro). Estos efectos se producen por el uso de dosis altas y abusivos tratamientos por largos períodos.

No obstante, por la simplicidad de sus orígenes y la eficacia de sus resultados, pocos

fármacos pueden contar en su haber con una historia tan llena de éxitos y una continuada permanencia durante tantos años como fármaco esencial para el tratamiento del dolor y una versatilidad que lo haga tan útil en nuevas enfermedades que asegura que la aspirina tenga una posición importante entre los medicamentos que más beneficios están rindiendo a la humanidad. Además, la obtención de la aspirina es un ejemplo de un resultado de innegable utilidad por la unión entre la inteligencia humana y la naturaleza.



Figura 18. Monumento a la Aspirina en Berlín.

REFERENCIAS

Sneader, W. The discovery of aspirin: a reappraisal. *British Med. J.* **2000.** 321, 1591-1594

Jeffreys, D. *Aspirin: The Remarkable Story of a Wonder Drug.* New York: Bloomsbury Publishing, **2005.** [ISBN 1-58234-600-3](https://doi.org/10.1013/B978-1-58234-600-3)

www.bayer.com/en/Felix-Hoffmann.aspx

www.aspirina.com.co/es/acerca-de-aspirina/historia/

Confesiones de un químico: del aula a las bibliotecas a través de perlas y péptidos

Investigación
química

MSc. Yordanka Masforrol

**Grupo de Péptidos Sintéticos
Departamento de Investigaciones Biomédicas
Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB)
yordanka.masforrol@cigb.edu.cu**



Me encuentro inmersa en este tema desde hace dos décadas, cuando en tercer año de mi carrera de Licenciatura en Química, como estudiante de la Universidad de la Habana (UH), me vinculé a mis prácticas laborales en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), en La Habana. Recuerdo que yo deseaba encontrar un lugar, en ese centro gigante y reconocido de la ciencia en Cuba, que conocí en las visitas que organizaba la Facultad de Química a diferentes centros durante las primeras semanas de la carrera.

Desde ese día, y sin duda alguna para mí, descubrí que ese era el centro al que yo quería llegar a trabajar como químico. Realizar la síntesis orgánica, “un trabajo húmedo, con protagonismo de mis manos” era lo que quería. Yo no tenía tema definido aún, como la mayoría de los estudiantes de ese nivel. Sin embargo, entre mis compañeros de año vinculados allí, conocí el Laboratorio de Péptidos Sintéticos que dirigía el profesor Osvaldo Reyes Acosta (Figura 1a), graduado de Ingeniero Químico Tecnólogo en la antigua URSS en el año 1989, que llegó al CIGB en el año 1992.

En el año 2000, los integrantes del Laboratorio de Péptidos Sintéticos, solo era un grupo reducido compuesto por: dos profesionales, dos técnicos en química y una estudiante (Figura 1b). Con insistencia logré

que él me aceptara como estudiante y se convirtió desde ese momento en mi guía en el fascinante mundo de los péptidos.



Figura 1. a) MSc. Osvaldo Reyes Acosta (ORA, el ingeniero), b) Estudiantes de ORA en el Laboratorio de Péptidos Sintéticos del área de Investigaciones Biomédicas (IBM) del CIGB en el año 2003.

El ingeniero químico, como le gusta recalcar a Osvaldo, bajo la guía del reconocido Dr. Víctor Jiménez (Figura 2), Jefe de Departamento de Síntesis y líder del Grupo de Oligonucleótidos en el 2000, quien tuve la suerte también de conocer, supieron elevar los estándares de los servicios de síntesis de péptidos y oligonucleótidos respectivamente, que brinda el CIGB a todos los proyectos de investigación e instituciones del país que los soliciten desde 1992 hasta la fecha.

El primer día como estudiante de Osvaldo, me comentó en pocas horas de las potencialidades de los péptidos como moléculas candidatas a nuevos fármacos, y lo amigables de las metodologías y estrategias de

Síntesis química de Péptidos en Fase Sólida SPFS) que se empleaban allí para su obtención.



Figura 2. a) Dr. Victor Jiménez (1946-2003) en el Laboratorio de Oligonucleótidos de IBM del CIGB. b) Tarja por la labor de toda una vida dedicada a los Oligonucleótidos y a la Biotecnología (nombre del laboratorio). De igual forma, cada año el CIGB entrega un Premio Especial con su nombre al trabajo de “Mayor Aplicación a la Biotecnología”, durante las sesiones de la JCE de la Facultad de Química de la UH.

De manera adicional, me introdujo el tema del estado del arte de las bibliotecas de péptidos y la química combinatoria, donde ya Osvaldo era pionero en algunas aplicaciones en proyectos científicos en Cuba. En ese momento, y con su compañía a través de los años venideros, me abrió la puerta para comenzar un interesante camino profesional a través de los péptidos y las bibliotecas, hecho que le estaré eternamente agradecida.

Los **Péptidos** son moléculas formadas por la unión covalente de dos o más aminoácidos. Un aminoácido es una molécula orgánica con un grupo amino, un grupo carboxilo y un grupo R como cadena lateral; este último es el responsable de la diferencia estructural de los 20 aminoácidos esenciales que encontramos en la naturaleza. Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés, son aquellos que forman parte de las proteínas; juegan un papel clave en casi todos los procesos biológicos.

El enlace peptídico o enlace amida es un enlace covalente entre el grupo amino ($-NH_2$) de un aminoácido y el grupo carboxilo ($-COOH$) de otro aminoácido, mediante la pérdida de una molécula de agua. La reacción

química en que se forma un enlace peptídico se llama condensación y su resultado es un enlace covalente (CO-NH). Las reacciones de condensación siguen un mecanismo de adición-eliminación. El enlace peptídico permite formar estructuras lineales muy estables (Figura 3).

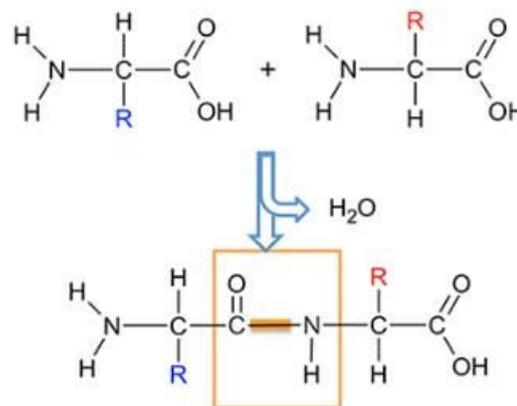


Figura 3. Enlace peptídico.

Desde otro punto de vista, se puede decir que los péptidos son fragmentos de proteínas. Su definición de tamaño oscila desde dos hasta 50-60 aminoácidos aproximadamente. No existe un valor definido, y se mantiene los grupos opuestos a este criterio que definen que una molécula con aproximadamente 50 aminoácidos como residuos es considerada una proteína de pequeña talla.

De forma general, los péptidos y las proteínas tienen en su estructura, un grupo amino en un extremo (N-Terminal) y un grupo carboxilo en el otro extremo (C-Terminal). Con el desarrollo de la metodología de SPFS, introducida por Merrifield en 1963, se pueden obtener los **Péptidos Sintéticos**, de forma bastante simple y con muchas ventajas sobre la síntesis en disolución.¹ La SPFS se realiza por formación de enlace peptídico haciendo crecer la molécula desde el extremo C- al N-Terminal, en sentido contrario al mecanismo de síntesis de proteínas que ocurre de forma natural en nuestro organismo.

La síntesis química de estas moléculas, ofrece mayor diversidad estructural que los métodos biotecnológicos, pues es posible el empleo de aminoácidos no naturales y una gran variedad de modificaciones químicas se pueden introducir. Esto permite una mayor generación de propiedad intelectual en la obtención de nuevas moléculas.

Un factor esencial en la SPFS es la selección de la fase sólida (FS), o soporte, sobre el cual va a crecer el péptido a partir del grupo funcional de que se disponga. La FS debe: 1) ser insoluble e inerte a las condiciones de síntesis, 2) permitir, a través de un espaciador, mantener cada molécula anclada hasta el ensamblaje total de la misma, 3) permitir el desanclaje selectivo al final de la síntesis y 4) el uso de un sistema ortogonal de protección de los grupos reactivos de las cadenas laterales de los aminoácidos.

Los soportes sólidos basados en poliestireno son los más utilizados en la SPFS. La FS por lo general son resinas poliméricas con elevada estabilidad mecánica, que permite un flujo alto de trabajo con ellas, y cumplen con los requerimientos descritos anteriormente. Vistas al microscopio óptico, las resinas poliméricas se observan de forma esférica, brillantes, de tamaño muy similar, en la mayoría de las ocasiones amarillas muy pálidas casi transparentes, como una perla en una concha o una cuenta en un collar (Figura 4).



Figura 4. Ejemplos de perlas. a) Resina polimérica para la SPFS vistas al microscopio (TentaGel S NH₂, 130 μm, Novabiochem), b) Perlas naturales, c) Perlas artificiales.

Es por ello que en muchas ocasiones las llamamos *perlas*. Vigilar su color y tamaño durante todo el proceso de síntesis manual de un péptido constituye para todo sintético el factor clave del éxito de la obtención de un péptido, en especial durante la prueba de ninhidrina que se realiza para comprobar la presencia de aminos libres durante la reacción de formación del enlace peptídico (acoplamiento) (Figura 5).

Desde la introducción de las resinas de poliestireno entrecruzado con 2 % de divinilbenceno, se han desarrollado una gran variedad de FS diferentes como: resinas (Wang, Clorotritilo, MBHA, HMBA, TentaGel, ChemMatrix, etc). Además, membranas de celulosa, pines, entre otros. Estas FS han tenido un elevado impacto en la síntesis de secuencias peptídicas complejas, en el desarrollo de la química combinatoria y en la síntesis orgánica en general.²

La SPFS consiste en acoplar de manera covalente el aminoácido correspondiente al extremo C-Terminal a una FS y alargar la cadena peptídica desde este residuo-soporte por incorporación de los restantes aminoácidos (Figura 5).

Se utiliza un sistema de protección ortogonal de los grupos reactivos de los aminoácidos para lograr alta especificidad en la síntesis. Se emplea una protección temporal para el grupo α-amino, la que se elimina en cada paso de desprotección y una protección permanente para los grupos reactivos de las cadenas laterales de los aminoácidos, la cual se elimina al final de la síntesis. El empleo de un exceso de reactivos garantiza la alta eficiencia de cada reacción, los reactivos no consumidos se eliminan fácilmente mediante procesos de lavados y filtraciones al vacío.² El proceso de separación del péptido de la FS se conoce como desanclaje.

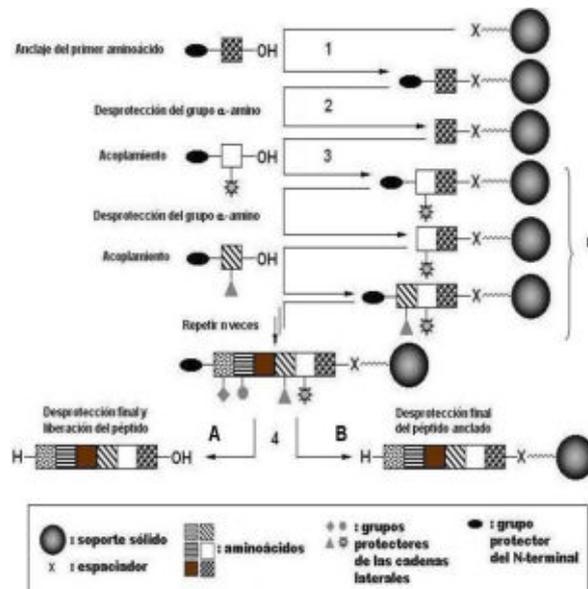


Figura 5. Esquema General de la Síntesis de Péptidos en Fase Sólida. La metodología incluye ciclos repetidos de acoplamiento de cada aminoácido de la secuencia (1) y la eliminación selectiva del grupo protector de su α-amino (2). Finalmente, la resina con el péptido anclado y todos grupos de las cadenas laterales protegidos, es tratada con un reactivo selectivo para obtener el péptido, libre de grupos protectores, en disolución (5A) o anclado a la resina (5B).

Existen dos estrategias de síntesis para la SPFS: Boc/Bzl y Fmoc/tBu.^{1,3} Sin embargo, esta última ha sido la más generalizada ya que utiliza reactivos menos agresivos y permite obtener péptidos crudos de adecuada pureza (Figura 5a). Los nombres de las estrategias sintéticas se corresponden, en ese orden, con los nombres de los grupos protectores del extremo N-Terminal y el de mayor incidencia para los grupos funcionales de las cadenas laterales que lo requieran.

Las técnicas analíticas de Cromatografía Líquida de Alta Eficacia de Fase Invertida (RP-HPLC) y Espectrometría de Masas (EM) son las más recomendadas para la caracterización de un péptido sintético en la etapa de investigación, reportando la pureza y la identidad de la molécula respectivamente. Para realizar ensayos biológicos de alta sensibilidad se necesita moléculas de elevada pureza. Los péptidos sintéticos se purifican por RP-HPLC, en columnas C18, y se pueden obtener incluso con una pureza superior al 99%.

Los péptidos como fármacos son muy potentes, presentan alta actividad y especificidad. A pesar de poseer cortos tiempos de vida media y reducida biodisponibilidad en los diferentes tejidos y órganos,⁴ son productos de baja toxicidad, ya que se acumulan poco en los tejidos del organismo.

Desde niños conocimos las ***bibliotecas***, aquellos lugares que visitábamos, donde se tiene considerable número de libros ordenados para la lectura. La norma ISO 2789-1991 (Norma UNE-EN ISO 2789) sobre estadísticas internacionales de bibliotecas la define también como: “Organización o parte de ella cuya principal función consiste en mantener una colección y facilitar, mediante los servicios del personal, el uso de los documentos necesarios para satisfacer las necesidades de información, de investigación, de educación y ocio de sus lectores.”^{5,6}

Sin embargo, existen muchas más bibliotecas desde hace años, bajo un concepto similar que podríamos plantearnos como: aquellas donde se tiene un considerable

número de moléculas o compuestos o etcéteras, ordenados para un fin determinado o por alguna propiedad o característica, cuya principal función consiste en mantener dicha colección y facilitar/satisfacer las necesidades de información y de investigación de sus usuarios.

Es de gran importancia en la búsqueda rápida de nuevas moléculas biológicamente activas, disponer de mezclas o colecciones que se caractericen por una gran variedad en cuanto a un factor determinado: composición química, estructura y origen. A estas familias de compuestos se les denomina también bibliotecas y a la búsqueda de los compuestos con mayor actividad biológica, pesquisaje. En el caso de las mezclas que se obtengan al combinar, de una forma controlada, rápida, eficiente y simultánea, determinadas reacciones químicas o bioquímicas, se les conoce como ***bibliotecas combinatorias***.⁷

El desarrollo de estas técnicas y/o procedimientos derivó en el surgimiento de una nueva rama de la química: la *Química Combinatoria*. La aplicación de esta rama de la ciencia, ofrece amplias posibilidades de investigación, para la búsqueda y obtención de nuevos productos que puedan ser empleados en el tratamiento de diversas enfermedades. Es reconocido que las reacciones de SPFS permiten alcanzar altos grados de completamiento y la única purificación requerida para cada intermediario, es simplemente eliminar el exceso de reactivos con el disolvente adecuado. La diversidad de FS desarrolladas y la genialidad de la inventiva del hombre para combinar todo lo que conoce, hace que hacia el final del siglo XX, las principales variantes de ***bibliotecas combinatorias de péptidos*** se resumían en cuatro tipos (Tabla 1).⁸

Tabla 1. Clasificación de las bibliotecas combinatorias de péptidos

Tipos		Variantes
Bibliotecas biológicas		<ul style="list-style-type: none"> • Fagos filamentosos • Plásmidos • Polisomas
Bibliotecas químicas	Bibliotecas obtenidas por síntesis paralela de estructuras definidas	<ul style="list-style-type: none"> • Multipines • Bolsas de polipropileno • Membranas de celulosa • Síntesis dirigida por luz
	Bibliotecas con deconvolución de las mezclas	<ul style="list-style-type: none"> • Iterativas • Barrido de posición
	Bibliotecas inmovilizadas sobre el soporte sólido	Bibliotecas del tipo “una-perla-un-compuesto”

Uno de los retos que enfrenta el desarrollo de un fármaco en la actualidad es reducir el tiempo de obtención de un candidato farmacéutico. El desarrollo de la Química Combinatoria y en este caso, las ***bibliotecas combinatorias de péptidos sintéticos*** (BCPS) han favorecido este propósito en varias de las etapas por las que transita un fármaco. Las BCPS ofrecen ventajas prácticas que permiten utilizarla como una potente herramienta en las investigaciones aplicadas: tanto al inicio de un proyecto de investigación, como durante la etapa de optimización/desarrollo de la molécula, hasta incluso para ampliar la caracterización de un producto comercial.

Las ***bibliotecas combinatorias de péptidos sintéticos del tipo “una-perla-un-compuesto”*** se obtienen por el método de “Dividir-Acoplar y Recombinar” (DAR) descrito por primera vez por Furka y colaboradores en 1991⁹ para generar una gran diversidad de estructuras químicas (Figura 6).

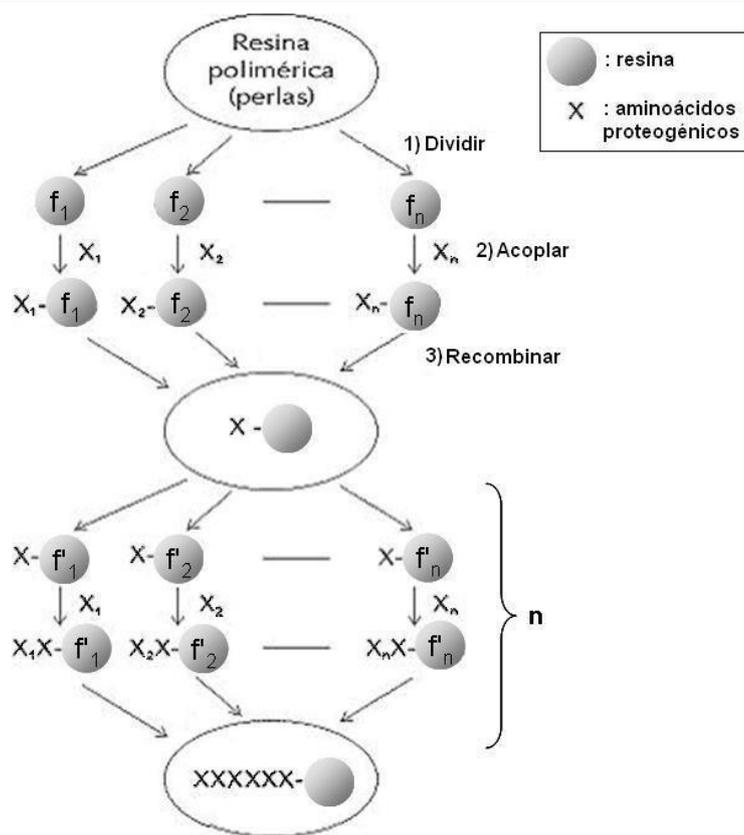


Figura 6. Método de “Dividir, Acoplar y Recombinar” (DAR). (1) La resina activada se divide en fracciones equivalentes; tantas como el número de aminoácidos diferentes que compongan la biblioteca, y son acoplados sobre la resina (2). En el paso (3), la resina es reunida para desproteger y homogenizar las fracciones que serán sucesivamente divididas, acopladas y agrupadas en pasos posteriores, según el largo de las secuencias que se desee obtener (n). La fórmula general que constituye a una biblioteca combinatoria de hexapéptidos es XXXXXX-resina, donde X representa las posiciones aleatorias de los aminoácidos en la secuencia (n=6).

El método DAR se vincula estrechamente con la metodología de SPFS (Figura 5b), el empleo de la estrategia Fmoc/tBu y resinas con polietilenglicol en su estructura, tales como: TentaGel o ChemMatrix por ejemplo, permiten tanto la síntesis del péptido en medio orgánico como los ensayos biológicos en medio acuoso.

Estas bibliotecas, conocidas también en la literatura científica por sus siglas en inglés (OBOC, *one-bead-one-compound*) reciben este nombre después de obtener por síntesis química varias copias de una molécula peptídica, de secuencia desconocida (compuesto), sobre una perla.

Las bibliotecas OBOC han encontrado un amplio uso debido al mínimo esfuerzo requerido para su preparación y la posibilidad de realizar ensayos de pesquisaje

directamente sobre la fase sólida. Además, el consumo de materiales y de tiempo de trabajo no es limitante; porque un investigador con los recursos necesarios, puede preparar una mezcla con una diversidad de 10^6 a 10^7 péptidos en un corto tiempo.

De igual manera, este tipo de biblioteca permite la incorporación aleatoria de aminoácidos naturales y no-naturales; asegura la representatividad de las secuencias y la selección de los péptidos bioactivos es directa. Sin embargo, tiene la limitante que las secuencias se agotan de un proceso de pesquisaje a otro, por el concepto de “una-perla-un-compuesto”; pero la gran diversidad de secuencias que posee, garantiza su aplicación en varios pesquisajes con diferentes blancos moleculares.

El Grupo de Péptidos del CIGB, en colaboración con otros grupos, ha realizado a través de los años varios aportes al estado del arte de la biotecnología cubana en el campo de los péptidos y las bibliotecas químicas de péptidos.

Un ejemplo de nuestra contribución al campo de las bibliotecas químicas, es que contamos con una biblioteca combinatoria OBOC de más de 17 millones de heptapéptidos diferentes, de estructuras desconocidas, aplicable a la búsqueda de nuevas moléculas biológicamente activas en el inicio de cualquier proyecto de investigación científica. Su diseño **NH₂-XXXXXX-DP-perla TG** consiste en la introducción de un dipéptido espaciador Asp-Pro (DP), lábil a hidrólisis ligeramente ácida, sobre la resina TentaGel S NH₂ (TG, 130µm).¹⁰ Este diseño es compatible con análisis de secuenciación por Espectrometría de Masas, y también por Degradación de Edman, para determinar la estructura de los péptidos que portan las perlas positivas luego del pesquisaje con la molécula blanco e identificar una molécula líder de serie. Se logró obtener 5 réplicas de esta biblioteca en una sola síntesis química y hasta el momento ha sido aplicada en proyectos de VIH, cáncer, y esclerosis múltiple. En la Figura 4a se observan, al microscopio, perlas coloreadas de azul que mostraron un reconocimiento positivo a un pesquisaje con una diana biológica de un proyecto de cáncer, en el cual hemos obtenido resultados prometedores.

Tenemos otro ejemplo de este tipo de bibliotecas OBOC, pero en este caso con más de 24 millones de hexapéptidos diferentes de estructuras desconocidas. Su diseño **NH₂-XXXXXX-perla TG**, obtenido sobre la resina TentaGel S NH₂ (TG, 10µm), conllevó un aporte a la combinación de la estrategia de SPFS y la metodología DAR empleada, por el pequeño diámetro de la resina TG que resultó un reto de síntesis. Esta biblioteca

OBOC es aplicable a la ecualización de mezclas complejas de proteínas y péptidos para ampliar la caracterización de un producto comercial en el paso final del desarrollo de un fármaco. Específicamente se utilizó en la vacuna comercial cubana desarrollada contra los serogrupos B y C de *Neisseria Meningitidis* (VA-MENGO-CBC[®]),¹¹ para identificar los contaminantes que se encuentran en muy baja proporción con respecto a las principales impurezas. En este caso no es preciso identificar las secuencias peptídicas de la biblioteca OBOC, sino mediante un extenso estudio proteómico, identificar y caracterizar los menores contaminantes del producto farmacéutico que pueden ser visibles en el espectro de masas, gracias al tratamiento previo de la muestra con la biblioteca OBOC ecualizadora.

También hemos empleado las bibliotecas paralelas de péptidos sintéticos obtenidas sobre membranas de celulosa para el descubrimiento del primer péptido antagonista de la proteína IL-15 que se une a la región α de su receptor, como candidato terapéutico para el tratamiento de enfermedades autoinmunes asociada con la expresión aumentada de la proteína IL-15.¹² Esta biblioteca fue aplicable en el inicio del proyecto de investigación científica.

Además, contamos con otros ejemplos de contribuciones: biblioteca de péptidos sintéticos de barrido de posición (*scanning* del aminoácido Alanina) que constituyó una mejora del efecto inhibitor del péptido antagonista de IL-15.¹³ Esta biblioteca se aplicó para la optimización del compuesto líder del proyecto anterior (CIGB-55). Este mismo tipo de biblioteca permitió identificar además, un nuevo péptido antitumoral derivado de la región LALF₃₂₋₅₁ llamado CIGB 552.¹⁴

Con los años, el Grupo de Péptidos Sintéticos del CIGB creció en integrantes, en número de aportes científicos y contribuyó al

avance de varios proyectos científicos, encaminados al desarrollo de nuevos candidatos peptídicos para el tratamiento del cáncer (CIGB-300, CIGB-552, Pyr-GnRHm1-TT), enfermedades autoinmunes (CIGB-55, CIGB-814), enfermedades infecciosas (CIGB-210, antiviral dengue) y citoprotectores (CIGB-500, CIGB-530, CIGB-540 y CIGB-845), entre otros.

El paso de estos candidatos peptídicos a la etapa de Desarrollo y Ensayos Clínicos ha demandado de una mayor cantidad de dichas moléculas, lo que conllevó a que nuestro grupo estableciera el escalado productivo de todos los procesos de SPFS, con innovaciones propias e introducción de los estándares internacionales de Buenas Prácticas de Laboratorio y Buenas Prácticas de Fabricación.

Además de estos resultados, el Grupo de Péptidos se ha destacado también por la formación académica y tecnológica de sus integrantes. Un ejemplo representativo es la Dra. Hilda Garay Pérez, graduada de Licenciatura en Radioquímica en el año 1993, estudiante del profesor Osvaldo Reyes, que desarrolló su tesis de grado, maestría y doctorado en Ciencias Químicas bajo la tutela y asesoría de Osvaldo en el tema de Péptidos Sintéticos (Figura 7).



Figura 7. a) Grupo de Péptidos Sintéticos del CIBG, 2020 y b) Dra. Hilda Garay (Hildita).

Hildita es la líder del Grupo de Péptidos Sintéticos desde el año 2008 y actualmente uno de mis tutores de doctorado. Desde el año 2013 se organizan Simposios Internacionales de Péptidos Sintéticos y hasta el momento se han

realizado cinco ediciones, logrando cada vez un número mayor de delegados extranjeros de gran prestigio en el tema. En la V edición (Peptides2019) se logró la representación de los cinco continentes. El grupo mantiene colaboración científica internacional en los temas afines.

Cada año se ha logrado la promoción de estudiantes de la UH, CUJAE y el Tecnológico de Química “Mártires de Girón”, gracias a la constante colaboración que mantiene el grupo con estos institutos docentes. En ocasiones, los estudiantes continúan su vida laboral junto a nosotros. El grupo imparte el curso de postgrado “Síntesis y aplicaciones de péptidos en la Biotecnología”, como parte de la Maestría del CIGB.

Confieso que, estos 20 años vinculados a este mundo peptídico como química, me ha permitido crecer como mujer profesional, con formación biotecnológica. En la primera década defendí exitosamente mi tesis de grado y maestría; en esta segunda década he trabajado intensamente en el tema de mi tesis doctoral, relacionado con *el desarrollo de bibliotecas combinatorias de péptidos sintéticos para aplicaciones a la biotecnología*, que defenderé próximamente.

Con orgullo confieso también que, he sabido vincular y cuidar la profesión, la maternidad, las amistades y la familia, aunque en el camino haya encontrado algunos tropiezos. Finalmente, confieso además que, le estoy eternamente agradecida a todos los que han guiado mi camino *desde las aulas a las bibliotecas*.

REFERENCIAS

- [1] Merrifield, B. Solid Phase Peptide Synthesis. I. *J. Am. Chem. Soc.*, **1963**; 85:2149-2154.
- [2] Barany, G. y Yokum, T. S. *A Practical Guide*. Marcel Dekker, Inc., New York, **2000**; 79-102.
- [3] Atherton, E., Fox, H., Harkiss, D. y col. *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, **1978**; 537-539.
- [4] Fauchere, J. L. y C. Thurieau. *Adv. Drug Des.*, **1992**; 23:127-1596.
- [5] UNESCO. *Actas de la Conferencia General*. 16ª. Reunión. 12 de octubre-14 de noviembre. París, **1970**.
- [6] <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tunorma/norma?c=N0052712> (consultado **2020**)
- [7] Lam, K.S., M. Lebl y V. Krchňák. *Chem. Rev.*, **1997**; 97 (2): 411-48.
- [8] Reyes O. *BA*, **2002**; 19 (1, 2): 1-8.
- [9] Furka, A., F. Sebestyén, M. Asgedon y G. Dibó. *Int. J. Pept. Protein Res.*, **1991**; 37 (6): 487-93.
- [10] Masforrol, Y., Gil J., González L. J. et al. *ACS Comb. Sci. J.*, **2012**; 14(3):145-9.
- [11] Masforrol, Y., Gil J., García D. y col. *Hum. Vaccines & Immunotherapeutics*, **2017**; 13(11):2548-2560.
- [12] Santos A., Cabrales A., Reyes O. y col. *BA*, **2008**; 25:320-324.
- [13] Santos A., Reyes O., Gerónimo H. y col. *J. Pept. Sci.*, **2012**; 18 (1): 25-29.
- [14] Guerra M., Fernández J. R., Torrens I. y col. *J. Pept. Sci.*, **2010**; 16 (1): 40-47.

La Química Multidisciplinaria: A propósito de la “Defensa de la Regla de Tres” del Profesor Ernesto Ledón Ramos

Enseñanza de
la Química

Dr. Luis A. Montero Cabrera

**Laboratorio de Química Computacional y Teórica
Departamento de Química-Física, Facultad de Química
Universidad de La Habana**
lmc@fq.uh.cu



La proyección al pasado puede ser un placer y un privilegio. La lectura de un discurso elegante, erudito y agradable dictado hace decenas de años por alguien de quien aprendimos a través de sus textos, y en un escenario imaginable, nos permite enriquecernos. Y lo hacemos de la única forma posible: siendo más cultos y en este caso también comprendiéndonos mejor nosotros mismos.

En la pieza oratoria del Prof. Ernesto Ledón Ramos, dictada hace 35 años en el Ministerio de Educación, patrocinada por nuestra amiga y hasta protectora en ciertos momentos, Ana María Uría, encontramos justamente esa proyección hacia nuestras conciencias identitarias. Pero en sus palabras encontramos sobre todo una clara manifestación de lo que en nuestros tiempos se expresaría como el remarcable carácter multidisciplinario de la Química.

Las disciplinas científicas son inventos humanos. Establecen fronteras más o menos difusas entre los diversos tipos de conocimientos acerca de la materia y la espiritualidad que nos rodea. Han servido para facilitar la educación de las personas al agrupar la información disponible de alguna forma más o menos coherente. De hecho, la agrupación de conocimientos para comenzar a dar lugar a la Física, la Química y la Biología

contemporáneas no vino a ocurrir en Europa hasta la llamada ilustración del siglo XVIII.

Antes existían saberes escritos que hoy podríamos decir que pertenecen a alguna de esas disciplinas. En ese entonces muchos los clasificaban simplemente como “filosofía”. Al educarse personas en esas especialidades y crearse carreras con esos nombres también surgió el interés gremial y los liderazgos personales, que siempre suelen aparecer para facilitar algunos progresos y también para entorpecer otros.

Lo cierto es que ya a adentrados en el siglo XXI es cada vez más aceptado que el saber solo tiene fronteras artificiales y que es muy bueno transgredirlas para lograr objetivos más rápidos y eficientes. Seguimos diciendo que la regla de tres es el Santo Grial de los químicos y Ledón demuestra que se trata de un uso de proporciones que está obviamente basado en la Matemática y que es tan útil a un químico, como a un físico, como a un biólogo, como a un médico, como a un ingeniero y también a un bodeguero. La palabra de este destacado profesor es rica incluso en citas a sabios de las más diversas disciplinas.

Esto nos lleva a considerar algo que debería estar más presente en los momentos de elaborar los planes y proyecciones de formación de los químicos: se trata de la carrera más multidisciplinaria de las ciencias

básicas modernas. Basta con revisar los planes de estudio de cualquier parte del mundo y nos percatamos de que los contenidos de Matemática y Física, incluidos los que le son intrínsecos a las llamadas Química General, Química Física y Química Analítica son grandiosos y considerablemente mayores que los de cualesquiera de las ingenierías.

Los contenidos de las tradicionales Química Orgánica e Inorgánica también están embebidos en conceptos físicos y matemáticos traídos de la Mecánica Cuántica. Si las comparaciones las hacemos con los programas de las carreras de Matemática, Física y Biología podemos observar que estas son esencialmente disciplinarias y que en el caso de Matemática y Física están dramáticamente ausentes de una proporción de conocimientos clasificables como químicos. Si los incluyeran muy bien podrían ampliar y diversificar las visiones de los formados en estas especialidades, dejando los enlaces para futuros retos multidisciplinarios en sus vidas laborales. Un estudio concienzudo de la tabla periódica para los físicos y los matemáticos los enriquecería notablemente.

Queda también algo implícito en la intención de sus palabras, que quizás el mismo no adivinó en esos tiempos. ¿Hasta cuándo mantendremos las fronteras intradisciplinarias actuales en la formación de los químicos? Las diferencias entre las diversas químicas tradicionales fundadas en el siglo XIX se van haciendo cada vez más indetectables en la medida en la que avanza nuestro conocimiento del universo y van apareciendo agrupaciones de información que pueden ser más útiles. Ojalá que tuviéramos nosotros la iniciativa innovadora de reformar la enseñanza de la carrera sobre las bases de la situación que tiene hoy la Química, y sobre todo de la previsible.

Las ciencias de los materiales, donde absolutamente todas las químicas se fusionan con la física, la química de la vida, donde

tampoco cabe división alguna entre los contenidos de nuestras subdivisiones tradicionales y más recientemente la explosión informática, que ha colocado en nuestros bolsillos y bolsos toda la química descriptiva más actualizada con solo "guglearla" en un teléfono móvil con acceso a la red de redes ya nos empiezan a obligar a repensar nuestra formación de químicos, o como se llame esta carrera en el futuro.

Un proyecto revolucionario y unificador se va haciendo necesario y puede que nos sorprenda viniendo de nuestros colegas en otras partes del mundo. La lectura del texto de Ledón nos enriquece y agrada. El saber de todo es parte de nuestra condición más humana. Si es que esta resume el carácter multidisciplinario de la Química, pues ¡que viva la regla de tres!

Baltimore, 3 de febrero de 2020

En defensa de la Regla de Tres*

*Conferencia sobre la regla de tres dictada a profesores del Ministerio de Educación en 1985. Transcripción realizada por la Dra. Rebeca Vega a partir de una grabación de audio, cortesía de Ma. Cristina Melo. Agradecimientos a Alejandro Fuentes por su conversión a digital. Foto cortesía del Dr. Carlos Núñez.

Enseñanza de
la Química

Dr. Ernesto Ledón Ramos



Queridos compañeros en lo social, colegas por la profesión: Ustedes conocen por obra y gracia, muy abundante por cierto de Ana María,¹ el título de nuestra charla. Lo creemos adaptable para la exposición, pero al igual que las obras pictóricas de ciertas escuelas nos tememos que el tema pueda ser cobijado al amparo de muy diversas denominaciones. Ustedes dirán...

Desde luego no aspiro a sembrar dudas, pero es que lo polémico, policromo de la temática y, como decimos en Química Física, su exterior cercano nos hace pensar que entre ustedes y aun en nosotros pueda surgir todo al estilo de la micromecánica, vale decir polifrontral, y así llegue a comportarse como principal algo no previsto en la titulación mientras lo enunciado para hoy se refugia en lo secundario.

Será frecuente en nuestra charla, que aspira a no ser monologo mediante la oportuna intervención de ustedes, frecuente será repito, la alusión a la Física, sobre todo en símiles y extrapolaciones. Ello es así, hoy más que ayer pero menos que mañana, reafirmando el criterio de Haüy,² en un hermoso lema que hace suyo José Antonio Saco como

introducción al programa de Química en el Seminario de San Carlos en 1823: “*Los descubrimientos modernos sobre los descubrimientos de los gases, no permiten ya a la Química aislarse de la Física, y así en estas materias, el verdadero físico es el que habla el lenguaje del químico.*” Tal interconexión prevista por unos de los creadores de la cristalografía, se asienta, es indudable, en el materialismo atomista de los griegos, orientador de la Química, como ustedes conocen, desde los días de Boyle, Lomonosov, Dalton, Lavoisier, etc.

De todos modos, intérpretese éste mi esfuerzo expositivo como un frente de ondas, integrado según Huygens³ por infinitas ondas elementales que, siguiendo la flecha del progreso pero disminuyendo entropía porque otorgue cierta información, aspira con su avance a ser útil, ya que debe contribuir a la fecunda polémica, a la bendita discrepancia y al no menos benemérito antiacademicismo, tan solo desde luego y que quede muy bien aclarado, en lo que este pueda tener de rutinario.

Pero nos parece que para esta noche Ana María se nos pasó. Anunció conferencia y eso

¹ Ana María Uría, metodóloga de Química en el MINED.

² René Just Haüy, (Abate Haüy), (1743- 1822). Minerólogo francés fundador de la cristalografía.

³ Christiaan Huygens (1629-1695). Físico holandés que elaboró la teoría ondulatoria de la luz.

es muy serio tanto en el fondo como en la forma. Mejor diríamos charla o conversatorio, donde la informalidad in vacuo que me es intrínseca, se encuentra en su mejor hábitat. Mis alumnos me conocen, saben que al expresarme no acostumbro a estar contra nadie, pero que si puedo estar y lo estoy a veces, contra algo; sin por ello pueda justificar a Gerardo Machado, quien llamó a mi generación opositora sistemática. Por otra parte, mi mesa de trabajo no se caracteriza por el orden, vine a hablar por lo siempre serio, así somos, así nos comportaremos siempre, con salvaguarda mediante lo axiológico y lo ético.

Siempre se ha descrito a la regla de tres como un instrumento memorístico; por lo menos en una primera acepción que es aquí la despectiva, es decir la que considera su aplicación como desprovista de un acompañante racionalista. Posteriormente, como consecuencia de ser tal, se le ha adjudicado ex cátedra, pontificada y dogmáticamente, algo así como un deformador de intelectos que más que inclinar nos obligaría a su proscripción. Lo primero carece de importancia, pertenece al género perogrullesco. Es tan indiscutible como a que a la mano cerrada se le suele llamar puño o que no todos los ñames están ubicados en el reino vegetal, pero ya es cosa muy distinta que con lo de memorístico a ella solita, a la pobrecita regla de tres, se le ataque multifrontalmente adjudicándole una propiedad antipedagógica, mientras nada se afirma al respecto de otros instrumentos honorablemente memorísticos, muy al uso, sin menoscabo profesoral, en el aprendizaje y uso de las ciencias. Ya veremos.

¿Y por qué este viejo químico, que aun pretende mantenerse con sus 0,76 siglos como químico viejo, viene a meterse en camisa de 10,0 metros, equivalentes de las 11 varas refraneras que ya no se usan, viene a

inmiscuirse, repito, en nombre de su gremio y en aras de la justicia, para defender a esta poco menos que infeliz Cenicienta que es la regla de tres? Será tal vez para justificarnos, para tratar de quitarnos la mancha negra, salpicadura de memorismo, y que no se nos pueda aplicar aquello de repugnancia con el dulce después que te lo has comido. Porque no está de más recordar que los químicos son usuarios principalísimos, gerentes de la casa como se decía en el lenguaje comercial, de la debatida pero no abatida regla de tres. Y tan es así que, si los bodegueros no la hubieran inventado, festiva y feliz concepción de mi maestro de siempre el profesor Manuel Francisco Gran,⁴ los químicos hubieran tenido que descubrirla.

Y ya apuntando a las causas finales de este acaetor con person de físico, científico, filósofo y hasta metafísico, tenemos que arribar a la muy kantiana y lógica afirmación: la regla de tres existe porque en el mundo se presentan naturalmente relaciones de proporcionalidad, y de modo cómodo es dable ajustar éstas en aras de la sencillez. Entre otro puñado de razones, lo químicos usamos de este tenebroso artefacto memorístico, porque hace cosa de dos siglos, entre Dalton y Proust echaron los cimientos de algo que se llama Estequiometría, hallando así una respuesta numérica al acontecer natural.

Y, recorriendo un poco más atrás aun, en la infinita cadena de las causas finales, hacen ahora su aparición en el interesante escenario del retro devenir, Demócrito con su poema *Rerum Novarum*, con coro y orquesta de toda la brillante corte materialista griega, enlazando en la parte positiva de los pitagóricos, para poner en remojo lo que los ponderalistas dieciochescos y decimonónicos acabarían por cocinar. Nos es útil traer a colación que memorizares algo indispensable, no sólo para la enseñanza, sino para la normal actividad y el

⁴ Doctor Manuel Francisco Gran Gilledo (1893-1962). Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas y Físico-Químicas. Profesor de la Universidad de La Habana.

Determinó la intensidad de la gravedad en La Habana. Principal figura de la Física en Cuba en la primera mitad del siglo XX.

desenvolvimiento de la vida. Ya en la alta Edad Media, siglo V de la era cristiana, San Agustín, príncipe de la filosofía voluntarista, consideraba a la memoria como una potencia animista. Y, en nuestros días, gran parte del poder operacional de las calculadoras y computadoras, residen sus capacidades al respecto.

Pero que se recurra a la memoria no significa que la utilicemos sin combinarla con el raciocinio, o por lo menos sin poder racionalizarla, y ello opere muy lejos del pensamiento agustiniano mediante cambio en las estructuras moleculares, es decir, ella funciona como Química.

Un problema sirva de ejemplo, puede ser de repartimiento centesimal, y se le resolvería, operando dentro del molde seco de un memorismo infecundo, aplicando sin más la consabida formulita⁵ que dentro de la prisa por llegar confunde, y con perdón para los apurados facilistas promocionalistas, los objetivos de una verdadera enseñanza.

Cosa muy distinta es que el alumno haya de refrescar en su trabajo los conceptos de masa fórmula y como ésta surge de la Ley de Conservación Másica. Expresar ahora, con criterio racional y no cotorrero, requeriría ahora que se conozca el concepto de tanto por ciento, como equivalente a multiplicar por cien unidades del denominador, el valor del cociente que es por definición una cantidad dimensionada. Así, sin formulitas, repito el relajador diminutivo, puede llegarse formativamente al resultado pedido. Más adelante insistiremos en todo esto, basta por ahora consignar que eso de memorismo, al igual que con la fiebre de un enfermo, la calentura resulta independiente de la ropa.

Acertado nos parece el seguimiento, a manera de recordatorio, que traigamos a colación unos cuantos memorismos que, sin

lavatorio de manos, están encubiertos con el piadoso por ciento muestras representativas que bien lo son, los siguientes modos de recordar operaciones: la regla de Hund, la notación $n l^x$, la distribución de Slater con sus 3d después del 4s, ciertas formulillas destinadas dicen, a simplificar cálculos estequiométricos, que en realidad rutinizan, antiformativamente, los aspectos cuantitativos de la fórmula química. En este entorno de negatividad colocamos, como profesores, a la ecuación fundamental de la volumetría, muy suficiente para sustituir sin entender, pero con despreocupación total, del cambio químico. Una parte, negativo también, para el denominado puente de los burros, gramos es igual litros por molaridad por peso del mol en gramos, premiado casi, pero oleado y santificado por los partidarios de extrapolar desde la mecánica hasta la docencia, mejor dicho hasta la pseudocencia promocional, el principio de mínima acción de Maupertuis⁶ y el principio de la óptica geométrica denominado por Fermat, expresión matemática de algo que se tuerce, se joroba o se desvía, porque esta apurado por llegar.

Muy a propósito nos parece recordar que, en la década del 50, el *Journal of Chemical Education* publicara un artículo titulado interrogativamente: *¿Se puede aprobar Química sin conocer la asignatura?* En el mismo se concluía que, desarrollando viciosamente en el alumno recursos mnemotécnicos y nada más, un cuestionario preparado al efecto habría de provocar un chaparrón de altas calificaciones, sin que para ello hubiera resultado necesario esforzarse para entender el fundamento químico del balanceo ecuacional y, sin haberse apropiado, como dicen ahora, de las leyes fundamentales de la teoría atómico molecular.

⁵ Se refiere a la fórmula que se emplea en los libros de la enseñanza media para los problemas de tanto por ciento.

⁶ Pierre-Louis Moreau de Maupertuis (1698-1759). Filósofo, matemático y astrónomo francés nacido en Basilea.

A partir de aquí, los polvos significantes habrán de convertirse en lodos promocionales y, en un salto cuali cuanti previsto por la dialéctica, el memorismo deviene facilismo. Éste no se hace oficial, pero si oficioso al tomar tan solo otro nombre, con ello se bordea algo así como la frontera del campo delictivo.

Aquí nos parece interesante expresándose en frases de moda que nos demos a la tarea de algo decir, opinión personalísima sobre el origen de esa repulsión, sobre ese “haberla cogido” con la regla de tres. Rosell, 1945, en su formidable curso de Matemática, expone el programa oficial por entonces vigente donde aparece epigrafiada la Regla de Tres. Además, ésta constituyó un capítulo de su libro. Pese a lo anterior, con una tendencia al mínimo del vicioso definecianismo, solo la ilustra con ejemplos. De lo allí expuesto se desprende, según nuestra interpretación, que es una distribución tipográfica del supuesto y la pregunta en correspondencia columnar de unidades, lo cual actúa como recordatorio para resolver por proporciones, por reducción a la unidad o de otro método, problemas fundamentales en la proporcionalidad de variables cualesquiera.

La aritmética de Baldor,⁷ otro de los textos contemporáneos al de Rosell, tengo a la vista la 5ta edición de 1940, obra que, sin descender a la chabacanería, ni mucho menos a una deplorable guía de estudio, fungió como tabla de salvación para los suspensos, se expresa definitivamente para la Regla de Tres: es una operación destinada a hallar el cuarto término de una proporción cuando se conocen tres, por tanto, la limita a resolver por proporción, cosa que no hace Rosell.

En general, los químicos solemos ajustarnos a este criterio baldoriano, en lo que se trata y nada más, de resolver una sencilla ecuación de primer grado. Tal es lo que, como

profesionales al respecto, y en nombre de la Química, nos proponemos por decirlo de algún modo, reivindicar. ¿Dónde está el memorismo aquí? Para nosotros reside en reconocer la existencia de una dependencia funcional de proporcionalidad directa, casi siempre entre magnitudes que conciernen al caso, plantear esa proporcionalidad en dos razones geométricas intrínsecamente igualables, donde aparecen, con sus unidades correspondientes, las tres cantidades que resultan conocidas y una cuarta que denominamos incógnita, dimensionada como alguna de las anteriores, y que podemos despejar para solucionar lo planteado.

Preferimos esta ruta operacional a la de reducción a la unidad, porque cada razón debe ser para nosotros un cociente expresivo de cuantas unidades del dividendo corresponden a una unidad del divisor. Con lo que, notemos bien, la reducción a la unidad equivale al uso del factor gravimétrico, no el más común éste y para el que nosotros en la Cuba nuestra, casi idénticamente inútil concepto operacional, corolario más bien de la estequiometría. Insisto en lo de factor gravimétrico como subordinado de algo fundamental que son las leyes ponderales. Estas pueden ser explicadas y aplicadas sin que se use el factor gravimétrico. El recíproco no es cierto porque se trata de una particular aplicación que bien pudo ser concebida por los partidarios de la reducción a la unidad.

Retomemos ahora un somero análisis sobre el origen de la repulsión reglatresiana. En no pequeña parte, puede aquella surgir como un remanente del colonialismo intelectual anglosajón o de otro origen conducente a adoptar la reducción a la unidad que, por los americanos del norte se emplea profusamente. Por allá no se discuten, pragmatismo a pulso, estas cosas. Aquello funciona y basta. Aquí,

⁷ Aurelio A. Baldor de la Vega (1906-1978). Profesor y matemático cubano, autor del libro *Álgebra de Baldor*, publicado en 1941 y reeditado en numerosas

oportunidades. Se conocen otros libros suyos, como *Aritmética de Baldor*, *Geometría plana y del espacio* y *Trigonometría de Baldor*. (Tomado de Wikipedia)

los antireglatresianos, se pretende que, con el molde anglosajón o lo que sea, no haya memorización como la regla de tres definida a lo Baldor, creemos que con esto se confunde la calidad del instrumento con el virtuosismo del músico que lo utiliza. Vale decir, el memorismo, ya infecundo y cotorrero, ya utilitariamente formativo, no va a residir en la regla de tres o en la reducción a la unidad, sino en el empleo que de ello hagan los profesores usuarios.

El magnífico texto de problemas producido por Ibarz, suele utilizar en lugar de lo anterior, operaciones combinadas entre cantidades dimensionadas, operaciones que, en ocasiones, no se recuerdan fácilmente para su ubicación tipográfica y que en conjunto muchas veces funcionan como la regla de tres compuesta. Sin dudas afirmamos que el dimensionaje es un valioso auxiliar para el ordenamiento de datos, pero no nos parece necesario forzar, a pulso, su utilización. Y no resulta desacertado recordar que, si algo importante ha de primar en la articulación docente es un preocuparse por la constante vinculación que, en momentos oportunos y entre diversas disciplinas, ha de utilizar el profesor destacando como los aspectos de un programa justifican a lo que intrínsecamente forma parte de otra asignatura.

En particular es conocido de todos que la física, la química y la matemática interconectan de modo muy especial e intenso. Al respecto, para el estudiante siempre resulta alentador que el aprendizaje se haga coherente y en cierta forma utilitario. Siempre recordamos trayendo al presente nuestros días de estudiante que, al introducirnos nuestro profesor de inorgánica, el siempre querido profesor Panchín Muñoz,⁸ en el campo de la

cinética química hubo, cosa muy natural, de definir la velocidad de reacción como una magnitud que equivale a la derivada de la concentración respecto al tiempo y que, escalando, ¡ploteando no, por favor!, en relación con lo anterior, nos la refirió como la tangente en un instante cualquiera. Y recuerdo a Timo, mi compañero de asiento, "... Oye ya tú ves que las derivadas sirven para algo más que para resolver los problemas de Miquel."⁹

Para destacar permítanme ustedes mi machacona insistencia relacionada con la regla de tres y la Ley de Proust. Es bueno recordar que en los manuales de prácticas que se utilizaban en los institutos preuniversitarios y correspondientes colegios privados, aparecía como una de las prácticas que habían de aprobarse por el alumno, un ejercicio a comprobar bajo experimento la ley de Proust o de la Proporción Definida. Se trata de un trabajo colectivo donde tienen todos los alumnos presentes un aporte con los diferentes y necesarios datos, pues cada pareja de manipuladores facilita a un colectivo que ellos mismos integran, la correspondencia numérica hallada experimentalmente entre una masa de bicarbonato sódico y la masa de cloruro de sodio, que los experimentadores del caso fueron capaces de obtener a partir de aquella. Con tal conjunto de datos se hace la graficación correspondiente y se llega a la recta por ajuste, como es natural en estos casos. Aquí el trabajo en equipos, otra contribución no despreciable es algo que nos corresponde destacar.

Estas oportunidades, basadas muchas veces en la regla de tres, donde la representación cartesiana puede aparecer como reafirmante, suelen salir del marco abiertamente

⁸ Francisco Muñoz Silverio, (1876- 1946). Doctor en Ciencias Físico-Químicas por la UH. Desde 1900 Ayudante Facultativo de la Cátedra E de Química de la Facultad de Ciencias, en 1925, Profesor Auxiliar y Jefe de Laboratorio de la misma, y en 1938, es nombrado Profesor Titular de la Cátedra K de Química Orgánica.

⁹ Pablo Miquel Merino, (1887-1944). Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas por la UH. En 1908 ganó por oposición la plaza de Ayudante Facultativo del Gabinete de Astronomía de la UH, y en 1912, la de Profesor Auxiliar de la Cátedra de Astronomía. En 1913 pasa a ejercer la docencia de Análisis Matemático llegando a Profesor Titular en 1921.

experimental y encontrarse en los problemas numéricos de los que nuestros magníficos textos actualmente en uso, tienen extensa y selecta colección. La gráfica puede ilustrar la proporción que en este caso es una ecuación de primer grado. También puede operarse sobre ella por vía de la reducción a la unidad, donde una pareja de valores define la m de una ecuación $y = mx + b$ como la tangente a la recta. Nótese que, en el cumplimiento de la ley de Proust, la recta extrapolada debe pasar por el origen. Tal sirvió, en cierta ocasión, para la interpretación jocosa al tiempo que inteligente de un alumno: “La coordenada (0,0) corresponde a usted, Profesor; tanto como a cualquier mirón que simplemente creía en Proust porque éste era un sabio. Y es por esto que la ley de Proust que, adentrados en nuestra profesión, al tratar de la mera cuestión de método resolutivo, si proporción o si reducción a la unidad, nos pronunciamos por la primera, ya que de una proporción nos parece que se trata en la expresión cuantitativa del acontecer natural. Y reafirmando, valga el símil, destacamos una vez más la indudable existencia de algo así como un vector de flujo de inducción concatenando entre tres bobinas del intelecto cognoscitivo, la física, la química y la matemática, para corroborar otra vez la máxima fundamental de nuestra teoría del conocimiento: la práctica es criterio de la verdad.

Tal vez se piense, y yo tengo mis dudas sobre ello, que hemos asumido la defensa de quien como la Dulcinea del Quijote es algo indefendible por inexistente fuera de la mente de un ingenioso hidalgo. Rechazamos de plano este barato pragmatismo ya que operamos sobre algo inobjetable: la proporcionalidad. (...) ¹⁰ de la duda estamos calentado los motores de uno que arrancó con el Renacimiento, denominada la duda cartesiana.

Y en aras del recuerdo, de ese ayer que nunca muere, nos trasladamos a nuestro sexto

grado en los jesuitas de Sagua La Grande. En la clase de aritmética se nos enseñaba la Regla de Aligación. Había en la Aritmética de Bruño, texto al uso por entonces, un esquemita para ello, no muy diferente al que actualmente aparece en un magnífico texto de Química por ustedes conocido, para resolver problemas de mezclas de disoluciones.

Habíamos llegado al colegio con trece años. Mi tía madrina profesora de primaria, nos enseñó a leer y hasta la tabla de sumar. Nuestro padre, un aficionado a las matemáticas, nos guio a su antojo. Era partidario de mezclar la aritmética con el álgebra, cosa que entonces no estaba de moda, y para los problemas de aligación, aprendimos así a usar sistemas de ecuaciones. En el colegio, decía el padre Martín, éramos un indisciplinado aceptable, valga la paradoja, y seguimos allí procediendo, como decía socarronamente el maestro, ecuacionalmente. “Tú la tienes cogida con el álgebra, la quieres meter hasta en la sopa”, nos recriminaba un protestón y querido compañero, por entonces un rebelde sin causa y, además un estupendo pelotero. Creo que eso que él denominaba cogerla con el álgebra, no era más que el apego a un verdadero molde pedagógico, fruto de las enseñanzas paternas, y muy superior a algunos tradicionales esquemitas, que ayer y hoy superviven en aras del facilismo.

Y en retorno y riposta a esos planteamientos químicos encaminados a resolver en esa forma facilista los problemas de mezclas, es dable señalar que, hasta nosotros, por vía de los alumnos que actualmente nos visitan, este proceder nos ha llegado con el nombre de Regla de Cinco. No quisiéramos que nuevos vientos de colonialismo intelectual reaparecieran al respecto y que la tal regla de cinco se nos colara, valga el decir, en algún momento para formar parte de elencos oficiales.

¹⁰ Pequeña interrupción en la grabación

Perdonen la cita histórica, solo en aras de mejor recordar. En los flamígeros maniguales de la Guerra Grande y del 95, el diagnóstico del terrible vómito negro diz que podía hacerse por la pronunciación del enfermo. Si este al hablar, por ser criollo ceceaba y pronunciaba “corasón”, no solía tener fiebre amarilla, pero si decía corazón, pronunciando la z como tal, podía asegurarse que tenía el mortal azote de las tierras calientes. Así los químicos con criterio más racional, menos empíricos, si al escalear los resultados de un experimento obtienen una línea recta están seguros de poder aplicar para el caso, la matemática de la proporcionalidad.

El tan conocido texto de Química General de Pauling tiene al respecto interesantes problemas que él, concordante con su sajonía, resuelve por reducción a la unidad. En particular, recuerdo un ejercicio de cinética sobre la descomposición monomolecular del éter dimetílico donde, manejando como trasfondo una ecuación exponencial, logra situarse en estrecho y conveniente intervalo, para hacer valer la Regla de Tres. Esta en realidad se encuentra presente en la geometría plana desde la semejanza de triángulos, pasa a la derivada y a los incrementos funcionales y en algunos casos se le emplea indebidamente, como en la nada rigurosa demostración de la fórmula del espacio en el movimiento uniforme acelerado, conducida a pie forzado mediante una ramplona proporcionalidad, entre muchas penas y tan pocas glorias, que nos hace recordar a Lope de Vega: “*La fuerza del consonante nos obliga, a decir que son blancas las hormigas.*”

La importancia de la Regla de Tres, de su más visible y legítima consecuencia, vale decir de la línea recta, se ha manifestado en tono humorístico en el *Journal of Chemical Education*, bajo un artículo: “*¿Cómo hacer un*

descubrimiento famoso?”. Éste en esencia, traducido libremente y adaptado, ustedes comprenderán, a Cuba 1985 expone la siguiente receta: Debe montarse un aparato complicado con muchas conexiones entre sus partes más disímiles, y una colección de instrumentos de medida, incluidos, además, tableros de mando digital, ojos mágicos, luces de colores, etc. Introduciendo energía por alguna parte, los indicadores de medición algo señalarán, y éste debe ser rigurosamente tabulado. Ahora hay que disponer de papeles de graficación milimetrados, semilog, log-log, de coordenadas polares, cilindro cónicas, de grado Fahrenheit contra reflectancia, de grados de inteligencia contra longitud de onda de la radiación electromagnética visible devuelta por la ropa del operador suponiendo que no tenga riguroso luto por la muerte de un tío. Si en alguno de estos escalamientos aparece (...) se procederá a escribir la memoria correspondiente, tomando para ello párrafos enteros de la *Evolución Creadora* de Bergson;¹¹ de la *Física Teórica* de Jager,¹² Editorial Labor; de la *Crítica de la razón pura* de Kant, etc., etc. Ustedes entienden los etcéteras. Se tratará, aunque no se entienda, de los pozos de potencial; del Efecto Túnel; de los huecos negros del universo; y se aplicará para ello una parrafada mecánico cuántica, aderezada con matrices de Heisenberg, aspectos relativistas de Dirac y algo de la cuantificación aplicada a los campos. La crítica afirmará que el autor de tal enredo es un genio y que el aparato que le ha llevado a las cumbres de la fama, es un tupiógeno biónico extrasensorial, que será la admiración de los extraterrestres que nos visiten, sobre todo por una misteriosa escalerita para subir nunca para bajar, y por el campo antigraavitacional que porta y que permite caerse para arriba.

¹¹ Henri Bergson (1859-1941). Filósofo y escritor francés. Premio Nobel de Literatura en 1927. En su obra *La evolución creadora* plantea sus criterios acerca de la distinción entre lo orgánico y lo inorgánico, las

teorías evolutivas y sobre la relación entre materia y conciencia.

¹² Gustav Jager. *Física Teórica* (Tomos I y II). Ed. Labor. 1929.

Ahora, adentrándonos en lo anecdótico en relación con el tupiógeno, que sin duda existe y funciona en realidad, queríamos rendir homenaje de admiración, de simpatía, a un amigo ya fallecido, al doctor Amaury Escalona y Almeida, refugiado que hubo de estar en nuestra casa, para en salvador anonimato, poder mantenerse fuera del alcance de la porra machadista.

Aquí, nos referimos a otro tupiógeno modesto pero eficaz y que, forzado circunstancialmente, trabaja en la Cuba nuestra a plena capacidad. Profesor..., nos dicen, pero usted usa la Regla de Tres tan cómoda como es, pero a nosotros nos la tienen prohibida. Prohibida, pero la empleamos; en un papelito aparte resolvemos por Regla de Tres, después para lo que se dé transcribimos planteo y resolución según el gusto del censor de métodos devenido profesor. ¿Qué tal? Nos parece que el tupiógeno se ha convertido en un arma defensiva, actuando en un campo irreprochablemente honesto al mismo tiempo que divertido, y además incontrolable mientras que por métodos parapsicológicos o que se yo no se descubra la forma de censurar el pensamiento.

Al fin de toda disertación, vericuetos palabrero como éste, pensarán ustedes..., es una moda, cosa rara no carente de lógica, que el autor, contra la que diana flecha señaladora del tiempo, se disponga a poner aunque sea un infinitésimo de orden en el regajero que, cual galimatías redivivo, ha tenido el mal gusto de producir. En las publicaciones del caso se denomina a esta parte conclusiones, y suele ser importante porque de lo mucho que se escriba, resultan las que se prestan atención auditiva o de lectura, que mucho menos será y es natural, lo que al respecto se recuerde.

Por nuestra parte será, y por tanto y por cuanto, un esfuerzo antientrópico, y que por su disposición recuerde tal vez el nombre de un delicioso danzón de allá por los años veinte, *Rompiendo la Rutina*. Y ello es así porque ni en fines de despertador oral hemos

pronunciado la palabra conclusiones, ni hemos asignado un orden numérico a los distintos criterios que parecieran más destacables. Helos aquí, referidos como es natural a alguien, que entró de pobrecita pero probablemente es que se haya ganado el honroso y solarista apodo de bretera. Vale decir apuntamos hacia la Regla de Tres.

- Se adoptó para la misma el criterio baldoriano y se destacó su importancia en las ciencias de la naturaleza. A su respecto, creemos mucho más en los antipedagogos que en lo antipedagógico.
- En el origen de su rechazo puede haber residuos de colonialismo intelectual.
- Opinamos que al quehacer químico se adapta mejor su resolución mediante proporciones que el método de la reducción a la unidad.
- Los esquemitas, lo repetimos así en diminutivo, como los utilizados por mi querido padre Martín, el que aparece en algunos textos de Química y otros cualesquiera de este corte, no creemos que se adapten a la más formativa manera de enfocar la cuestión.
- La graficación cartesiana en relación con la proporcionalidad es un valioso auxiliar de integración metodológica, ya abonado por el anuncio en periódicos y murales sobre los triunfos de la producción y por las gráficas de médicos y enfermeras las historias clínicas.

Y, en palabras finales de agradecimiento, expresión informal porque es la mía, pero de fondo muy serio porque el tema lo amerita, habré de referirme al éxito propagandístico vendedor de Ana María Uría, quien estimo puede por ello ser promocionada sin promoción, bueno ustedes me entienden..., para cargos tan difíciles como nuestra vendedora de camellos cubanos en el Sahara, de colmillos nuestros, elefánticos, en el cono sur africano, de refrigeradores INPUD a los pingüinos de la Antártida o convenciendo a los

esquimales para usar equipos de aire acondicionado. Nos ha probado con lo de esta noche que, sin alejarse del MINED que es su vida, ella habrá de triunfar en todos y cualesquiera de tales empeños. Además, ante esta casa llena, como decían los empresarios de antaño, nos vienen motivos para pensar que si no que defender, razones hay para discutir, cosa muy de acuerdo en nuestros años vividos que nunca por aburridos tranquilísimos fueran porque han estado animados de un espíritu antidogmático y polémico que cree, eso sí, requerido por todos los que anhelamos en perenne juvenilia, un mundo mejor. Y por mejor menos conformista, más justo, menos estático dentro de moldes cualesquiera, y en resumen más humano con una valoración plenamente renacentista.

Lo tratado es algo que pretendió ser diálogo, ustedes dirán. No lo conceptuamos como alharaca infecunda, más bien como una reventilación forzada; no por lo que hemos dicho sino por cierto reanimarse en lo polémico, opuesto a la rutina, al conformismo enervante, al siempre se ha hecho así, al *magister dix* y al *yes man*. Que hay escozores que pueden y deben ser saludables, aunque con su provocación pueda el escozor a dar rodar por tierra, cual sucediera a un tal señor Don Quijote de la Mancha frente a los molinos de viento.

Muchas gracias.

Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 16: La sección de conclusiones de un artículo científico

Enseñanza de
la Química

Dr. Manuel Álvarez Prieto

Departamento de Química Analítica
Facultad de Química
Universidad de La Habana
malvarez@fq.uh.cu



Con este artículo se continúa la serie que describe la visión personal del autor sobre los principios del trabajo científico. En las últimas partes de la serie se ha tratado sobre la elaboración de los artículos científicos de tipo general, los más comunes. Este tipo de artículo está dirigido a describir resultados científicos originales, que realizan un aporte científico particular. En inglés se nombran como *general papers*, *full papers* o simplemente *articles*. En los artículos de esta serie inmediatamente anteriores se ha abordado la elaboración de las tres primeras secciones típicas de este tipo de artículo, a saber: introducción,¹ materiales y métodos,² y resultados y discusión.³ Como continuación y de acuerdo a la típica estructura IMR y DC, (introducción – materiales y métodos – resultados y discusión – conclusiones), en este artículo se discutirá sobre la elaboración de esa última sección.

Como se explicó en el artículo anterior,³ no todas las revistas exigen en sus normas de edición la inclusión de una sección de conclusiones. La explicación de ello radica en que se puede considerar que las conclusiones se pueden expresar tanto en la sección de resultados y discusión, como en una sección separada de discusión. Sin embargo, aunque el autor no dispone de una estadística al respecto,

parece que la mayor parte de las revistas exigen una sección separada de conclusiones.⁴ Si la inclusión de la sección de conclusiones es opcional, se recomienda insertarla cuando el artículo o la sección de resultados y discusión son extensos.

Las conclusiones deben corresponderse unívocamente con los objetivos científicos planteados en la introducción del trabajo.⁵ Cada conclusión debe estar vinculada a un objetivo, general o específico. Si en el transcurso de la investigación se llega a una conclusión que no esté vinculada a un objetivo, hay que formularlo, o de lo contrario excluir del artículo los resultados que conducen a esa conclusión y no considerarla.

Es usual que los lectores potencialmente interesados en el artículo realicen una revisión inicial y rápida de éste. Una de las primeras cosas que se busca es entender los objetivos planteados y las conclusiones a que se llega. Si la correspondencia anteriormente referida entre ambos elementos no queda clara, se dificulta la comprensión de la esencia del artículo científico. Si no es posible esa comprensión, pueden surgir dudas sobre la calidad del artículo o de la investigación realizada, ya que la baja calidad debe ser una consecuencia de un error metodológico al

desarrollar la investigación o al escribir el artículo.

Como indica el nombre genérico de esa sección, su objetivo es expresar las conclusiones a las que se llega, que son argumentos y afirmaciones que resultan como consecuencia lógica de los nuevos conocimientos logrados. Esencialmente las conclusiones constituyen la interpretación o la significación de esos conocimientos en el contexto de la disciplina a la cual tributan. Las conclusiones se relacionan directamente con esos conocimientos y sus implicaciones. Las conclusiones deben expresar la importancia y el impacto que tienen esos conocimientos desde los puntos de vista científico, económico, social, industrial o de otro tipo. En esa sección se debe, además, argumentar sobre la relevancia de la investigación científica, su importancia.

La sección de conclusiones de ninguna manera puede constituir un resumen de los principales hallazgos de la investigación. Al proceder de esa manera se cae en la repetición injustificada de lo expresado anteriormente. Infortunadamente ese es una deficiencia bastante común en nuestro medio. Excelentes trabajos de investigación, que poseen una importancia notable desde varios puntos de vista, se acompañan de una sección de conclusiones realmente deficiente, que constituye una simple enumeración de los principales resultados obtenidos. Esos resultados generalmente se expresan o describen en la sección de resultados y discusión. Esto no quiere decir que no se haga referencia a esos resultados. Si se necesita expresar la interpretación o la significación de los nuevos conocimientos, es necesario referirse a ellos de alguna forma.

Dicho de otro manera, la sección de conclusiones debe emplearse para interpretación y no para exponer resultados y datos ya presentados con anterioridad.⁶

La sección de conclusiones debe ser el producto de una maduración intelectual de la importancia y el impacto de los resultados en el contexto de la disciplina científica a la cual tributan, aunque eventualmente ese tributo puede ser en un contexto interdisciplinar o incluso con implicaciones para otra disciplina.

Las conclusiones generalmente se presentan junto con recomendaciones que puedan desprenderse, que resulten como consecuencia o continuación del trabajo. En las conclusiones pueden indicarse qué trabajo adicional se requiere en el futuro, y cuáles pueden ser los futuros desarrollos.⁶

Aunque en las tesis de diferentes tipos las recomendaciones se presentan a menudo separadas en una sección aparte, en los artículos científicos la práctica común es expresar las recomendaciones junto con las conclusiones. Una posible explicación de esa práctica pudiera ser que de esa manera se evita seccionar adicionalmente el artículo.

Para incluir recomendaciones, deben existir elementos en la investigación que permitan proponer la continuidad del trabajo, abrir nuevos caminos e introducir resultados.⁵ Las recomendaciones también pueden quedar condicionadas por la identificación de nuevos problemas científicos que se identifican en el proceso de mejora del conocimiento del sujeto de la investigación sobre el objeto de la investigación. Por tanto pueden tener una justificación científica clara. Las recomendaciones pueden estar dirigidas al propio sujeto del conocimiento que desarrolló la investigación, pero también pueden estar dirigidas a la comunidad de profesionales afines con el objetivo de aportar al acervo de ese colectivo. Sin embargo, las recomendaciones también pueden estar orientadas a los decisores que en el futuro puedan aprobar proyectos científicos en beneficio de los investigadores que realizaron la investigación.⁵

Aunque en ocasiones puede ser obligatorio denominar la sección de una manera indicada en las normas editoriales, a menudo el autor tiene la libertad de asignarle un nombre particular. Si bien la sección en donde se exponen las conclusiones a menudo se nombra “Conclusiones”, esa práctica no es universal. Otras denominaciones tales como “Comentarios Finales” y “Comentarios Conclusivos” (en inglés, *Final remarks* y *Concluding remarks*, respectivamente) y otros, no son muy raros. Por ejemplo, las que se pueden considerar como conclusiones de este artículo se recogen al final con el interés de recapitulación bajo la denominación “Epílogo”.

Si se destaca la inclusión de recomendaciones, entonces no sería sorprendente que se denomine a la sección final de un artículo científico “Conclusiones y recomendaciones”. Este título es muy socorrido en trabajos de tesis de diferentes tipos.

Un aspecto que puede ser importante, y que a menudo no se toma en cuenta, es que en las conclusiones puede ser necesario exponer sobre el alcance y las limitaciones de los resultados y las conclusiones logrados, con el objetivo de brindar una visión objetiva y realista de la investigación realizada. De esa manera se evita crear expectativas falsas y sesgadas, algo vinculado a la ética del científico.

La sección de conclusiones en otros tipos de artículos

Hasta aquí se han expuesto ideas sobre la sección de conclusiones para los artículos generales. Hay otros tipos de artículos en donde cabe incluir una sección final con propósitos similares. En los artículos de revisión o los artículos de revisión tutoriales, la sección de conclusiones puede estar dirigida a exponer un panorama general sobre el estado

del arte o el desarrollo del área particular del conocimiento científico que se trata.

En otros tipos de artículo, como los denominados "artículos de posición", y las comunicaciones cortas, pudiera estar presente la sección de conclusiones. Sin embargo, la sección no se incluye en aquellos que son de corta extensión, tales como los “breves técnicos” o “notas”, reseñas de libros, noticias de diferentes tipos, las cartas al editor y otros.

La redacción de la sección de conclusiones de los artículos científicos

Como cualquier otra, esta sección debe estar escrita en una forma clara y simple.⁴ No debe reiterarse los resultados expresados en la sección anterior, aunque pueden y generalmente deben mencionarse. La redacción de esta sección debe ser consistente con el resto de las secciones en cuanto a términos, conceptos y símbolos empleados. Las afirmaciones fundamentales que confirman la importancia y la relevancia de la investigación realizada deben redactarse de una forma directa y enfática. Especial atención debe ponerse en la redacción de las oraciones que confirman el cumplimiento de los objetivos científicos trazados con anterioridad.

Epílogo

Sorprendentemente, no hay muchos artículos y monografías que traten sobre la elaboración de la sección de conclusiones de los artículos científicos.

Está claro que una sección de conclusiones deficientemente elaborada conspira sobremana contra la calidad de un artículo científico. Si se parte del proverbio anónimo que sentencia “No hay cadena más fuerte que su eslabón más débil”, entonces se comprende que a la sección final de un artículo científico debe prestársele una atención debida. La sección de conclusiones además de ser el “cierre” del artículo, contribuye enormemente

a la impresión final que se lleva el lector. Si esa impresión es positiva, entonces ese lector puede quedar interesado en los objetos de investigación del colectivo al cual pertenecemos, y podremos esperar de él que lea nuestros futuros artículos.

La presente sección, formulada a modo de conclusiones, no cumple con muchas de las ideas anteriormente expuestas. La razón es simple: este artículo no es un artículo de tipo general ni de otro de los tipos anteriormente mencionados.

REFERENCIAS

- [1] Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 13: la introducción de un artículo científico, *Encuentro con la Química*, 2019, 5(1), 37 – 43.
- [2] Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 14: La sección de materiales y métodos de un artículo científico, *Encuentro con la Química*, 2019, 5(2), 37 – 43.
- [3] Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 15: La sección de resultados y discusión, *Encuentro con la Química*, 2019, 5(3), 16 – 23.
- [4] Branson, R.C., Anatomy of a research paper, *Resp. Care*, 2004, 49(10), 1 222 – 1 228.
- [5] Lodos Fernández, J.T., González Hernández, I.M., *Metodología de la Investigación Química*, Ed. Universitaria Félix Varela, La Habana, 2013
- [6] Lucy, C.A., How to succeed in analytical chemistry: a bibliography of resources from literature, *Talanta*, Vol. 51, p.p 1 125-1 147 (2000).

Sustancias Químicas y el Síndrome del Edificio Enfermo

Ciencia y
Sociedad

Dra. Mercedes Fernández García

**Departamento de Química General e Inorgánica
Facultad de Química
Universidad de La Habana
mercy@fq.uh.cu**



Las sustancias químicas por su composición y/o estructura pueden presentar propiedades peligrosas. Ellas pueden resultar explosivas, comburentes, inflamables, tóxicas, corrosivas, nocivas, irritantes, sensibilizantes, o dañinas para el Medio Ambiente; incluso muchas de ellas pueden presentar propiedades peligrosas múltiples. Una de las más preocupantes de esas propiedades es la toxicidad ya que puede actuar de una manera silenciosa y variada; en general se desconoce mucho sobre ella, incluso existe un número grande de sustancias que resultan sospechosas, valor que sobrepasa a 100 000, que aún no se han estudiado.

Desde los estudios realizados por Paracelso (1493-1591) se conoce que todas las sustancias químicas, en mayor o menor medida, pueden resultar tóxicas y que esta toxicidad depende de la dosis, o sea, de la cantidad de la misma que finalmente se incorpora a los organismos vivos, capaz de causar daño.

Para que las sustancias tóxicas lleguen a los organismos vivos ellos estos deben estar expuestos, o sea existir el contacto entre la sustancia y el sujeto y penetrar al organismo por alguna vía. La dosis necesaria para la ocurrencia del daño es variable de una sustancia a otra, y ahí la magnitud de su carácter tóxico (Figura 1). De las sustancias

químicas conocidas cuyo número ya es superior a 11 millones, sólo de 2000 está evaluada su toxicidad y se ha concluido que:

- 1500 tienen propiedades cancerígenas y mutagénicas
- 1500 son tóxicas para la reproducción
- 1500 son disruptores endocrinos
- 300 son alérgicas
- 1300 neurotóxicas
- 400 tóxicas

La toxicidad de las sustancias no se puede variar, pero sí su efecto, si las condiciones de exposición varían. Entre ellas están incluidas:

- la concentración del agente tóxico
- la vía de entrada al organismo,
- la ruta de exposición,
- el medio de exposición
- la dosis.

En última instancia las cuatro primeras determinan la quinta, que es la fundamental en el efecto. Cuando el agente tóxico está el aire, la vía fundamental de penetración al organismo es mediante la respiración, pero también podrá penetrar por la boca o por contacto dérmico (Figura 2, Tabla 1).

Gradiente de toxicidad

Dosis:

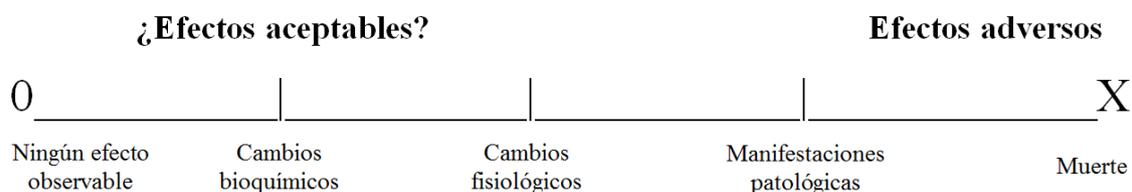


Figura 1. Efectos sobre la salud de sustancias tóxicas en relación con la dosis.

Tabla 1. Vías de entrada al organismo de las sustancias tóxicas.

VIA RESPIRATORIA a través de la nariz, la boca, los pulmones, etc.		Es la vía de penetración de sustancias tóxicas más importante en el ambiente de trabajo, ya que con el aire que respiramos pueden penetrar en nuestro organismo polvos, humos, aerosoles, gases, etc.
VIA DIGESTIVA a través de la boca, estómago, intestinos, etc.		Es la vía de penetración a través de la boca, el esófago, el estómago y los intestinos. También hemos de considerar la posible ingestión de contaminantes disueltos en mucosidades del sistema respiratorio.
VIA PARENTERAL a través de las heridas, llagas, etc.		Es la vía de penetración del contaminante en el cuerpo a través de las heridas, llagas, etc.
VIA DERMICA a través de la piel		Es la vía de penetración de muchas sustancias que son capaces de atravesar la piel, sin causar erosiones o alteraciones notables, e incorporarse a la sangre, para posteriormente ser distribuidas por todo el cuerpo

Además de la concentración de la sustancia tóxica, el tiempo de exposición a ella y la frecuencia de la exposición, pueden jugar un papel importante en la cantidad de la sustancia se incorpore al organismo.

Hay un hecho que no está estudiado y que indiscutiblemente tiene también su influencia, y es que todo indica que las sustancias tóxicas, aun en pequeñas cantidades, pueden causar trastornos de salud. No tan agudos, pero sí pueden presentarse síntomas variados, algunos autores denominan este efecto como Síndrome

de la Sensibilidad Química. El lugar de trabajo y la vivienda son dos lugares en que la frecuencia y tiempo de exposición al aire que allí circula es alto, si este aire estuviera contaminado con sustancias de conocida toxicidad, o que contuviera concentraciones superiores o inferiores a las admisibles o necesarias para el buen funcionamiento del organismo humano, pudieran ser muy perjudiciales para la salud de los que allí trabajan o habitan.

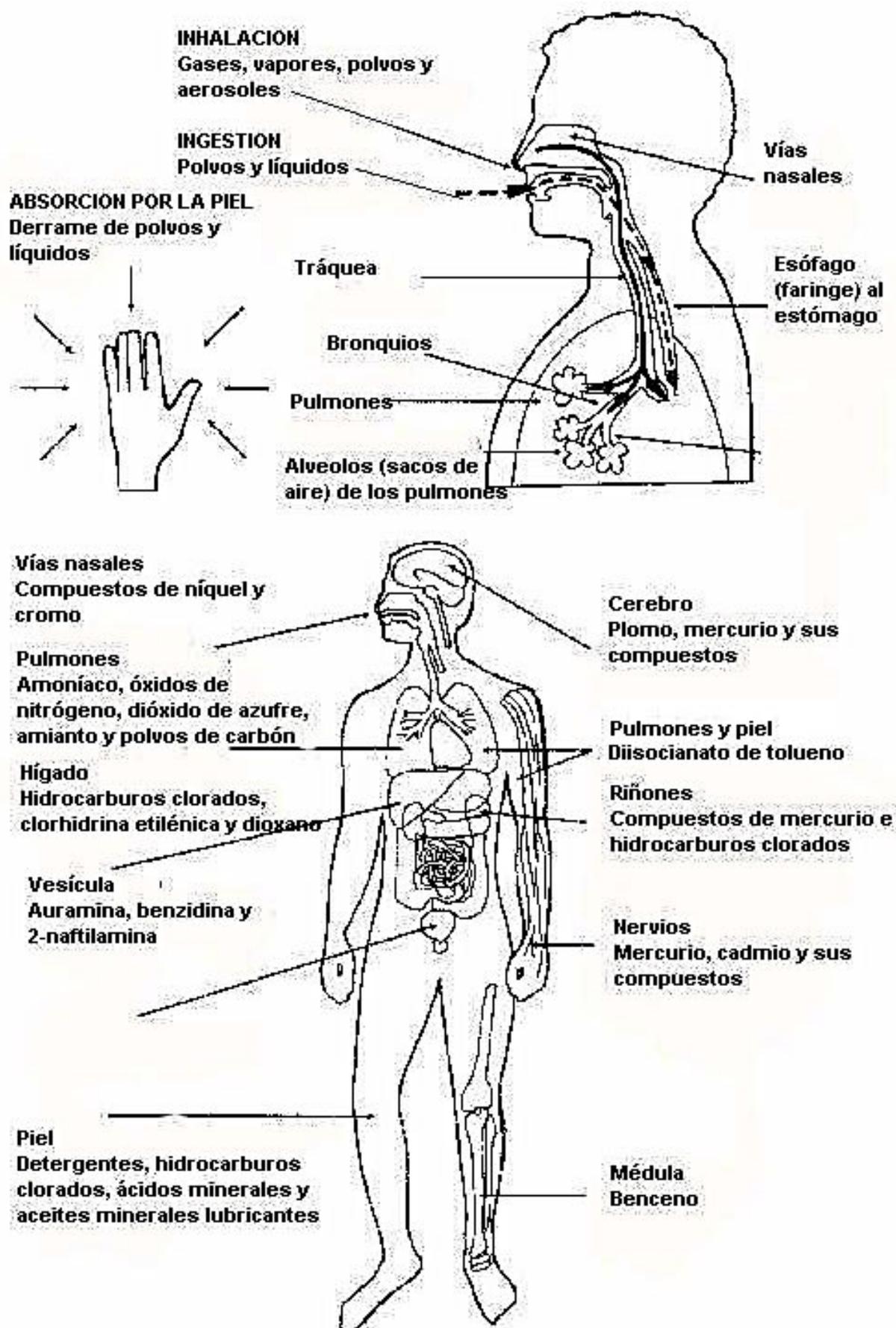


Figura 2. Vías de entrada al organismo de sustancias tóxicas y órganos diana.

Se ha podido comprobar que esto es así desde tiempos muy remotos que datan de los estudios realizados por Hipócrates (460-377 a.n.e), el médico más famoso de la antigüedad, quien es considerado el padre de la Medicina. Entre sus obras más importantes (Corpus Hippocratum) está el “Tratado de los aires, las aguas y los lugares” (S.V a.n.e.), donde en vez de considerar las enfermedades como de origen divino, discute sus causas ambientales relacionadas con esos tres factores.

En muchas ocasiones trabajamos o vivimos en locales que dañan nuestra salud por mala ventilación o por el exceso de alguna o algunas sustancias que puedan ser perjudiciales. Puede suceder también que entre algunas de ellas exista un efecto sinérgico, o sea, que su acción negativa se vea incrementada por la presencia de otras.

Esta situación está siendo muy preocupante en nuestros días: el hacinamiento, el deterioro constructivo, el exceso de humedad, el empleo y consumo de ciertos productos químicos, es muy común, por tanto, es frecuente la detección de enfermedades que, en buena medida, son el resultado de la exposición a niveles no adecuados a esas sustancias, sobre todo en el aire que se respira, y que también puede penetrar en el organismo por otras vías, como se muestra en la (Figura 2, Tabla 1). Estas enfermedades asociadas con dicha causa se conocen como Síndrome del Edificio Enfermo (SEE) y que se tiene conciencia de ello a partir de los años 70 del pasado siglo

¿Qué relación existe entre este síndrome y las sustancias químicas?

El síndrome es el conjunto de síntomas que provoca un inmueble sobre las personas que habitan o trabajan él. Generalmente se atribuye a la contaminación del aire que circula en su interior con sustancias químicas tóxicas y/o con agentes biológicos patógenos.

En principio, no se trata de un problema grave que vaya más allá de un malestar temporal que reduce la capacidad de las vías aéreas o neurológicas de las personas, pero en casos extremos puede agravar alguna patología.

El hecho de que muchas de las sustancias tóxicas estén en el hogar o en locales de trabajo, como contaminantes, redundan en la importancia de actuar en este ámbito.

Los síntomas pueden ser:

- Síntomas nasales: irritación de la nariz, mucosidad abundante, sequedad nasal, congestión, trastornos del olfato y tos.
- Molestias oculares: irritación, cansancio, escozor y enrojecimiento ocular.
- Dolores de garganta: también origina irritación, sequedad ronquera, inflamación o enrojecimiento de la garganta.
- Alteraciones cutáneas: irritación y escozor en la piel.
- Dolores de cabeza, náuseas, vértigos, fatiga mental o somnolencia, dificultades para concentrarse, alergias.

Según información aportada por la Agencia Europea de Medio Ambiente, 422 000 europeos fallecieron de forma prematura debido a la contaminación en 2015.

El factor que debe llevar al diagnóstico del SEE, además de una prevalencia elevada de estos síntomas, debe ser la relación temporal de los mismos en el edificio con problemas.

Los agentes químicos contaminantes, muchos de ellos son sustancias de conocida toxicidad, otras no tan tóxicas, pero cuyas concentraciones en el aire llegan a ser superiores a los valores límites admisibles por el ser humano.

El hecho de que muchas sustancias tóxicas estén en el hogar como contaminantes redundan

en la importancia de actuar en este ámbito. Sin embargo, la exposición a sustancias tóxicas en el hogar es uno de los aspectos más desatendidos por la actuación oficial. Según estudios realizados por la Organización Mundial de Salud el 30% de los edificios, son edificios enfermos.

Los contaminantes del aire en interiores generalmente se diferencian de los del aire en exteriores por el tipo de compuesto químico y la concentración. Los contaminantes químicos incluyen el humo ambiental del tabaco, partículas biológicas y no biológicas, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, algunos metales, óxidos de carbono y hasta el agua.

El aire interior de la vivienda o local de trabajo también se contamina por la influencia y entrada del aire exterior. Entre los contaminantes químicos más comunes se pueden citar el dióxido de carbono y monóxido de carbono, el agua, partículas de aerosoles, humo del tabaco (contiene más de 3000 compuestos, entre ellos monóxido de carbono, aldehídos, óxidos de nitrógeno, metales), materiales de construcción y muebles (formaldehído, vapores orgánicos, polvos y fibras (asbestos, vidrio, textiles), productos de limpieza, desodorantes.

Efectos conocidos de algunas sustancias químicas:

1. Efectos del agua.

Se sabe que el agua no tiene propiedades tóxicas acentuadas, sin embargo, no debe estar ni en defecto, ni en exceso en el organismo, ni en el ambiente en que desarrollamos nuestras vidas. El agua además puede reaccionar enérgicamente con algunas sustancias causando efectos no deseados. Cuando la humedad es alta, es un caldo de cultivo adecuado para el desarrollo de microorganismos patógenos.

Es muy frecuente que la humedad existente en el interior de los inmuebles no sea la

necesaria; que su nivel esté por debajo o por encima de los valores requeridos para que esto no resulte perjudicial a la salud. Los niveles de humedad no deben ser inferiores al 40%, ni superiores al 60.

El aumento de la humedad relativa reduce la facilidad de pérdida de calor por transpiración y vaporación, con lo cual el efecto equivalente al aumento de la temperatura. Por otro lado, humedades extremas pueden crear problemas de *disconfort*. Niveles inferiores a un 30% pueden ocasionar sequedad en las membranas mucosas, mientras que niveles muy altos de humedad, mayores del 70% pueden favorecer el crecimiento o desarrollo de hongos y otros contaminantes biológicos.

También el exceso de humedad ambiental aumenta la posibilidad de contraer enfermedades respiratorias como bronquitis, sinusitis, infecciones pulmonares. Puede aparecer sensación de malestar, escalofríos, cansancio, dificultad al respirar, pies fríos, dolores de cabeza, malos olores, etc.

La humedad estructural, a largo plazo, puede suponer importantes riesgos, no solo para la salubridad del ambiente sino también para la resistencia de los cimientos y muros de las construcciones por el efecto de filtración y capilaridad.

2. Efectos del CO₂ y CO.

El CO₂ se forma por combustión de sustancias que contienen carbono. En los locales no industriales la principal fuente de contaminación está en la respiración y el fumar. La respiración genera en espacios cerrados un aumento de la concentración de CO₂ y una disminución de la de O₂. Es un asfixiante simple cuya presencia a concentraciones altas provoca falta de oxígeno.

El aire fresco contiene alrededor de un 21% de O₂ y un 0,004 % de CO₂. El aire aspirado en cambio contiene alrededor de un 16% de O₂ y

un 4% de CO₂. Si escasea el oxígeno y hay un exceso de dióxido de carbono, primero se destruyen las neuronas, que son las células más sensibles; con un 20% de O₂ y un 0,07% de CO₂ aparecen síntomas de fatiga, pérdida del rendimiento, dolor de cabeza, y aumento del ritmo respiratorio. A medida que se agrava la situación, se producen dificultades respiratorias y finalmente con un 15% de O₂ y 5,4 % de CO₂ la asfixia.

El contenido de CO₂ en el aire no debe sobrepasar de forma duradera el 0,07% (700 ppm). Al abordar la cuestión de la ventilación hay que tomar en cuenta que en las grandes ciudades el contenido de CO₂ en el aire es bastante más elevado que en un entorno rural y puede resultar difícil mantener dicho contenido de forma prolongada por debajo de los 700 ppm en el interior de una vivienda.

El CO se forma por combustión incompleta de sustancias que contienen carbono. Su presencia en medios no industriales es debida a la emisión por motores de combustión interna en garajes dentro del edificio, la toma inadecuada de aire fresco exterior y el fumar. Tiene efecto asfixiante al unirse a la hemoglobina ya que forma la carboxihemoglobina lo que disminuye el aporte de oxígeno a los tejidos.

3. Efectos de los óxidos de nitrógeno.

Los óxidos más importantes del nitrógeno que son el monóxido y el dióxido de nitrógeno. Ambos son tóxicos y el dióxido de nitrógeno es altamente reactivo y corrosivo. La fuente principal es la combustión. El dióxido de nitrógeno causa irritación en los ojos, nariz y garganta. Puede causar efectos adversos en la función respiratoria e incrementar las infecciones respiratorias en niños pequeños. La exposición a bajos niveles puede incrementar la reactividad de algunos asmáticos.

4. Efectos del humo del tabaco.

El hecho de fumar representa la liberación en el aire de una mezcla compleja de productos químicos. Este humo puede proceder de cigarrillos, tabacos y pipas. No solo los fumadores se ven afectados, sino también de alguna manera todo el que permanezca en esos locales ya que además de los fumadores activos y pasivos, o sea, de primera y segunda mano, puede hablarse de los de tercera mano ya que especialmente las nitrosaminas específicas del tabaco se depositan en una variedad de superficies donde pueden mezclarse con el polvo o adherirse a las manos. Las nitrosaminas son de los cancerígenos más activos y potentes, presentes en el tabaco no quemado y en el humo del tabaco.

Además, contienen CO y CO₂ y partículas se producen óxidos de nitrógeno y una amplia variedad de otros gases y compuestos orgánicos entre los que se destacan los aldehídos, tales como formaldehído y acroleína, hidrocarburos aromáticos, policíclicos, incluido benzopireno (BAP), nicotina, cianuro de hidrogeno, cetonas, nitrilos, así como cantidades apreciables de otros elementos como arsénico y cadmio. Aproximadamente un 95% de las partículas del humo del tabaco se hallan dentro del intervalo respirable (7um).

5. Efectos de algunos materiales de construcción.

Entre los materiales de construcción se hallan los empleados en el aislamiento térmico y acústico tanto general del edificio como de las instalaciones de ventilación, climatización. De entre ellos cabe destacar las fibras, principalmente las de vidrio y el amianto y distintos tipos de compuestos orgánicos volátiles.

Las fibras de vidrio y amianto son dos tipos de fibras que presentan un riesgo potencial de contaminación, tanto si se genera en un ambiente industrial como no industrial.

La fibra de vidrio está formada por un material sintético amorfo a base de silicatos. Se usa como refuerzo en plásticos, cauchos, papel, tejidos como aislante térmico y acústico en sistemas de ventilación/climatización.

El término amianto abarca distintas formas de silicatos minerales naturales empleados normalmente en materiales de aislamiento. Aunque su utilización está prohibida o muy limitada en los edificios de nueva construcción, aún es frecuente encontrarlos en edificios antiguos, pudiendo ser fuente de contaminación durante la realización de trabajos de mantenimiento, remodelación, así como consecuencia de la degradación de los materiales que lo contienen.

6. Compuestos orgánicos volátiles.

El Formaldehído se emplea extensamente en la formulación de plásticos y resinas, especialmente usados como aislantes térmicos, barnices, muebles y decoración. Una inadecuada formulación, un mal curado, así como la degradación producida, con el paso del tiempo, son las causas de emisión de este compuesto al aire ambiente. El formaldehído puede ocasionar irritación en las vías respiratorias; alergias y está considerado como una sustancia sospechosa en inducir procesos cancerígenos.

Otros materiales de construcción que pueden ser fuentes de contaminación por liberación de compuestos químicos en el aire del interior de un edificio son los muebles y elementos de decoración de madera y caucho, los agentes sellantes, colas, barnices y materiales textiles. Entre los disolventes detectados de una mayor frecuencia se hallan: hidrocarburos alifáticos y aromáticos y algunos cloratos, entre ellos freones y 1-2-dicloroetano.

7. Productos de consumo.

Estos llegan continuamente a través del propio usuario. Se incluyen en este grupo

productos que ya hayan sido utilizados en la construcción, tales como pintura de base acuosa (algunas pueden contener mercurio como fungicida) y de aceite (hidrocarburos), barnices, plásticos, colas, disolventes, productos para sellado (muchas contienen anhídrido acético) y recubrimiento, fibras textiles, papel de pared y colas para empapelar. Además de que hay que incluir otras nuevas como pesticidas y repelentes (incluido el vehiculizante), productos de limpieza, en general (quitamanchas, limpia hornos y jabones para muebles y alfombras) y siliconas abrillantadoras, cosméticos, desodorantes, lacas para el pelo, champús, etc. Aparte de los compuestos orgánicos ya citados en materiales de construcción, entre los productos de consumo se destacan los que suelen agruparse como partículas y los pesticidas.

8. Partículas.

Las partículas respirables pueden ser irritantes respiratorios, con efectos especialmente importantes para personas asmáticas. En los ambientes no industriales la principal fuente de partículas finas (2-3 pm) es el humo de cigarrillos y los aerosoles procedentes de distintos tipos de pulverizadores.

Los aerosoles de partículas de mayor tamaño (3-10 pm) incluyen fibras de algodón y textiles sintéticos desprendidos de alfombras, suciedad y polvo transportado desde el exterior, etc. y también en este grupo de partículas las que incluyen, aunque tengan un origen biológico, las escamas de la piel humana. A menudo la exposición a partículas en un interior de un edificio es superior a la existente en el exterior.

9. Pesticidas

En este grupo se incluye a una gran variedad de cumarinas, organofosforados, carbamatos y organoclorados que se usan contra todo tipo de crecimiento microbiológico en general.

Mientras que algunos son muy volátiles y tienen su tiempo de residencia muy limitado, otros pueden acumularse en el polvo y redistribuirse. Como ocurre en otros casos, se desconocen los efectos para la salud asociados a exposiciones prolongadas a bajas concentraciones de muchos pesticidas y subproductos.

10. Ozono

Es un oxidante que en determinadas condiciones está presente en el aire exterior. En el aire interior se genera principalmente a partir de máquinas fotocopadoras, lámparas de descarga de altas frecuencias, lámparas ultravioletas y descargas de arco eléctrico. La utilización de ozonizadores como desodorizantes y desinfectantes es, obviamente, una fuente fundamental de su presencia en el aire.

11. Metales y compuestos metálicos.

La presencia de plomo es debida en generalmente a fuentes exteriores. También se ha detectado la presencia de hierro y manganeso sin poder justificar su origen. Por su parte, el sistema de ventilación/climatización libera aerosoles conteniendo $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{HCl}$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CO}_2$, procedentes de la corrosión del aluminio, metal que está elaborado normalmente para el mismo. El mercurio y algunos de sus compuestos también pueden alcanzar altos niveles de concentración en el aire interior, por las pinturas, el uso de combustibles fósiles, las luces fluorescentes y termómetros al romperse.

12. Radón

Algunos contaminantes presentes en los suelos que rodean los edificios pueden también infiltrarse en los mismos a través de las grietas en los cimientos, como es el caso del radón. El radón es un elemento gaseoso radioactivo que

se genera por la desintegración del radio y perteneciente a la familia de los gases nobles que emite partículas alfa. La exposición a esta radiación se ha relacionado con el deterioro de tejidos e incluso con cáncer. El radón y sus productos de desintegración se encuentran en las zonas graníticas y en yacimientos de fosfatos. En algunos casos puede formar parte también de los materiales de construcción.

13. Olores

Algunos gases y vapores ocasionan disconfort sensorial debido a olores y molestias ligeramente irritativas que pueden, además, producir sensación de ansiedad y estrés, especialmente cuando sus fuentes, no están identificadas.

14. Contaminación por el aire exterior.

Los locales de trabajo, así como las viviendas pueden contaminar su aire interior por la entrada en ellos de humos de escape de vehículos, gases de caldera, productos utilizados en trabajos de construcción y mantenimiento (ej. asfalto) y aire contaminado del propio edificio que vuelve a entrar. Otro origen puede ser las infiltraciones a través del basamento (vapores de combustibles, emanaciones de cloacas, fertilizantes, insecticidas, desinfectantes, etc.).

REFERENCIAS

Díaz Novas J., Gallego Machado B., *Hipócrates y la medicina científica*, Revista Cubana de Medicina General Integral, v 20 n.3, 2004.

Webster Ch., *De Paracelso a Newton. La magia en la creación de una ciencia moderna*. Fondo mexicano de Cultura Económica, Edic en español 1988.

European Concerted action (Cost 613). Report No.10 (1991). *Effects of Indoor Air Pollution Human Health*. Commission of the European Communities,

Burge, H.A. Hoyer, M.E. *Indoor Air Quality Appl. Ocup. Envirom. Hyg.* 5(2), 84-93, **1990**.

ASHAE. *Ventilation for Acceptable Indoor*.

Goyer, N. *Chemical contaminants in office buildings*. *Aim. Ind. Hyg. Assoc.J*, 51(12), 615-619, **1990**.

Molhave, L. Bach, R.; Pederson, O.F. *Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds*, *Environ. Inter*, 12,167-175, **1986**.

Douville, J.A. *The chemical nature of indoor pollution*. *Dangerous Properties of Industrial Material Reports*, 4(3), **1984**.

Green, G. H., *The health implications of the level of indoor air humidity*; *Indoor Air*, Vol II, Swedish Council for Building Research, **1984**.

CDC. *Healthy Housing Reference Manual. Chapter 5. Indoor Air Pollutants and Toxic Materials*. Atlanta: CDC, **2006**.

United States Environmental Protection Agency. *The Inside story. A Guide to Indoor Air Quality*, Document # 402-K.93-007, **2003**

Antoine Laurent de Lavoisier, un químico del siglo XVIII

Historia de la
Química

Dra. Margarita Suárez Navarro

Facultad de Química
Universidad de La Habana
msuarez@fq.uh.cu



Antoine-Laurent de Lavoisier, nació en París el 26 de agosto de 1743, químico de profesión y además un biólogo y un economista reconocido, cuyas investigaciones fueron fundamentales para la revolución científica del siglo XVIII, las que contribuyeron al desarrollo de la química y la biología. Es considerado por muchos como el “creador de la química moderna.”



Figura 1. Antoine-Laurent de Lavoisier (París, 1743-1794).

Era hijo de un abogado del Parlamento de París, y heredó una gran fortuna a la edad de cinco años después de la muerte de su madre. Lavoisier comenzó su educación en 1754 en el Collège des Quatre-Nations, de la Universidad de París cuando tenía 11 años. Estudió química, botánica, astronomía y matemáticas. Se matriculó en Facultad de Derecho, de donde se licenció en el año 1763 y fue aceptado en el

colegio de abogados, pero nunca ejerció la profesión. Completó su educación científica en su tiempo libre, de forma autodidacta.

En el año 1764 presentó su primer artículo en la Academia de Ciencias de Francia, sobre las propiedades químicas y físicas del yeso, y en el año de 1766 recibió una medalla de oro otorgada por el Rey Luis XV de Francia, por su ensayo sobre el mejoramiento del alumbrado público urbano. En 1768, cuando tenía solo 25 años, fue electo miembro de la Academia de Ciencias de Francia.

Muchos fueron los aportes que realizó Lavoisier a la Química. Su *Tratado elemental de química (Traité élémentaire de chimie)*, publicado en 1789, año de la Revolución Francesa, fue uno de los más importantes. En ese texto explicó que la combustión, la oxidación de los metales y la respiración de los animales son en realidad un mismo tipo de procesos: reacciones en las que se consume oxígeno. Al experimentar en recipientes cerrados, comprendió que en las reacciones químicas no se perdía ni ganaba peso. *Puedes quemar esta hoja y convertirla en humo y cenizas, pero la cantidad total de materia sigue siendo la misma: se puede transformar, pero no eliminar.* Es la ley de la conservación de la masa de Lavoisier, la primera teoría científica que tuvo la Química, el nacimiento

de la química moderna y el ocaso de la alquimia. Además, presentó el sistema moderno de nombres que permitió que las ecuaciones químicas se pudieran escribir en un lenguaje universal que se entienda en todo el mundo, se le considera uno de los protagonistas principales de la revolución científica que condujo a la consolidación de la química.



Figura 2. Lavoisier fue uno de los muchos intrigados por la composición del aire, y uno de los primeros que la entendió (Getty Images).

También les dio a las sustancias químicas sus nombres modernos y creó la primera tabla de los elementos (Figura 3), en la que ya no estaban aire y agua, aunque todavía incluía la luz y el calor que en ese momento se creía que eran sustancias materiales. Clasificó las sustancias en metales y no metales. A pesar de sus errores y de que no descubrió ningún elemento, supo recopilar los descubrimientos de otros y darles un sentido que no tenían por separado.

Figura 3. Tabla periódica propuesta por Lavoisier

En la década de 1780, Lavoisier usó su teoría del oxígeno para construir un marco completamente nuevo para la química. Aclaró que es un elemento químico: *una sustancia, dijo, que no puede reducirse a nada más simple.*

En colaboración con otros químicos franceses, Louis Bernard Guyton de Morveau (1736-1816), Claude Louis Berthollet (1748-1822) y Antoine François de Fourcroy (1755-1808), comienza la elaboración de un sistema lógico de nomenclatura química basado en la idea de elemento químico. Recopiló una lista de no menos de 33 de estos elementos, y desarrolló métodos para dividir compuestos químicos en sus elementos componentes y calcular las proporciones relativas de cada uno.

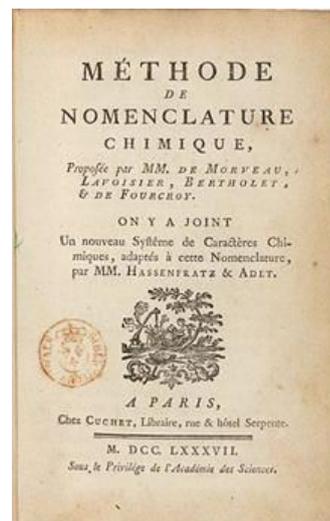


Figura 4. Portada del libro, publicado por la editorial Cuche en 1787.

Estos son algunos de sus aportes por lo que se le considera uno de los protagonistas principales de la revolución científica que condujo a la consolidación de la química.

Con relación al tema del oxígeno, es importante destacar que Lavoisier no era el único químico que trató de conocer la química del aire y la combustión, había otros tras la pista del oxígeno. Uno de ellos era el químico inglés Joseph Priestley (Figura 5a), quien lo había encontrado primero e incluso había aislado oxígeno puro. Lavoisier repitió los

experimentos de Priestley y se apropió del descubrimiento de ese nuevo elemento que formaba parte del aire y al que llamó oxígeno (“generador de ácido”, en griego), creyendo por error que estaba presente en todos los ácidos. Se dice que Priestley encontró y aisló el oxígeno y que Lavoisier lo nombró y comprendió. También se argumentan que el crédito del descubrimiento del oxígeno es del químico sueco Carl Scheele (Figura 5b), quien identificó el oxígeno en 1772, dos años antes que Priestley que lo hizo en 1774. Más detalles de esta polémica la analizaremos en un futuro artículo.



Figura 5. a) Joseph Priestley (1734-1804) y b) Carl Scheele (1742-1786).

Lavoisier también dedicó una parte significativa de su fortuna y trabajo a socorro del público. Tuvo una visión de la educación pública que tiene raíces en la “sociabilidad científica” y la filantropía.

Era muy difícil encontrar fondos públicos para las ciencias en ese momento, por lo que Antoine Lavoisier usó su capital para abrir un laboratorio muy costoso y sofisticado en Francia para que los aspirantes a científicos lograran estudiar sin las barreras de asegurar fondos para su investigación.

Cuando tenía 26 años, en el momento en que fue elegido para la Academia de Ciencias, Lavoisier adquirió acciones en la empresa recaudadora de impuestos Ferme Générale, donde uno de los dueños era el padre de su futura esposa. Lavoisier consiguió la gran mayoría de sus ingresos en esta empresa, lo

que le accedió trabajar en ciencias a tiempo completo, vivir plácidamente y contribuir financieramente para renovar la comunidad.



Figura 6. Antoine-Laurent Lavoisier, en su laboratorio. Grabado de Louis Jean Desire Delaistre. Lavoisier comentó: “Considero a la Naturaleza como un amplio laboratorio químico en el que tienen lugar toda clase de síntesis y descomposiciones.”

Lavoisier aseguró su posición social y económica cuando, en el año 1771, a la edad de 28 años, se casó con Marie-Anne Pierrette Paulze (Figura 7), de 13 años. Ella jugó un rol significativo en la carrera científica de Lavoisier, en particular, tradujo escritos en inglés para él, incluido el *Essay on Phlogiston* de Richard Kirwan y la investigación de Joseph Priestley. Además, ella lo ayudó en el laboratorio y creó muchos bosquejos y grabados tallados de los instrumentos de laboratorio utilizados por Lavoisier y sus asociados para sus trabajos científicos.



Figura 7. Marie Anne Pierrette Paulze (1758-1836), es considerada “la madre de la química moderna.”

El pintor más famoso de la época, Jacques-Louis David (1748-1825) pintó un retrato de Antoine y Marie-Anne Pierrette Paulze-Lavoisier. A la obra (Figura 8) terminada en 1788, en vísperas de la Revolución, se le negó una exhibición pública habitual en el Salón de París por temor a que pudiera inflamar las pasiones anti-aristocráticas.



Figura 8. Retrato de Antoine Lavoisier con su esposa de 1788, obra de Jacques-Louis David.

Se documenta que hicieron muy buena pareja en el laboratorio (Figura 9), ella tomaba notas de sus experimentos, le dibujaba las ilustraciones y le traducía artículos científicos en inglés.



Figura 9. Lavoisier y Mme. Lavoisier en el laboratorio.

En 1789 estalló la Revolución Francesa y los aristócratas y los recaudadores de impuestos fueron considerados enemigos del pueblo. Lavoisier era aristócrata y recaudador de impuestos, y a pesar de ser un admirado

científico y uno de los pocos que había intentado reformar el sistema tributario, Marat aprovechó estas circunstancias para denunciarlo al estado revolucionario.

Jean-Paul Marat (Figura 10) era un médico francés que atendió a la aristocracia en Londres y París, antes de decidir en 1777 que quería ser científico. Pero es más conocido como periodista y político durante la Revolución francesa. Él presentó a la Academia de Ciencias de París un ensayo sobre la luz que refutaba las teorías ópticas de Isaac Newton sobre el color, esperando que se lo aprobaran. Pero nueve meses más tarde, la comisión, en la que estaban Lavoisier y Benjamín Franklin, determinó que “*los experimentos no prueban lo que su autor imagina.*”



Figura 11. Jean Paul Marat (1743-1793).

Las esperanzas de Marat de que lo aceptaran como un par se desvanecieron y fueron reemplazadas por un profundo rencor contra la Academia de Ciencias de París y, particularmente, contra Lavoisier, el más importante de los miembros de la comisión. Fue entonces que se centró en el químico, haciendo circular folletos denunciando su ciencia, sus antecedentes y todas sus actividades.

Adoptó además la filosofía de “si no puedes unirte a ellos, véncelos”, liderando un movimiento para disolver la Academia de Ciencias. Poco a poco, volvió a su partido y al público contra Lavoisier, justo cuando la Revolución comenzó a tornarse seriamente peligrosa para sus contrarios.

El 13 de julio de 1793, Marat estaba escribiendo mientras estaba en su bañera, que le servía como escritorio improvisado cuando la incomodidad de una afección crónica de la piel lo limitaba al baño. Mientras trabajaba, su esposa le informó que tenía una visitante llamada Charlotte Corday, quien decía tener información confidencial sobre un grupo de girondinos fugitivos, lo que despertó el interés de Marat.

Los girondinos eran una rama moderada de revolucionarios que estaban a favor de la disolución de la monarquía, pero en contra de la dirección violenta que había tomado la Revolución a manos de los jacobinos, como Marat.

Al final de la conversación, Corday, una simpatizante encubierta de Girondin, extrajo inesperadamente un cuchillo y lo enterró en el corazón de Marat.

Corday fue arrestada, condenada y murió en la guillotina a la edad de 24 años. Como amigo íntimo de Marat y compañero jacobino, el pintor Jacques - Louis David, estuvo encargado de planificar el funeral y pintar su escena de muerte (Figura 11).



Figura 11. El artista Jacques-Louis David retrató el momento de "La muerte de Marat".

Cuando la Revolución Francesa cobró impulso, e incrementaron los ataques contra la impopular Ferme Générale, la que finalmente fue clausurada en marzo de 1791. En el año

1792, Lavoisier se vio obligado a renunciar a su puesto en la Comisión de la Pólvora y trasladarse de su casa y laboratorio en el Arsenal Real. El 8 de agosto de 1793, todas las sociedades eruditas, incluida la Academia de Ciencias, fueron suprimidas a petición del Abbé Grégoire.

El asesinato de Marat lo había convertido por un tiempo en mártir. Sus amigos y aliados mantuvieron vivo su rencor contra Lavoisier y lo arrestaron (Figura 12).



Figura 12. El Arresto de Lavoisier ("The Arrest of Lavoisier") de L. Langenmantel (1876) (Universidad de Pennsylvania. SCETI. Smith Collection).

Mientras estuvo cautivo, Lavoisier le escribió a un primo: "He tenido una carrera decentemente larga y, sobre todo, feliz, y creo que mi memoria será acompañada de algunos lamentos y, quizás, alguna gloria. ¿Qué más se puede desear? Este asunto probablemente me salvará de la inconveniencia de la vejez. Moriré con buena salud."

Lavoisier fue acusado y condenado por haber saqueado al pueblo y al tesoro de Francia, por haber adulterado el tabaco con agua, y de haber abastecido a los enemigos de Francia con enormes sumas de dinero del tesoro nacional. Existe una historia que dice que el juez Jean Baptiste Coffinhal du Bail (1754-1794), interrumpió la apelación que se hacía para perdonarle la vida, y pudiera continuar su trabajo científico diciendo "La República no necesita científicos ni químicos."

Fue llevado a la guillotina el 8 de mayo de 1794 en París, a la edad de 50 años, junto con otros 27 condenados (Figura 13). En el 2019 se cumplieron 225 años de su muerte.

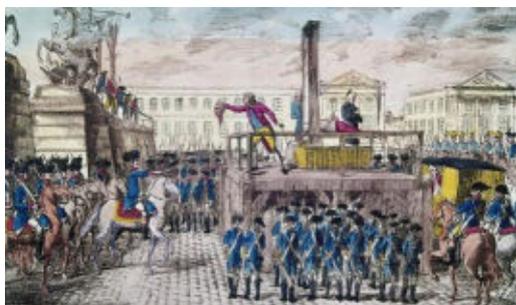


Figura 13. Lavoisier, guillotinado ante una multitud, el 8 de mayo de 1794.

Casi a los dos años después de su muerte, Lavoisier fue exonerado por el gobierno francés. Sus posesiones fueron cedidas a su viuda. Se incluyó una breve nota, que decía «A la viuda de Lavoisier, que fue falsamente condenado». En general, se acepta que sus logros en la química provocaron un cambio de esta ciencia de un enfoque cualitativo a uno cuantitativo.

El matemático italo-francés Joseph-Louis Lagrange (Figura 14), lamentándose de la decapitación de Antoine Lavoisier, dijo: “*Les bastó solo un instante cortar su cabeza, no bastará un siglo para que surja otra igual.*” El consideraba que él había cambiado para siempre la práctica y los conceptos de la química forjando un sistema que le daría orden a los caóticos conocimientos de la alquimia.

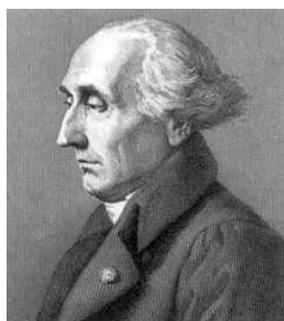


Figura 14. Joseph-Louis de Lagrange (1736 - 1813).

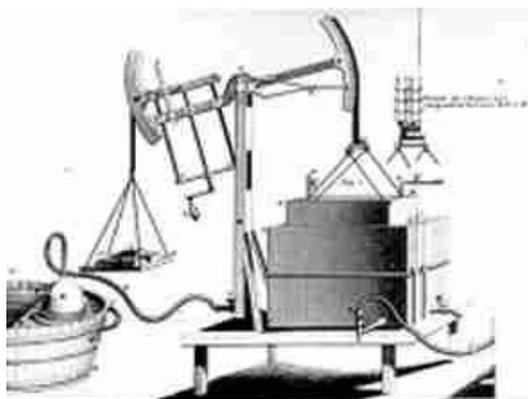


Figura 15. Reproducciones de material de laboratorio usado por Lavoisier.

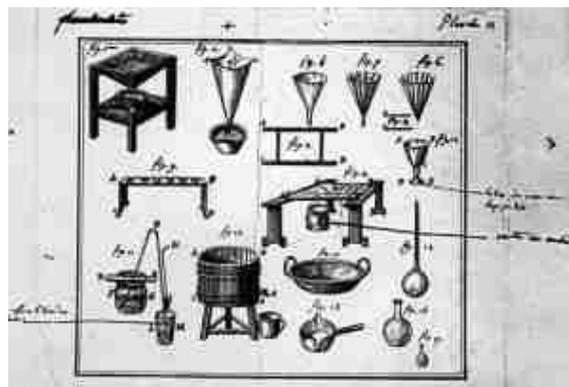


Figura 16. Lámina del “*Traité élémentaire de chimie*” (1789), con anotaciones manuscritas de Madame Lavoisier. (Universidad de Pennsylvania. SCETI. Smith Collection)

REFERENCIAS

Ruiza, M., Fernández, T., Tamaro, E. *Biografía de Antoine-Laurent de Lavoisier*. En *Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea*. Barcelona (España). 2004.

<https://mihistoriauniversal.com/biografia/antoinelavoisier/>

Dra. Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas

**Departamento de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería Química
Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Hechevarría”
lourdes@quimica.cujae.edu.cu**



Jorge Guadalupe Guerra Debén (Figura 1) nació en La Habana, el 21 de abril de 1916. Culminó el bachillerato en La Habana, en 1933 y se traslada a los Estados Unidos junto a su padre, el que por razones políticas debió salir de Cuba, graduándose de ingeniero químico, con honores, en la Universidad de la Florida, en 1937.



Figura 1. Jorge Guerra Debén

De regreso a Cuba comenzó a trabajar en la Fábrica Sabatés S. A., llegando a ser el Jefe del laboratorio de control general. En 1946 ingresa como investigador al Departamento de Física Química del Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médicas donde, motivado por el interés de evaluar la calidad de las aguas minero - medicinales del país, realizó mediciones de la radiactividad presente en las aguas del balneario de San Diego de los Baños. Publicó estos resultados en la revista Archivos del Instituto Nacional de Hidrología y Climatología Médicas.

En 1953, comenzó a trabajar en el departamento tecnológico de la Sección Industrial de Banco de Fomento Agrícola e Industrial de Cuba (BANFAIC). Este trabajo activo y variado lo hace entrar en contacto y conocimiento de casi todas las industrias en Cuba y sus problemas, generales, técnicos y económicos. Entre los trabajos a destacar en esa época está el informe sobre la posibilidad del bagazo como materia prima para la fabricación de celulosa y papel. Opuesto a la dictadura, renuncia a ese cargo vinculado a un organismo del gobierno.

Luego de abandonar el BANFAIC, pasó en calidad de director técnico a la Williams Industrial Products Co., fábrica de ruedas y piedras abrasivas de La Habana, en donde diseñó un equipo original y práctico para mejorar las condiciones de operación. Aún sin estar vinculado a la docencia, pero como profesor innato que era, publica dos estudios acerca del desarrollo y utilización de diagramas triangulares logarítmicos y su aplicación al equilibrio de ionización de ácidos y bases débiles y sus sales, trabajos que realizó para facilitar ciertos cálculos que debían hacer los operarios.

Luego lo contratan en el Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas (ICIT), para desarrollar una máquina automática para

descortezar caña de azúcar, trabajo por el cual obtuvo una patente de invención.

En 1961 se integró parcialmente al claustro de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Tecnología de la Universidad de La Habana, ante el llamado para cubrir las plazas vacantes dado el éxodo de profesores. En 1962 el ICIT se convierte en el actual ICIDCA y fue designado Director de este Instituto, siendo luego nombrado Asesor del Vice Ministro para el Desarrollo Técnico en el Ministerio de Industrias. En 1964 se vinculó definitivamente al trabajo docente en la Escuela de Ingeniería Química en una etapa en la que la carencia de profesores universitarios lo obligó a impartir un gran número de asignaturas y a la vez formar los alumnos ayudantes, que constituyeron la mayoría del claustro de profesores de la Facultad de Ingeniería Química de la CUJAE.

Amante de la investigación científica y convencido del papel de ésta en la Universidad, creó en 1976 el grupo de investigaciones azucareras de la Escuela de Ingeniería Química, el cual dirigió hasta su fallecimiento. Entre los trabajos realizados y que constituyeron objeto de publicaciones, trabajos de diploma, tesis de especialistas, tesis de doctorados y presentaciones en eventos científicos y patentes están: determinación de humedades del bagazo en equilibrio con el aire; velocidad del secado del bagazo bajo condiciones constantes con flujo a través; estudios sobre la precipitación de sales cálcicas y magnésicas en la clarificación; desarrollo de un procedimiento balanceado para la purificación de jugos de caña; caracterización de proteínas del jugo de caña, estudios de adsorción de proteínas presentes en el jugo de caña, diseño de un nuevo equipo cristizador de masas cocidas y desarrollo de un procedimiento para la cristalización continua de azúcar por enfriamiento.

El profesor Guerra dedicó gran parte de su vida a la investigación en la industria azucarera, realizando aportes al conocimiento

científico relacionados con la química física de los procesos de purificación y cristalización de azúcar, los que le fueron reconocidos mediante patentes de invención, premios y en una vasta correspondencia con personalidades del mundo azucarero.

Así, recibió, por vía directa en 1981, el título de Doctor en Ciencias. En 1982 fue nombrado Profesor de Mérito del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría” (hoy Universidad Tecnológica de La Habana “José Antonio Echeverría”). En 1983 recibió la Orden Carlos J. Finlay por su contribución a las investigaciones. En 1984 recibió el Premio del Rector por la Memoria Científica más destacada, relacionada con la Cinética de la Cristalización de Azúcar. Fue miembro del Consejo Científico de la universidad, miembro de la Sección de Ciencias Técnicas de la Comisión Nacional de Grado Científico y miembro del Consejo Científico Superior de la Academia de Ciencias de Cuba. En 1994, el Consejo Científico Superior de la Academia de Ciencias de Cuba le otorgó la condición de Miembro de Honor. En 1993 recibió la Distinción Especial del Ministro por su destacada labor y méritos relevantes en el trabajo científico técnico.

En los trabajos de investigación básica aplicó el método científico, según el cual el conocimiento de los sistemas modélicos, de menor complejidad, permiten la interpretación de los sistemas complejos, a los que se llega añadiendo elementos complementarios. Así, por ejemplo, en los estudios de purificación de jugos, partía de sistemas modélicos agua-sacarosa a los que incorporaba paulatinamente los iones de interés. Una vez concluido el estudio y conociendo las leyes que regían el proceso pasaba a la prueba en jugos reales.

La perseverancia, la tenacidad, la profundización en la interpretación de los resultados, caracterizaron su trabajo de investigación, cualidades transmitidas a sus colaboradores. Todo profesional que tuviera una duda o requiriera de una orientación,

encontró en el profesor Guerra un interlocutor dispuesto a colaborar, brindando sus criterios, sugerencias y experiencias, con la modestia y sencillez que le caracterizaron. Así, eran asiduos a su local de trabajo, profesionales de muy diversas ramas y centros.

Luego del triunfo de la Revolución, Cuba lo tuvo como un trabajador incansable en la labor de construcción de la nueva sociedad. Resultó trabajador de avanzada desde la creación de este movimiento y se integró a la Defensa Civil desde 1961. Integró las filas del Partido Comunista de Cuba en 1967 como reconocimiento a su dedicación a la construcción de la sociedad, así como a su prestigio profesional y personal.

Recibió otras distinciones que hablan del reconocimiento de que fue objeto y continúa siéndolo para la comunidad de ingenieros, como: Medalla 250 Aniversario de la Universidad de La Habana, Distinción “Rafael María de Mendive”, Orden “Frank País” de 2º Grado, Orden “Lázaro Peña” de 1º Grado y el Título de Héroe del trabajo de la República de

Cuba, otorgado por el Consejo de Estado en 1993.

Este ingeniero químico de profesión, además de cultivar al máximo la capacidad científica vinculada a su profesión, fue cultivador de la narrativa. Como constancia de sus cuentos, queda el libro “Nueve cuentos por un peso”, publicado en 1959, y su condición de miembro de la UNEAC. La educación musical recibida y su matrimonio con una musicóloga, lo hicieron un conocedor de estas artes y un ejecutor aceptable del piano, al cual se dedicaba en momentos esparcimiento y reflexión.

Sus colaboradores, alumnos y compañeros de trabajo, rindiendo un tributo a su ejemplo crearon la Cátedra Jorge Guerra Debén en la Facultad de Ingeniería Química de la CUJAE con el fin de nuclear un grupo de trabajo investigativo asociado a su obra científica, con resultados de carácter científico y técnico para la industria azucarera y de los derivados, y trabajar en la formación de valores en los estudiantes que desarrollen actividades científicas en el grupo.



Figura 2. Inauguración de la Cátedra “Jorge Guerra”. En la foto, su Presidente, Dr. Rolando Santana y dos Vicepresidentas.

Datos biográficos del doctor Ernesto Cuervo Blay (1913-1922)*

Historia de la
Química

*Con permiso de los autores se incorporaron a este trabajo algunos datos del expediente estudiantil de Cuervo Blay que obra en el Archivo UH.

**Dr. Francisco
Fernández Gómez**
frankfdez611@aol.com



**MSc. Blanca Nieves
Hernández Martínez**

**Dra. Haydee Ulloa
Reyes**
hulloareyes@gmail.com



Facultad de Química y Farmacia, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas

El Doctor en Ciencias Físico-Químicas, Ernesto Gustavo Sebastián Cuervo Blay fue un importante científico cubano, que nació en La Habana, el 17 de diciembre de 1913, en el seno de una familia de médicos. Sus padres fueron Ernesto Cuervo Eligio y Alicia Blay Ibarra, según reza en su certificado de nacimiento que consta en su expediente universitario.

Su padre y abuelo paterno también fueron hombres de ciencia, que se desarrollaron en el campo de la microbiología. Ernesto no quiso seguir la tradición familiar, pero sí el ejemplo de su padre y abuelo. Su abuelo paterno fue médico del Generalísimo Máximo Gómez durante la Guerra de Independencia, Cuervo mostraba mucho orgullo por este hecho.

Se gradúa de Bachiller en 1934, a los 20 años de edad, en el Instituto de La Habana e inmediatamente matricula en la Facultad de Letras y Ciencias de la Universidad de La Habana, en el Doctorado de Ciencias Químico Físicas y en la carrera de Perito Químico Azucarero. Durante su carrera obtiene sobresaliente en la mayoría de las asignaturas y varios premios ordinarios entre los que se

destacan Química Inorgánica, Análisis Químico Cualitativo, Química Orgánica, y Análisis Químico Cuantitativo, entre otros.



Figura 1. Fotos de expediente estudiantil. Archivo de la Universidad de La Habana.

Para graduarse defendió como primer ejercicio, la tesis de grado “Sobre la Afinidad Química y su medida”, como segundo ejercicio realizó los trabajos prácticos: “Relación de los pesos de combinación entre el zinc y el oxígeno”, “Obtención del acetato de etilo”, y “Medida de la densidad de un vapor (cloroformo) por el método de Víctor Meyer”; y como tercer ejercicio, dictó la lección oral: “Estudio de los Indicadores”. El tribunal, presidido por el Dr. Francisco Muñoz, titular de la cátedra de Química Orgánica, el Dr.

Enrique Badell, como vocal y el Dr. Miguel Maseda como secretario, le otorgó la calificación de sobresaliente.

Obtuvo el título de Doctor en Ciencias Físico Químicas a la edad de 25 años, consagrándose desde su graduación en 1939 al estudio de la Química Física.

Después de trabajar en la industria láctea, realizó sus primeros trabajos en el Instituto de Segunda Enseñanza de Sancti Spíritus, donde llegó a ser Profesor Titular de Física y Química y publicó dos libros: “Los principios fundamentales de la Química” Tomo I en 1945, y “Los principios fundamentales de la Química” Tomo II en 1948. Estas obras estaban destinadas a los cursos de Bachillerato y Segunda Enseñanza.

En julio de 1941, el doctor Cuervo se presenta a reñidas oposiciones en la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Habana para optar por una plaza de Profesor Auxiliar en la cátedra K Química Orgánica, frente a los doctores Andrés Reyes profesor auxiliar interino de Análisis Químico en dicha Facultad, Luis Larrazabal Fernández, profesor del Instituto de la Víbora, y Emiliano Ramos Rodríguez, alumno eminente en ciencias, quien posteriormente fuera el director del Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas (ICIT). La plaza fue finalmente obtenida por el profesor Reyes.

En 1959, al triunfo de la Revolución, obtuvo una plaza de Profesor Titular en la Escuela de Ciencias Físico Químicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central de Las Villas, no asumiendo las posturas de otros profesores que abandonaron el país, a pesar de proceder de una familia acomodada.

El 23 de enero de 1963 la Universidad Central de Las Villas inicia la formación de Licenciados en Química y el Dr. Ernesto Cuervo Blay dirige el departamento docente de Química y en particular el de Química-Física durante más de 10 años. Continuó

laborando en este Departamento hasta que se jubiló casi ciego y sordo a la edad de 75 años.

Fue profesor de casi todas las asignaturas de química y química física de la especialidad de Química. Tuvo a su cargo el montaje y dirección del laboratorio de Química Física de la Facultad de Ciencias, realizando el montaje de la gran mayoría de las prácticas del laboratorio de Química Física. En 1966 publicó el material docente “Manual de Prácticas de Química Física.”



Figura 2. La estructura de la Escuela de Ciencias Físico-Químicas (arriba) estaba conformada por comisiones. La comisión de docencia (abajo) de dicha escuela estaba dirigida por el Dr. Ernesto Cuervo Blay.

Estando casi ciego, con la colaboración de sus alumnos y colegas Francisco Fernández Gómez y Magalis Quincoces Suárez, publicó el libro de texto “Termodinámica Físico-Química”, la cual constituyó la obra de su vida y el legado a las posteriores generaciones. El profesor Dr. Ernesto Ledón en su artículo “Apuntes para una historia de la ciencia en Cuba” publicado en el número anterior de esta revista, se refiere a este hecho de la siguiente forma: “Ernesto Cuervo Blay, gran

universalista de la Química Cubana, Profesor Paradigmático dio a la estampa una obra de texto con marcado y feliz acento racionalista sin desdoro del trabajo experimental.”

Se vinculó a la investigación científica en el campo teórico de la termodinámica química, que fue su especialidad preferida y a la que dedicó todo su amor. Con su incansable dedicación a las ciencias químicas logró importantes aportes a la Química-Física.

De particular relevancia es el reconocimiento hecho al profesor Ernesto Cuervo Blay, atendiendo a la importancia del trabajo presentado en el Primer Congreso de la Sociedad Cubana de Química, celebrado en la Universidad de Oriente en 1982 y cuyo título fue “Isoterma General de Reacción”, lo que constituyó un aporte teórico de gran importancia para la enseñanza de la Química Física.

Su postura materialista consecuente le permitió realizar críticas al segundo principio de la termodinámica de Clausius, basándose en sus estudios sobre la dialéctica de la naturaleza de Engels y otras obras, acorde con principios materialistas dialécticos.

Falleció el 11 de noviembre del 1992 a la edad de 78 años, dejando una voluminosa obra de referencia obligada en este campo de la Química-Física.

El Departamento de Química de la UCLV ha establecido el premio Cuervo Blay para los estudiantes que se destacan en investigaciones en honor a este importante químico físico cubano.

REFERENCIAS

Expediente Estudiantil No. 25208 de Ernesto Cuervo Blay. Archivo UH

Cuervo Blay, Ernesto. “Termodinámica fisico-química”, **1988**, La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 484 p.

Cuervo Blay, Ernesto. “Prácticas de Química (1er curso y curso de ampliación)”, **1953**, La Habana, Tip. Venus.

Ledón Ramos, E. Apuntes para una historia de la ciencia en Cuba, *Encuentro con la Química*. <http://karin.fq.uh.cu/~dhernandez/RevistaSCQ/assets/files/ledon1985.pdf>

Dime de qué estás hecho y te diré como sueñas



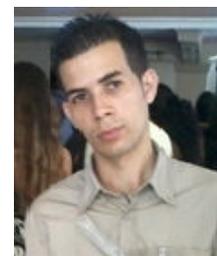
Dr. Gastón Fuentes Estevez

gastonfe@biomat.uh.cu

Lic. Francisco J. Sola Dueñas

fransisco.sola@biomat.uh.cu

**Departamento de Biomateriales Cerámicos y Metálicos
Centro de Biomateriales, Universidad de La Habana**



Sabemos que es difícil admitir que la música está relacionada con las ciencias, mucho más cuando hablamos de la química. Pero comencemos por decir que en el número anterior de nuestra revista se publicaron dos artículos, el introductorio de esta serie donde se expone la relación de la música y el arte en general, con las ciencias a partir de presentarles a nuestros lectores una serie importante de científicos que han tenido algún contacto con la música y el arte. En el otro artículo, reproducido íntegramente de la Revista Cubana Física con el permiso de su autor, el profesor Daniel Stolik hizo una brillante disección de cómo se relaciona la Física con la música analizando fundamentalmente el sonido, la armonía, los modos, las ecuaciones y las frecuencias que participan en la creación del sonido musical.¹

En este trabajo pretendemos demostrarles a nuestros lectores que la música y la química tiene una relación tan estrecha como cualquier otra que tenga la ciencia que tanto amamos con cualquier aspecto de la vida cotidiana, entendiendo esto como que la Química es la ciencia de las composiciones de los materiales y como se afectan sus propiedades a partir de cómo están fabricados.

Para ello elegimos como paradigma y ejemplo, la Orquesta Sinfónica Nacional de Cuba (OSN) que el pasado año cumpliera 60 años de fundada el 7 de octubre de 1959 por

los maestros Enrique González Mántici (Sagua La Grande, 1912 – La Habana, 1974) y Manuel DuchesneCuzán (La Habana, 1932 – 2005). Actualmente bajo la batuta de su director titular, el maestro Enrique Pérez Mesa, la OSN durante su rica historia, que nace de la Orquesta Filarmónica Nacional que dirigiera el musicólogo Pedro San Juan y de la Orquesta Sinfónica de La Habana (OSH) que fundara una de las generaciones de músicos más destacada de la que haya disfrutado nuestro país comandada por Ernesto Lecuona, junto a Gonzalo Roig, César Pérez Sentenat, Joaquín Molina Torre, Virgilio Diago y David Rendón, la cual ofreció su concierto inaugural el 29 de octubre de 1922, ha desarrollado una dilatada y profunda actividad en expandir y enseñar el rico acervo cultural cubano e internacional, acompañando a grandes artistas nacionales y foráneos.²

En esta ilustre lista, podemos ver desde Josep Carreras, el tenor catalán integrante de Los Tres Grandes, la excelsa soprano española Victoria de los Ángeles o el guitarrista griego Costa Cotsiolis de allende los mares, hasta Joaquín Clerch, Chucho Valdés o Silvio Rodríguez, más acá, pegado a nuestras costas. Ha sido dirigida por artistas de la talla de Carmine Coppola, padre de Francis Ford Coppola y abuelo de Nicolas Cage, compositor y director de la música de “El Padrino II” (Globo de Oro 1974 con Nino Rotta) y

“Apocalipsis Now” (Oscar 1979);³ Aram Jachaturian, considerado uno de los grandes compositores y directores orquestales a nivel mundial del pasado siglo y creador del himno nacional de Armenia,⁴ y Michel Legrand, creador musical de las icónicas “Los paraguas de Cherburgo”, “Las señoritas de Rochefort” (que lanzaron la carrera de la diva francesa Catherine Deneuve) y “Yentl” (Oscar 1983 a la mejor banda sonora y nominado a la mejor canción original por “Papa, can you hear me?” y “The way he makes me feel” que interpretara una de las mejores exponentes del Séptimo Arte del siglo XX, Barbra Streisand, que los autores prefieren como cantante aunque es una excepcional actriz y destacada directora de cine. En total, Legrand ganó cinco Grammys y tres Oscars.³

LA ORQUESTA SINFONICA

El término orquesta deriva del griego ὀρχήστρα (orquesta), el nombre del área frente a un escenario en el antiguo teatro griego reservado para el coro.^{5,6}

Una orquesta sinfónica (Figura 1) es un gran conjunto instrumental típico de la música clásica, que combina instrumentos de diferentes familias, como pueden ser:

- cuerda con arco (violín, viola, violonchelo y el contrabajo)
- viento metal (el cuerno, trompeta, trombón y tuba)
- viento de madera (la flauta, el oboe, el clarinete y el fagot)
- percusión (timbales, el bombo, el triángulo, el tambor, los platillos)
- percusión de mazo, agrupados en secciones.



Figura 1. Diagrama moderno de la colocación de los instrumentos de la orquesta sinfónica

Otros instrumentos, como el piano y el arpa de concierto pueden aparecer en una sexta sección o pueden estar solos, al igual que para interpretaciones de algunas composiciones modernas, los instrumentos electrónicos.

Una orquesta de tamaño completo a veces se puede llamar una orquesta sinfónica u orquesta filarmónica (*filo*, griego para "amoroso" + "armónico"). El número real de músicos empleados en una presentación dada puede variar de setenta a más de cien, dependiendo del tipo de obra que se esté ejecutando y el tamaño del lugar.

En un principio, las orquestas fueron de alrededor de 25 a 30 músicos, donde algunos de ellos, especialmente los de la sección de vientos, tocaban varios instrumentos que no coexistían en diferentes partes de la obra. Pero llegaron los genios (Mozart y Haydn) y hubo cambios en esta sección como la introducción de dos clarinetes, un segundo fagot y un trombón. Ya hacia los 1800, la composición típica de la orquesta sinfónica era de 56 músicos en lo que mucho tuvo que ver la música de otro de los imprescindibles, Ludwig van Beethoven. La orquesta típica creció en tamaño a lo largo de los siglos XVIII y XIX, alcanzando un pico con las grandes orquestas (de hasta 120 ejecutantes) requeridas en las obras de Richard Wagner, y más tarde, Gustav Mahler, todo esto ya más pegado al final del segundo milenio.^{6,7}

QUÍMICA Y MUSICA

Comencemos nuestro recorrido sobre la relación de la Química con la Música. Y empezaremos por el director que no toca ningún instrumento en la orquesta, pero que dirige utilizando un aditamento llamado batuta. Las modernas batutas generalmente están hechas de una madera liviana (abedul, por ejemplo) recordando nuestros queridos lectores que la madera se compone mayoritariamente de celulosa,^{8,9} el más abundante polímero natural (Figura 2),

hemicelulosa y lignina. Además, se fabrican de fibra de vidrio o de carbono que se ensancha para un agarre cómodo llamado "bulbo" que generalmente está hecho de corcho, roble, nogal, palo de rosa u ocasionalmente aluminio. Muchos grandes directores lo personalizan con lujos incluidos. Los bastones normalmente han variado en longitud de aproximadamente 10 a 24 pulgadas (25 a 61 cm) aunque se usa más comúnmente un rango de entre 12 y 26 pulgadas (30 y 66 cm). La batuta del director, que no suena pero que está llena de química.¹⁰

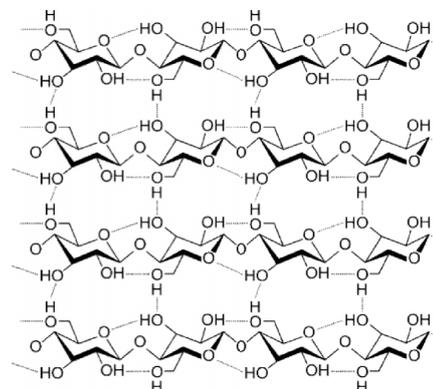


Figura 2. Estructura de la celulosa, homopolisacárido estructural formado por unidades de glucosa que forma parte de la pared de las células vegetales. Fórmula empírica: $(C_6H_{10}O_5)_n$, $n \geq 2000$.

Cuerdas con arco

Los instrumentos de cuerda frotada son una familia numerosa y muy importante dentro de las orquestas sinfónicas porque permiten producir los timbres más matizados y suaves. En estos instrumentos, la cuerda vibra al ser frotada con un arco que se desliza sobre las cuerdas. En ciertas ocasiones, estos instrumentos también se pueden puntear con los dedos, lo que se conoce como *pizzicato*.

Son instrumentos melódicos o lineales, lo que significa que producen un sonido determinado, es decir, una nota simple. Además, si el arco pasa por dos o más cuerdas al mismo tiempo se pueden conseguir acordes.

Los instrumentos de cuerda frotada permiten obtener armónicos artificiales. Para

obtenerlos, el ejecutante combina una presión normal sobre la cuerda con otra presión suplementaria más ligera. Sus representantes más famosos y utilizados en las sinfónicas son el violín, la viola, el violonchelo (o chelo) y el contrabajo (o bajo).

La diferencia que observan en la Figura 1 con respecto a primero o segundo violín se debe a que en general los violines segundos (que son iguales que los primeros en cuanto a fabricación, forma o incluso afinación) tocan alguna que otra parte de la melodía principal (casi potestad única de los violines primeros, de sonido más agudo en su interpretación). Los violines segundos son el sonido interior (junto a las violas) y los primeros y los contrabajos (sonido muy grave) son el exterior.

Los instrumentos

Durante mucho tiempo existió el mito de que el sonido inconfundible y único de los violines se debía entre otras cosas a la fórmula secreta, que se llevaron a la tumba sus creadores, del barniz con que se cubre la caja de resonancia del instrumento. Pero aun siendo así, es ciencia constituida que ese sonido de algunos instrumentos se debe a una combinación de varios factores en los que el barniz es uno más y no precisamente de los más importantes.

Tomando como ejemplo el violín, el más pequeño de los integrantes de la familia, podemos decir que se divide en diferentes partes hechas de diversos tipos de madera.

Existen al menos sesenta y ocho piezas diferentes en un violín, más bien setenta, porque encontrar una gran pieza de madera sin defectos es raro, por lo que las placas del vientre y la parte posterior generalmente se hacen uniendo dos piezas. Excepto por algunos tornillos de metal que ayudan a hacer pequeños ajustes en la afinación de las cuerdas, y las cuerdas en sí mismas, cada parte está hecha de madera que como dijimos en el epígrafe anterior se compone fundamentalmente de celulosa^{8,9} y lignina.¹¹⁻¹³

En los violines antiguos, las cuerdas eran de tripa. Hoy pueden ser también de metal o de tripa entorchada con aluminio, plata o acero; la cuerda en *mi*, la más aguda —llamada cantino— es directamente un hilo de acero, y, ocasionalmente, de oro. En la actualidad se están fabricando cuerdas de materiales sintéticos que tienden a reunir la sonoridad lograda por la flexibilidad de la tripa y la resistencia de los metales.

Si el sonido de los instrumentos de cuerda frotada está condicionado por la construcción de la caja armónica, y esta, por la calidad de su madera, que a su vez lo está por su composición en celulosa o lignina hablemos un poco, químicamente, de esta última.

La diferencia en el contenido de celulosa (38-50 %), hemicelulosa (23-32 %) y lignina (15-25 %) condiciona el tipo de madera y sus características. El abeto, por ejemplo, que de por sí tiene algunas variedades como el noruego (28-39 % de lignina), el oriental (31 %), el de Douglas (29 %) y el abedul (20 %) son alguna de las maderas más empleadas. Con un tope de producción de 3.5 miles de millones de toneladas anuales se considera uno de los recursos renovables con más potencialidades a nivel planetario.¹¹

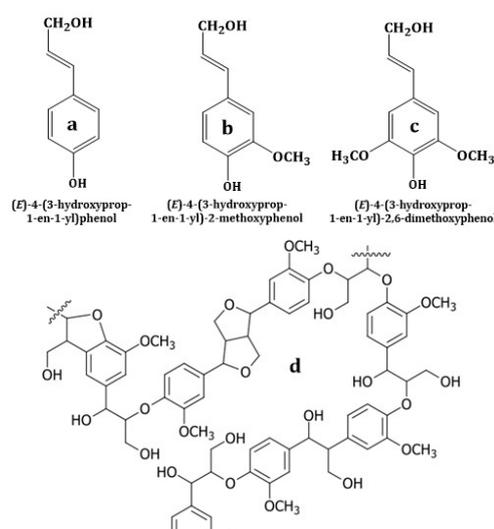


Figura 3. Estructura química de los monolignoles, alcohol *p*-cumarílico (a), alcohol coniferílico (b) y alcohol sinapílico (c), integrantes de la estructura de la lignina (d).

La lignina se compone de monolignoles (p-alquilfenoles, Figura 3)^{11,13} y derivados de dichas estructuras entrelazados entre sí.^{11,12} Si sigue siendo un misterio las fórmulas de Stradivarius, Amati y Guarneri y dicen haber demostrado científicamente que no influían en el sonido de los instrumentos, ¿cómo es posible que sean los que mejores suenan? El *Hammer* de Stradivarius costó hace tres lustros 3.5 millones de dólares, aunque el record vigente lo tiene el *Vieux Temps* de Guarneri con 18 millones de dólares de precio de compra.

El arco consta de una cinta, hecha con crines de caballo o cerdas (entre 150 y 250 dependiendo del fabricante), y de una vara estrecha, de curva suave, normalmente de madera de perambuco (recientemente de fibra de vidrio o de carbono) que permite, por medio de un tornillo que se aprieta o afloja, asegurar la tensión de las crines, las cuales frotan las cuerdas del instrumento para producir el sonido.

Las longitudes de los arcos son de aproximadamente 75 cm (viola), 74 cm (violín), 72 cm (violonchelo) y 70 cm (contrabajo). Aunque también existen los instrumentos de cuerda pulsada, pinzada o punteada (aquellos en los que la cuerda vibra tras ser pulsada o punteada por los dedos, produciendo el sonido como la guitarra y el arpa como los más populares) las composiciones químicas de los materiales que la forman son similares a los de cuerda frotada con arco por lo que no haremos alusión a ellos.

Viento metal

Compuesta por instrumentos como el bombardino, trombón, tuba, tuba wagneriana, corno francés, trompeta, corneta, fiscorno y otros, esta familia cuyos representantes más famosos son la trompeta y el trombón que tienen en Cuba ejecutantes de primer nivel sobre todo en la primera, como Alexander

Abreu, Jorge Varona, Arturo Sandoval y Félix Chapotín, se compone de dos grupos.

Construidos fundamentalmente a partir de un tubo de metal (generalmente latón), que puede estar doblado o recto, una boquilla y una campana en el extremo opuesto a esta, ambas familias se diferencian en lo que se conoce como el tubo central. Pues mientras una de ellas el conducto del aire se ensancha gradualmente desde la embocadura hasta la campana (lo que los nombra como de taladro cónico) y de los cuales la tuba (- Permiso, ¿y ahora que ha tocao ese?, homenaje a Juan Padrón) y la trompa son el mejor representante; en la otra el conducto no se ensancha más que en el tudel del principio hasta unos centímetros antes de llegar a la campana y todos los tubos centrales que componen las bombas y los pasos entre los pistones son cilíndricos, de ahí su clasificación como de taladro cilíndrico cuyos principales exponentes son la trompeta y el trombón (**Fig. 4**). Es bueno aclarar que una buena parte de los instrumentos de viento (ya sea madera o metal) tienen otras distinciones relacionadas con sus tesituras nombradas de manera similar a las voces (soprano, tenor, bajo, barítono, etc.).



Figura 4. La reina trompeta (izq) y el rey trombón (der), sus majestades del viento-metal. Note el color dorado del latón en ambos instrumentos.

Bueno, pero ¿cómo entra la química aquí? Quizás más fácil que en otras pues ya dijimos que estos instrumentos se fabrican de metales especialmente de latones especiales.

Los instrumentos

Aunque originalmente fueron fabricados de madera, como casi todo hasta que el hombre descubrió los metales, estos instrumentos que dependen de la habilidad del ejecutante en la utilización del vibrador natural (los labios) para emitir los sonidos, deben su nombre al material del cual se fabrican.

El latón es una aleación de cobre (Cu) y zinc (Zn). Las proporciones de Cu y Zn pueden variar para crear una variedad de latones con propiedades diversas.

En los latones industriales el porcentaje de zinc se mantiene siempre inferior al 50 %. Su composición influye en las características mecánicas, la fusibilidad y la capacidad de conformación por fundición, forja, troquelado y mecanizado.

En frío pueden transformarse en láminas de diferentes espesores, varillas o cortarse en tiras susceptibles de estirarse para fabricar alambres.

Su densidad también depende de su composición. En general, la densidad del latón ronda entre 8,4 g/cm³ y 8,7 g/cm³. Su punto de fusión está entre los 900 y los 940°C.

En función del porcentaje de Zn el latón se puede clasificar en:

- Primer título (Zn < 33 %)
- Segundo título (33 % < Zn < 44 %)
- Tercer título (Zn > 44 %)

El latón tiene un color dorado, por lo que se utiliza en bisutería y elementos decorativos. Otras aplicaciones de los latones abarcan los campos más diversos, desde la calderería hasta el armamento, soldadura, la fabricación de alambres, tubos de condensador, terminales eléctricas y acuñación de monedas. No es atacado por el agua salada, de ahí que se use en las construcciones de barcos y en equipos

pesqueros. También está presente en la fabricación de muchos instrumentos musicales de viento, lengüetas sonoras para armonios, acordeones y registros de lengüetería para órganos musicales. Además, por su acción antimicrobiana, se usa en los pomos de las puertas en los hospitales, que se desinfectan solos a diferencia de los metálicos.

Viento madera

Los instrumentos de madera (llamados así posiblemente por la influencia de su nombre en inglés *woodwind*) son un tipo de aerófonos en los que la vibración del aire que produce el sonido se genera en el propio instrumento (remolinos al cortar el aire en las flautas y la vibración de una o varias lengüetas en los de caña) y no con los labios del músico, como ocurre con los metales. La longitud del tubo determina la altura del sonido.

Aunque siguen soportando el nombre de instrumentos de madera, en la actualidad algunos de ellos están fabricados en metal. La flauta travesera evolucionó de la madera al metal como material, pero los saxofones se crearon ya directamente con este último material.

Casi todos tienen una serie de agujeros taladrados a lo largo del tubo, aunque algunos se cubren o destapan mediante una serie de mecanismos a los que se denominan llaves. Presentan un amplio espectro de timbres que va desde el sonido suave, melodioso y profundo del clarinete al brillante y estridente del flautín.

Hay dos formas de producir el sonido en los instrumentos de madera: soplar a través de un agujero, tal como se sopla a través de la boca de una botella, como ocurre con los instrumentos que se incluyen dentro de la familia de las flautas, o soplar a través de una caña en forma de lengüeta (que puede ser simple o doble), como ocurre en los instrumentos que se incluyen dentro de la familia de los oboes, los clarinetes, los fagots y

los saxofones. A estos últimos también se les llama instrumentos de caña.

Al igual que sus primos de la familia viento metal se clasifican de acuerdo a su tesitura o afinación, pero fundamentalmente por la forma del dispositivo que se sopla para generar el sonido:

- Instrumentos de bisel sin conducto como la flauta travesa (Figura 5d), que por cierto, debe su nombre a que el ejecutante debe colocarlo de manera transversal a él para poderla tocar.
- Instrumentos de bisel con conducto como la flauta dulce (Figura 5a) cuya posición para emitir el sonido es paralela al eje longitudinal del ejecutante.
- Instrumentos de lengüeta simple como el clarinete (Figura 5e) y el saxofón (Figura 5b)
- Instrumentos de lengüeta doble como el oboe (Figura 5f) y el fagot (Figura 5c). Por cierto, este último es el instrumento que tocaba Teodoro Madureira interpretado por Mauro Mendonça (padre del director de la telenovela *Del otro lado del paraíso*), el farmacéutico segundo esposo de Doña Flor (Sonia Braga) en ese clásico del cine latinoamericano que fue Doña Flor y sus dos maridos (la novela más famosa del brasileño Jorge Amado) y que completaba el elenco con José Wilker que interpretaba a Vadinho, el calavera primer esposo de Doña Florípedes.
- Instrumentos de lengüeta libre como la armónica, el bandoneón, el acordeón, etc.

¿Y la química, qué? Pues como ya hemos hablado bastante de la madera y los metales casi que no tuviéramos nada que decir si las lengüetas de estos instrumentos además no se fabricaran por los propios ejecutantes. Sí, como lo oyen, aunque se comercializan, los grandes instrumentistas prefieren hacerlas a sus medidas.



Figura 5. Los más famosos de la familia viento-madera, (a) flauta dulce, (b) saxofón, (c) fagot, (d) flauta travesa o simplemente flauta, (e) clarinete, (f) oboe y (g) boquilla o lengüeta del oboe.

¿Y de que las hacen? Ahí vamos. La lengüeta, también denominada caña, está formada por dos palas y un tudel, que se unen con hilo de nailon, para luego ser raspada con una navaja. El nombre científico de la caña que se emplea para la fabricación de las palas es *Arundodonax* y es de la zona de Var del sur de Francia. Bueno, madera y nailon.

El nailon es un polímero sintético que pertenece al grupo de las poliamidas. Es una fibra textil elástica y resistente, no la ataca la polilla, no precisa planchado y se utiliza en la confección de medias, tejidos y telas de punto, también cerdas y sedales. El nailon moldeado se utiliza como material duro en la fabricación de diversos utensilios, como mangos de cepillos, peines, etc.

Fue descubierto en 1933 por Wallace Hume Carothers, que llegó a ser el jefe del laboratorio de química orgánica de la DuPont, a quien se le atribuye también sentar las bases para la producción industrial del neopreno.

El nailon (o nilón, o Nylon[®]) tiene una densidad de 1150 kg/m^3 , conductividades: eléctrica (σ) de $10^{-12}/(\text{m}\times\Omega)$ y térmica de $0.25 \text{ W}/(\text{m}\times\text{K})$; con buena solubilidad en alcoholes, cetonas, hidrocarburos aromáticos y baja en grasas, aceites y halógenos.

En una planta industrial se fabrica generalmente haciendo reaccionar el ácido adípico (derivado del fenol) con la hexametilenodiamina (derivado del amoníaco).

El nailon 6,6 (Figura 6) tiene un monómero, que se repite n veces, las que sean necesarias para dar forma a una fibra. El primer seis que acompaña al nailon nos dice el número de carbonos de la amida y la segunda cifra es el número de carbonos de la cadena ácida.

Les recordamos que el nailon forma parte de la lengüeta, junto a las palas y el tudel por lo que en un instrumento donde el sonido se crea en la boquilla cualquier componente de la misma juega un papel fundamental en la creación del mismo, ¿verdad que sí?

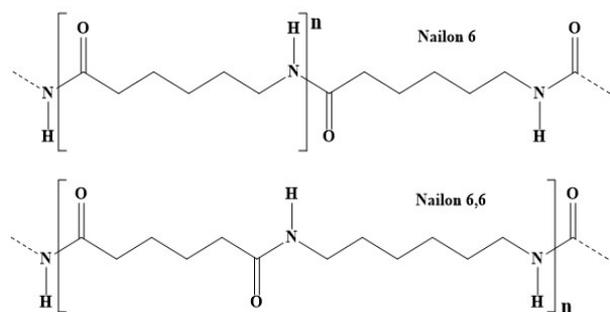


Figura 6. Estructura química de los Nailon 6 y 6,6, mostrando la dirección de los enlaces amida, única diferencia estructural entre ellos.

Percusión

Un instrumento de percusión es quizás, la forma más antigua de crear un sonido y se origina al golpear o agitar. En general, se distinguen por la variedad de timbres que son capaces de producir y por su facilidad de adaptación con otros instrumentos musicales. Es bueno puntualizar que puede obtenerse una gran variedad de sonidos según las baquetas o mazos que se usan para golpearlos o incluso en la forma de agitarlos.

Pueden ser usados para crear y mantener patrones de ritmos o bien para emitir notas musicales. Probablemente sea la clasificación orquestal que reúna en sí, la mayor cantidad de instrumentos populares y tradicionales de la música actual de cualquier tipo.

Entre sus integrantes se cuentan la batería, el xilófono, el timbal, las maracas, las claves, el triángulo, etc. Se pueden clasificar en afinados como el xilófono, vibráfono y timbal; o no afinados como el bombo, la batería, las claves, las castañuelas, etc. También en percusión de parches o de lámina y en pequeña percusión. O una tercera, en la que se dividen en membranófonos, micrófonos, idiófonos y placófonos. Es bueno aclarar que un instrumento puede tener varias clasificaciones al mismo tiempo.

Los instrumentos

Los xilófonos se construyen con madera de Palo Santo, el vibráfono de placas de aluminio, la marimba, un instrumento de veneración en países como Colombia, Guatemala, México y Ecuador, se construye de maderas como Palo Santo y ciprés. Las baquetas con las cuales se golpea generalmente se fabrican de maderas y las puntas se recubren con fieltro o cuero.

Los timbales, quizás los más representativos desde el punto de vista sinfónico, se construyen con una caja armónica de cobre en su versión más costosa y de aluminio o fibra de vidrio en su modalidad más barata. Bueno ¿y la química?

La fibra de vidrio es un material que consta de numerosos filamentos poliméricos extremadamente finos basados en dióxido de silicio (SiO_2). Pero ese concepto actual solo es posible a partir del desarrollo tecnológico alcanzado por la humanidad.

Es en 1938 cuando se descubre la lana de vidrio por Russell Games Slayter en la Owens-Corning Corp., para ser utilizada como aislante en la construcción de edificios. A partir de ahí, la diversificación de sus usos y su progresiva transformación hacia la moderna fibra de vidrio, la han convertido junto a la de carbono en uno de los materiales más utilizados en la actualidad. De hecho, la propia Owens Corning (surgida de la fusión de la Owens-Illinois Glass Company y la Corning Glass Works) se convirtió desde ese mismo 1938

hasta nuestros días en el mayor fabricante de fibra de vidrio del mundo empleando hasta un 40 % de vidrio reciclado en sus producciones.

En su forma pura el dióxido de silicio se comporta como polímero $(\text{SiO}_2)_n$. Es decir, no tiene un punto de fusión “verdadero” pero se suaviza a 1200°C , punto en el que comienza a descomponerse mientras que 1713°C la mayoría de sus moléculas presentan libertad de movimiento.

En su estado polimérico se forman grupos silicatos (Figura 7) que están configurados con estructura tetrahédrica con el átomo de silicio en el centro, y cuatro átomos de oxígeno en las puntas. Estos átomos luego forman una red de enlaces en las esquinas que comparten los átomos de oxígeno con otras estructuras similares provocando la polimerización y la posibilidad de formación de fibras de vidrio.

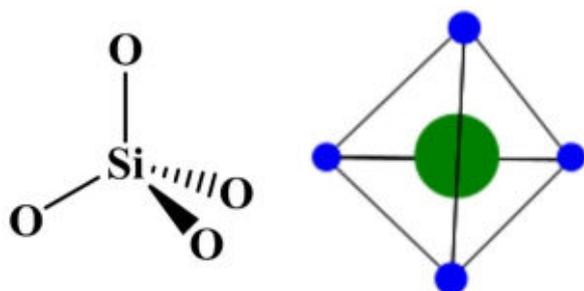


Figura 7. Estructura química del silicato y representación geométrica del tetraedro que forma, con la esfera verde representado el Si y las azules el oxígeno.

Percusión con mazo

Los instrumentos de cuerda percutida son aquellos en los que la cuerda vibra al ser golpeada por un pequeño martillo o palancas unidas a teclas. El instrumento de tecla más renombrado es el piano, aunque existen otros ejemplos como el clavicordio o la pianola.

El teclado es la parte o sección frontal, que está provista de teclas y destinada a ser accionada por medio de los dedos de las manos. Por extensión, teclado se aplica comúnmente a todo instrumento musical provisto de teclado. Está compuesto por un

conjunto de teclas adyacentes, negras y blancas. El intervalo entre teclas adyacentes es de un semitono, y entre dos teclas corresponde a un tono.

Los teclados musicales están hechos sobre la base de la afinación oriental. Las notas naturales de la escala de do (do, re, mi, fa, sol, la, si) son blancas y de mayor tamaño, mientras las correspondientes a los sostenidos (do[#], re[#], fa[#], sol[#], la[#]) o bemoles (re^b, mi^b, sol^b, la^b, si^b) son negras y un poco más pequeñas.

Prácticamente todos los pianos modernos tienen 88 teclas, 36 negras y 52 blancas, aunque su número se ha incrementado con el tiempo. Algunos pianos modernos tienen 92 o hasta 97 teclas (por ejemplo, los Bösendorfer 225 y 290 Imperial, respectivamente). Los órganos tienen 61 y los sintetizadores tienen por lo general 61, 76 u 88 teclas (casi 5, 6 o 7 octavas, en ese orden).

El instrumento

El piano es considerado uno de los instrumentos más completos que existen (de hecho, se estudia como complementario en muchos programas de enseñanza). Nuestro país tiene una larga tradición en este instrumento con ejecutantes de nivel mundial como Ernesto Lecuona (quien tocara el Concierto # 2, en sol menor, op. 32 para piano y orquesta, del compositor francés Camille Saint-Saëns, bajo la dirección de otros de sus fundadores, Gonzalo Roig, en la inauguración de la OSH), el sin par Ignacio Villa Fernández, Bola de Nieve, guanabacoense como Lecuona y Luis “Lili” Martínez Griñán, el más alto exponente de la pianística en el son montuno de Cuba. No podía faltar en esta lista Frank Fernández, probablemente el más alto exponente de esta escuela cubana de finales de siglo pasado hasta el presente que nos ha dejado su impronta en alumnos de la talla de Jorge Luis Prats, Víctor Rodríguez y Ulises Hernández.

En este instrumento se reúnen muchos de los materiales que hemos explicado anteriormente, y algunos más. Los grandes fabricantes como Steinway&Sons, Petrof, Yamaha y Kawai utilizan diferentes tipos de maderas, metales y aleaciones, una de ellas muy universal, pero, así como en sus otras aplicaciones, de vital importancia en este instrumento pues forma parte de su armazón y de las cuerdas que son percutidas. Pueden ser verticales, horizontales, de cola o electrónicos.

Ya debes haber adivinado por la Figura 8 que hablamos del acero, una de las aleaciones más reconocidas a nivel mundial en infinidad de usos, la construcción de edificios, barcos, estructuras, equipamientos, etc., además de las ya mencionadas en la construcción de pianos.

El acero es una mezcla de hierro con una cantidad de carbono entre el 0.03 % y el 2.14 % en masa de su composición, de acuerdo al grado del mismo. Posee diferentes microconstituyentes según su temperatura, como perlita, ferrita, cementita y austenita (Figura 8). Como aleación, conserva las características metálicas del hierro en estado puro, pero la adición de carbono y de otros elementos tanto metálicos como no metálicos mejora sus propiedades físico-químicas. Se usan como aleantes un grupo importante de elementos químicos como Al, B, Co, Cr, Mo, N, Nb, Ni, Pb, Si, Ti, V y W.

Su densidad media es de 7850 kg/m^3 . En función de la temperatura se puede contraer, dilatar o fundir. El punto de fusión es de alrededor de 1375°C y su punto de ebullición es de alrededor de 3000°C . Es un material muy tenaz y relativamente dúctil y maleable. Se puede soldar con facilidad y la corrosión es su mayor desventaja ya que el hierro se oxida con suma facilidad incrementando su volumen y provocando grietas superficiales que posibilitan el progreso de la oxidación hasta que se consume la pieza por completo.

CONCLUSIONES

Cuba tiene fama mundial por la calidad de su ron, de su tabaco y de su café; un nombre ganado en la industria del turismo y un pueblo que goza de prestigio como personas instruidas, simpáticas y serviciales. Pero si de algo se puede blasonar en esta isla es de su música, que nos ha sacado a relucir en el mundo donde quiera que un cubano haya puesto sus pies.

Si no, como tener en esta isla a músicos de la talla de José White, casi una orquesta sinfónica por sí solo pues tocaba más de 15 instrumentos, aunque prefería el violín o al Barón de Salas, también conocido como el Paganini Negro o el Caballero Cubierto ante el Rey, ambos ganadores del Primer Premio en el Concurso de Violín del Conservatorio de París en 1856 y 1871 respectivamente. Pero sigue el abierto el debate planteado por el profesor Stolik, de aparejar ese desarrollo y prestigio musical con el científico-técnico. Sintámonos los químicos convocados a esta batalla. Y, sobre todo, cuenten con nosotros.

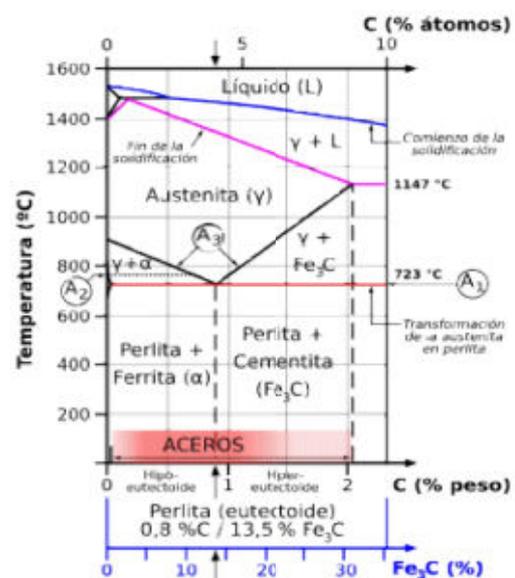


Figura 8. Zona de los aceros (hasta un 2 % de carbono) del diagrama de equilibrio metaestable hierro-carbono. Dado que, en los aceros, el carbono se encuentra formando carburo de hierro, se han incluido, en las abscisas, las escalas de los porcentajes en peso de carbono y de carburo de hierro (en azul).

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración, revisión y consejos del profesor, Maestro Enrique Pérez Mesa, director titular de la Orquesta Sinfónica de Cuba, quien tuvo la gentileza en medio de su apretada agenda, de leerse estas notas y desde su humilde pero reconocida autoridad académica contribuir con sus conocimientos. Maestro, muchas gracias.

REFERENCIAS

- [1] D. Stolik. *Revista Cubana de Física* **2012**; 29: 37-41
- [2] J. Cantón Navarro and M. Duarte Hurtado. *Cuba: 42 años de Revolución. Cronología histórica 1959 - 1982*. Editorial Ciencias Sociales, La Habana, **2006**
- [3] www.imdb.com (2020) consultada el 26 de febrero
- [4] H. Hao and M. Sharpe. *Music in the 20th century*. University of Michigan, Ann Arbor, **1999**
- [5] M. Kennedy. *The Concise Oxford Dictionary of Music*. Oxford University Press, Oxford, **2003**
- [6] H. Raynor. *The orchestra: the history*. Scribner, New York, **1978**
- [7] J. Spitzer and N. Zaslav. *The Birth of the Orchestra. History of an Institution, 1650-1815*. Oxford University Press, Oxford, **2004**
- [8] R. Malcolm Jr and I. M. Saxena. *Cellulose: molecular and structural biology: selected articles on the synthesis, structure, and applications of cellulose*. Springer Science & Business Media, **2007**
- [9] D. Klemm, B. Heublein, H. P. Fink and A. Bohn. *Angewandte Chemie International Edition* **2005**; 44: 3358-3393
- [10] J. Bowen. *The Cambridge Companion to Conducting*. Cambridge University Press, Cambridge, **2003**
- [11] M. Chávez-Sifontes and M. E. Domine. *Avances en Ciencias e Ingeniería* **2013**; 4: 15-46
- [12] J. B. Binder, M. J. Gray, J. F. White, Z. C. Zhang and J. E. Holladay. *Biomass and Bioenergy* **2009**; 33: 1122-1130
- [13] M. N. Belgacem and A. Gandini. *Monomers, polymers and composites from renewable resources*. Elsevier, Amsterdam, **2011**

Desayuno con Mujeres de la IUPAC Global Women's Breakfast #GWB2020

Noticias

Dra. Loreley Morejón Alonso

**Departamento de Química General e Inorgánica
Facultad de Química
Universidad de La Habana
lmorej@fq.uh.cu**



El Global Women's Breakfast (GWB) es una actividad lanzada por la International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) en el año 2019 como parte de las actividades por el 100 aniversario de esta organización #IUPAC100 y las celebraciones por el año internacional de la tabla periódica #IYPT2019.

La idea surgió en el 2011, cuando mujeres de más de 40 países se unieron en un desayuno en red a nivel mundial como parte de las celebraciones por el *Año Internacional de la Química* denominado: “*Mujeres compartiendo un momento químico en el tiempo*”.¹ En el 2019, la actividad fue realizada de manera simultánea en más de 122 ciudades de 50 naciones y fue dedicado al “*Empoderamiento de la mujer en la Química*”.² Dicha actividad se celebra el 12 de febrero a nivel mundial un día después del Día internacional de las mujeres y las niñas en la Ciencia declarado por la UNESCO en 2015 con el fin de lograr el acceso y la participación plena y equitativa de las mujeres en el desarrollo de la ciencia.

El propósito general del GWB es establecer una red virtual donde las mujeres químicas, y de otras ciencias afines a la química, se conecten a nivel mundial de manera tal que puedan apoyarse las unas a las otras y compartir experiencias profesionales.

En el 2019, la Sociedad Cubana de Química se unió a esta celebración y se llevó a cabo en nuestro país el primer GWB con la participación de mujeres científicas de las Ciencias Químicas, Radioquímica y Química Farmacéutica (Figura 1).



Figura 1. *GWB2019. “Empoderamiento de la mujer en la Química.”*

Este año 2020, la actividad tuvo como idea central el tema “*Construyendo lazos para crear futuros líderes*” dedicada al desarrollo de mujeres científicas líderes en sus áreas. Dada la importancia que posee la industria biotecnológica de nuestro país, en la cual trabajan miles de mujeres científicas, tecnólogas, administrativas y trabajadoras en general, se propuso celebrar el desayuno de este año en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), con el auspicio de la Sociedad Cubana de Química.

Durante la actividad además del liderazgo de la mujer en el desarrollo de la ciencia se trataron otros temas de interés como la igualdad de género, el balance vida-trabajo, cómo llegar a ser una mujer líder en la ciencia, entre otros temas.

La actividad fue muy bien acogida por la comunidad de científicas del Polo y contó con

la participación de profesionales del área biotecnológica, química, bioquímica, farmacéutica y pedagógica. El evento fue reseñado en el Periódico "Granma Internacional" en su versión digital del propio día 12 de febrero³ y en el Boletín Informativo del CIGB del mes de febrero 2020.



Figura 2. *GWB2020. "Construyendo lazos para crear futuros líderes."*



Prof. Dra. Diana García del Barco

...esto que nosotras estamos viviendo, de compartir y trabajar en temas de ciencia, es algo muy valioso. Sesenta años atrás para nuestras mamás y abuelas era un sueño imposible. Que una mujer con

todas las tareas que por vía natural le tocan, adquiriera este tipo de responsabilidad, es un regalo de nuestra Revolución. Estaré eternamente agradecida...



Dra. Sonia González Blanco

...desde que nos incorporamos al trabajo en este centro, hemos hecho mucho sacrificio; pero también muchas oportunidades. Muchas somos fruto de personas

que no tuvieron la misma suerte. Debemos transmitir a las jóvenes que no se acomoden a los beneficios que puedan recibir, sino que luchen por tener su papel profesional...



Dra. Meilyn Rodríguez Hernández

...tenemos muchas mujeres en el CIGB con resultados importantes. Mujeres que han sabido llevar bien su vida personal y profesional; es cierto que el esfuerzo es doble, combinar la maternidad con el

trabajo es muy complejo; pero se logra. Hoy vemos a muchos de nuestros hijos siguiendo el camino de la ciencia y es un resultado muy bonito...



MSc. Isabel Apezteguia Rodríguez

...formar, guiar, dar el ejemplo: son tareas que llevamos día a día. Nuestros hijos deben vernos trabajando, estudiando; deben darse cuenta de que somos

personas dedicadas, constantes en lo que hacemos. Eso es muy importante. Ellos son la continuidad...

Agradecimientos a la Dra. Hilda Garay Pérez, Investigadora Titular, Jefe del Grupo de Péptidos Sintéticos del CIGB por la organización del GWB2020 y a todos los compañeros que colaboraron con la organización y la difusión del evento a través de las distintas plataformas.



REFERENCIAS

- [1] Garson M. *Chemistry International*, March-April, pp 16-18, 2011.
- [2] Garson M. McConnell L. *Chemistry International* January-March pp 22-25, 2020.
- [3] <http://www.granma.cu/cuba/2020-02-12/cientificas-cubanas-participan-hoy-en-el-global-womens-breakfast-2020-12-02-2020-11-02-34>

Memorias del IV Simposio Iberoamericano de Química Orgánica (SIBEAQO'2019)

Noticias



Dra. Julieta Coro Bermello
Departamento de Química Orgánica
julieta@fq.uh.cu

Dra. Loreley Morejón Alonso
Departamento de Química General e Inorgánica
lmorejón@fq.uh.cu



Facultad de Química, Universidad de La Habana

El pasado mes de diciembre se celebró por primera vez en Cuba el *IV Simposio Iberoamericano de Química Orgánica (SIBEAQO 2019)*. El evento tuvo lugar entre los días 4 y 8 en el Hotel Meliá Las Dunas, Villa Clara.

El principal objetivo de este tipo de simposio es la creación de un ámbito científico en el área de Química Orgánica y campos relacionados, que favorezca el intercambio de ideas y experiencias entre investigadores de Iberoamérica, España y Portugal. Los encuentros de este tipo surgieron en el año 2007 en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. El segundo SIBEAQO tuvo como sede la Universidad de Santiago de Compostela,

España, en el año 2010 y el tercero se celebró en la Universidad de Porto, Portugal en el año 2016.

Cuba fue seleccionada para organizar el IV SIBEAQO, lo que constituyó un honor y un reto a la vez. Teníamos como antecedente la participación de unos 200 profesores e investigadores en el evento anterior, cifra que se mantuvo durante esta edición al participar un total de 185 delegados (78 cubanos y 107 extranjeros). Se presentaron en total unos 176 trabajos científicos en total de los cuales, 161 fueron presentados por estudiantes, profesores e investigadores de países iberoamericanos. (Figura 1).

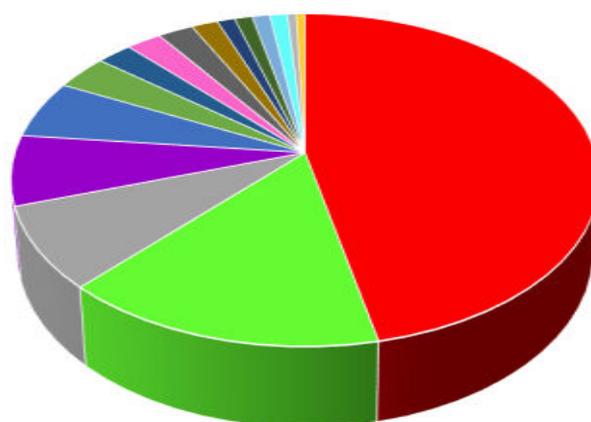


Figura 1. Países participantes y % de participación en relación a trabajos presentados en el IV SIBEAQO'2019.

El evento tuvo una agenda muy apretada. Se inauguró en la noche del miércoles 4 de diciembre con las breves palabras de bienvenida del Presidente del Comité Organizador, *Dr Daniel García Rivera* y la conferencia plenaria de apertura a cargo del profesor de la Universidad de Princeton, Estados Unidos, *Dr David W.C. MacMillan*. Durante los días 5 y 6 de diciembre se desarrollaron 8h diarias de presentaciones orales, donde se presentaron 38 trabajos. En las noches las sesiones de posters permitieron la discusión de 130 trabajos.

Como parte del evento, se realizó la premiación de los mejores trabajos presentados por jóvenes menores de 35 años en dos categorías diferentes: pregrado y posgrado. Los trabajos fueron evaluados por un jurado internacional con representación de países de diversas latitudes como Uruguay, España, Argentina, México y Brasil.

De los 27 estudiantes de pregrado que participaron recibió **PREMIO** el trabajo *Synthesis of steroids-peptides conjugated as posible stimulators of plant defense* y **MENCIÓN** el estudio *Synthesis of a galactocyl ceramide KRN 7000* presentados por Juan Pablo Figueroa Macías (4to año) y Yadiel Vázquez Mena (recién graduado), ambos de la Facultad de Química de La Universidad de La Habana.



Figura 2. Estudiantes de pregrado premiados. Juan Pablo Figueroa (izquierda) y Yadiel Vázquez Mena (derecha).

En la sección de postgrado compitieron 40 estudiantes. El **PREMIO** se le otorgó al trabajo *Catalytic valorization of levulinic acid towards N-Heterocycles* presentado por Daily Rodríguez Padrón de la Universidad de Córdoba, España; mientras que las menciones fueron para *Evaluation of benzyl squaramides in bifunctional organocatalysts: the role of the CH- π interactions in the enantioselectivity* presentado por Howard Díaz Salazar de la Universidad Nacional Autónoma de México y *TOS and DOS approach in the research for new antiproliferative heterocycle-steroid hybrids* presentado por Luis E. Almagro Rodríguez de la Universidad de La Habana.



Figura 3. Estudiantes de posgrado premiados. Howard Díaz Salazar (izquierda) y Luis E Almagro Rodríguez (derecha).

Durante la clausura, se entregaron también tres Premios Iberoamericanos a profesores y/o investigadores ya consagrados por sus aportes al desarrollo de la Química Orgánica en las siguientes categorías: *Profesor que ha desempeñado su carrera en España o Portugal*, *Profesor que ha desempeñado su carrera en Latinoamérica* y *Profesor de origen iberoamericano desempeñándose en un país no iberoamericano o diferente al de su origen*. En la primera categoría fue premiado el Dr Ricardo Riguera Vega, catedrático de la Universidad de Santiago de Compostela, España. En la segunda fue galardonado el Dr Vicente Vérez Bencomo, director del Instituto Finlay de Vacunas, Cuba y autor principal de la primera vacuna sintética contra el *Haemophilus influenzae* tipo B; mientras que en la tercera fue premiado el profesor Dr Luis

Echegoyen, profesor de la Universidad de Texas Estados Unidos, cubano de nacimiento y actual Presidente de la American Chemical Society (Fig. 4).



Figura 4. Profesores Premiados De izquierda a derecha: Dr. Ricardo Riguera Vega, Dr. Vicente Vérez Bencomo y Dr. Luis Echegoyen.

Un *Momento Excepcional* estuvo a cargo de la Corporación CubaRon S.A., empresa cubana patrocinadora del evento quien a través del *Maestro Ronero César Augusto Martí Marcelo* impartió la charla titulada: **Ron cubano: expresión genuina de nuestra cultura**, la cual fue gratamente acogida por los participantes y estuvo acompañada por una degustación de algunos productos líderes de la Corporación como la marca *Cubay* producida en el centro de la isla. Esta acción puso de manifiesto el estrecho vínculo existente entre las universidades cubanas y la industria, necesidad cada vez más creciente ante los retos de una economía globalizada, por lo que se

busca poner ciencia en las producciones industriales y cerrar ciclo cuando un resultado obtenido en una universidad puede llevarse a la industria.



Figura 5. Conferencia del Maestro Ronero César A. Martí. Foto cortesía Dra. Neybis Casdelo y Dra Leysi Pérez.

El evento también propició el reencuentro de exintegrantes de la Preselección Nacional de Química y participantes en la Olimpiadas internacionales de Química con parte del equipo de entrenadores del TEAM Cuba.



Figura 6. Reencuentro exintegrantes de la Preselección Nacional Química y entrenadores.



Figura 7. Foto oficial tomada durante la clausura del IV SIBEAQO 2019.

**Dra. Patricia Pérez
Ramos**

patry@ifal.uh.cu



**Dra. Irela Pérez
Sánchez**

irela@ifal.uh.cu



**Dra. Milena Díaz
Molina**

Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana
Grupo de Cosmetología de la Sociedad Cubana de Ciencias Farmacéuticas

El tatuaje es un arte milenario que en los últimos años se ha convertido en una moda a nivel de todos los estratos sociales, incluso algunas personas se vuelven adictas y adquieren tatuajes extensos que cubren la mayor parte de su cuerpo. Sin embargo, pocas personas conocen con que sustancias químicas marcan su piel. El término tatuaje se refiere a la pigmentación de la piel accidental o adquirida voluntariamente por inyecciones de tintas insolubles (suspensiones coloreadas de partículas finas de pigmentos) u otras sustancias en la dermis, por lo general lo realiza un tatuador profesional quien introduce el pigmento mediante la utilización de agujas metálicas y descartables, (Figura 1).¹

Aunque este término se refiere habitualmente a los decorativos, existen también otros tipos: los tatuajes traumáticos, los cosméticos y los utilizados en el tratamiento con radioterapia o terapéuticos.

Los tatuajes cosméticos o por micropigmentación se utilizan para realzar los rasgos faciales, para el maquillaje permanente de los ojos y de los labios y para mejorar la estética en general. Mientras que, los terapéuticos se emplean para dibujar las

aréolas en reconstrucciones mamarias, camuflar lesiones de alopecias y otras hipopigmentaciones o imperfecciones. Los tatuajes artísticos o decorativos, que implantan la tinta en la dermis media y profunda, los tatuajes cosméticos y terapéuticos lo hacen a nivel de la unión dermoepidérmica y dermis superficial.²

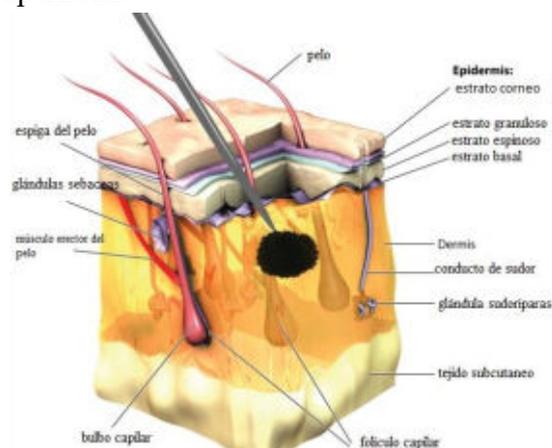


Figura 1. Introducción de pigmentos en la dermis.

Las sustancias que dan color a las tintas para tatuajes son los pigmentos, y los primeros en usarse estaban compuestos básicamente del carbón extraído de la quema de huesos y algunos vegetales. En la actualidad los tatuajes

no profesionales suelen utilizar pintura de automóviles, tintes de tejidos, tinta china, carbón vegetal o cenizas como pigmento, a diferencia de los tatuajes profesionales que usan pigmentos de origen natural (animal, mineral y vegetal) o sintético, generalmente sales metálicas inorgánicas o sustancias orgánicas, dispersadas en vehículos como glicerina, propilenglicol, isopropanol, fenol, agua destilada o sustancias para formar lacas y sustancias espesantes o aglutinantes que hacen insolubles los tintes, u otras para mejorar su brillo o su manipulación (dibutilfalato, DBP).^{3,4}

Los pigmentos utilizados para este fin deben brindar opacidad, poder cubriente y resistencia al calor, gran capacidad de teñir los materiales que colorea y ser estables en forma sólida a temperatura ambiente. Además, dispersarse en el vehículo seleccionado, lo cual garantiza que se queden en el sitio al que son destinados, así como cambiar el color de la luz que refleja como resultado de la absorción selectiva de las ondas de luz.^{5,6}

En general se plantea que, la composición de las tintas ha cambiado en los últimos veinte años, es menos probable que contengan sales inorgánicas de mercurio, cadmio o cobalto, pero predominan las aminas aromáticas y los hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs).^{4,5}

Más del 80% de los pigmentos de origen sintético son de naturaleza orgánica y un 60 % del tipo azopigmentos (grupo funcional $-N=N-$). Este grupo funcional posee una baja estabilidad química, siendo solamente posible su aislamiento cuando se trata de azocompuestos aromáticos. La reacción de degradación fundamental por la acción del calor o la luz (siendo ambos factores de incidencia directa o indirecta en las zonas del cuerpo tatuadas) genera aminas aromáticas como productos principales, las cuales tienen

una reconocida toxicidad. Entre ellas se destacan la anisidina, la o-nitrotoluidina, la o-clorotoluidina, la 3,3-diclorobencidina, entre otras, que forman parte de las listas de sustancias prohibidas o restringidas para su uso en alimentos y cosméticos.

En el caso de la para-fenilendiamina (PPD), componente principal de los tintes capilares con gran poder sensibilizante a la piel, suele mezclarse con la henna (pigmento natural) para acentuar su color y brillo, así como aumentar la durabilidad en la piel de estos tatuajes transitorios. También se encuentra en cosméticos de maquillaje, gomas y líquidos de revelado, provocando su aplicación sensibilización permanente a este compuesto.^{1,6}

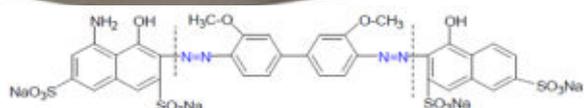
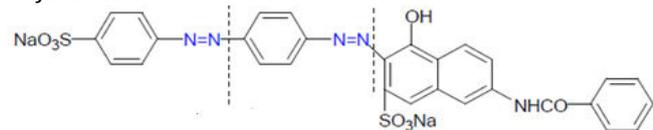
Todas las tintas que están compuestas por pigmentos de naturaleza orgánica tienen en común el grupo funcional azo, siendo los sustituyentes los responsables del color (Figura 2).

Los metales como el aluminio, el titanio y el carbón son ingredientes comunes de las tintas, independientemente del color. Cuando se utiliza cromo, níquel y cobalto, están en cantidades superiores a los límites alergológicos permitidos.

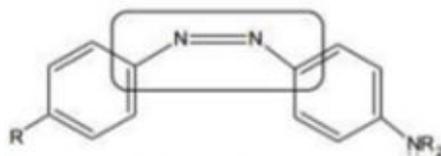
Las tintas negras están compuestas mayormente por sustancias derivadas de la combustión del carbón o mezclando tintas de distintos colores, con lo que pueden contener hidrocarburos policíclicos aromáticos (PAHs), provocando reacciones alérgicas, pápulo nodulares y granulomatosas en la piel de algunas personas.^{1,7,8}

Los pigmentos rojos contienen aluminio, hierro, calcio, titanio, silicio, mercurio y cadmio, los cuales predisponen a la piel a desencadenar inflamación cutánea, dermatitis de contacto alérgica y particularmente reacción liquenoide.⁸

Rojo directo

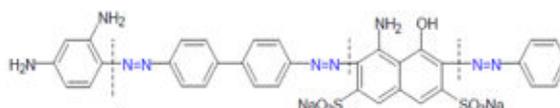


Azul directo



Compuesto azo

Estructura principal de todas las tintas para tatuajes de naturaleza orgánica. Los colores difieren según los sustituyentes.



Negro directo

Figura 2. Colores de las tintas de tatuajes en función de las estructuras químicas de naturaleza orgánica.

Los pigmentos verde (cromo), azul (sales de cobalto), violeta (magnesio), rosa, amarillo y naranja, también provocan reacciones similares a las de color rojo. Los tatuajes de tinta blanca están hechos con titanio u óxido de zinc que son sustancias potencialmente alérgicas.⁸

El color amarillo puede asociarse además con fotosensibilidad por contener mayoritariamente cadmio y el sulfito de cadmio, que reaccionan bajo la influencia de la luz y provoca la aparición de lesiones eritematoso-edematosas.⁸

Una alternativa hoy día, es usar tintas con pigmentos de origen natural, aunque suelen dar colores mate y poco duraderos. El origen es mayoritariamente mineral: la hematita, magnetita, sienna o arcilla roja, limonita, cincinita, rutilo y corindón. Del rizoma de la planta de la curcumina, se extrae un colorante amarillo empleado en algunas zonas como pigmento para tatuar, del insecto cochinilla se obtiene polvo rojo, la maderas de sándalo son también los compuestos orgánicos naturales, el Indigoid es una planta que proporciona el tinte azulado conocido como azul índigo.^{1,5}

Las tintas para micropigmentación están formadas por pigmentos inorgánicos, por su mayor estabilidad frente a la luz y el calor, su

mayor capacidad de fijación y su mayor tamaño. Los tatuajes de color carne o carmín están compuestos de óxido de hierro, óxido de zinc y dióxido de titanio, se obtiene al mezclar del rojo procedente del óxido de hierro con el blanco del dióxido de titanio, proporciona el color rosa carmín, tanto los pigmentos férricos como de dióxido de titanio, tienden a oscurecerse por el calentamiento provocado por las altas temperaturas, ello se debe a la transformación del óxido férrico en óxido ferroso que es de coloración negra. Un proceso similar ocurre también con los pigmentos de titanio que pueden estar presentes en las tintas carmín empleadas para la micropigmentación de los labios.⁷

En general, se han descrito numerosas reacciones adversas en los tatuajes que se relacionan con las tintas, ya sea por los pigmentos utilizados como ingrediente activo o por excipientes en los que estos se dispersan.

No obstante, a las alternativas de uso de pigmentos naturales, aun no se dispone de conocimientos fehacientes que demuestren que las tintas son seguras para su inyección intradérmica y, por tanto, para su uso en tatuajes.⁸

REFERENCIAS

[1] Silvestre Quílez, S., *Aportación al estudio de las tintas para tatuar*. Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en técnicas avanzadas de estética y láser. Universidad Ceu Cardenal Herrera. **2014**.

[2] Kluger, N. y col., *Tattoos, inks and cancer*. Lancet Oncol. **2012**.

[3] Muñoz, D., *El punto final, un marcador fiable. Guía práctica para la eliminación de tatuajes mediante láser Q-Switched*. Tívoli. **2013**. 29-33.

[4] Hogsberg, T and Col., *Black tattoo ink induces reactive oxygen species production correlating with aggregation of nanoparticles and product brand but not with the polycyclicaromatic hydrocarbon content*. ExpDermatol **2013**.

[5] Engel, E. y col., *Tattooing of skin results in transportation and light-induced decomposition of tattoo pigments a first quantification in vivo using a mouse model*. Exp Dermatol. **2010**.

La revista *Encuentro con la Química* se publica tres veces al año. Los artículos se publican en español y deben tener una extensión máxima de 6 páginas.

Los manuscritos se enviarán en un solo documento Word, Times New Roman, 12, conteniendo el texto, las figuras, tablas, esquemas y gráficos integrados en el texto. En el texto se deberá incluir referencias relevantes al tema que se presenta y su exposición se hará de modo que resulte atractivo y divulgativo.

Las figuras y las fotos deben tener buena calidad para su reproducción. Los esquemas deben elaborarse en Chemdraw siguiendo los ajustes de la ACS.

Con relación a las referencias bibliográficas, en el texto, los números deben aparecer como superíndices (por ejemplo, **García¹**) y, si procede, después de las marcas de puntuación (por ejemplo, **Soto²**). Los nombres de las revistas deben abreviarse de acuerdo al Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI) [en caso de duda, consúltese: www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html] y deben seguir el estilo general siguiente:

Artículos de revistas:

1- N. Martin, *Chem. Commun.* **2006**, 2093–2104.

2- V. Polshettiwar, R. S. Varma, *Chem. Soc. Rev.* **2008**, 37, 1546–1557.

Libros:

3- D. Tullius en *Comprehensive Supramolecular Chemistry, Vol. 5* (Eds.: J. L. Atwood, J. E. D. Davies, D. D. MacNicol, F. Vögtle, K. S. Suslick), Pergamon, Oxford, **1996**, pp. 317-334.

Para la preparación de los manuscritos se recomienda revisar los artículos ya publicados anteriormente en la revista *Encuentro con la Química*.

Conjuntamente con el manuscrito, los autores deben enviar una fotografía y una breve reseña biográfica. Los manuscritos deben enviarse a la dirección electrónica encuentro.scq@gmail.com con la indicación de en cual sesión desea ser publicado. Después de revisado, se le informará la aceptación al autor principal.

