

# ENCUENTRO CON LA QUÍMICA

## La Química: Una Solución



UNA REVISTA DE LA SOCIEDAD CUBANA DE QUÍMICA

Volumen 4. Número 1. Año 2018



# Encuentro con la Química

Volumen 4 - Número 1

Enero-Abril 2018

## PORTADA



Imágenes tomadas de  
GuoGuiyan Wallpapers

Elaborada por:



Claudia Iriarte Mesa

## GRUPO EDITORIAL

Editora:  
Prof. Dra. Margarita  
Suárez Navarro  
[msuarez@fq.uh.cu](mailto:msuarez@fq.uh.cu)

Colaboradora:  
Dra. Rebeca Vega Miche  
[vega@fq.uh.cu](mailto:vega@fq.uh.cu)

Composición y producción:  
Lic. Claudia Iriarte Mesa  
[ciriarte@fq.uh.cu](mailto:ciriarte@fq.uh.cu)

<b>Editorial</b> .....	1
<b>Investigación Química</b>	
<i>Contaminación por emisión de gases por vehículos, una solución</i> Néstor Fernández Fernández.....	2
<i>Nanotecnología en procesos de remoción de petróleo en vertimientos marinos</i> Yeisy Clara López Conde .....	6
<i>Los Biosensores como poderosas herramientas analíticas</i> Yasser Matos Peralta.....	10
<i>La Química Analítica y la Química Forense Una reseña sobre su relación con la Criminalística</i> Lázaro Adrián González Fernández.....	17
<b>Enseñanza de la Química</b>	
<i>Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 9: La estructura de los artículos científicos</i> Manuel Álvarez Prieto.....	24
<i>Métodos de Regresión en Química. La linealidad</i> Alejandro Fuentes García y José Alejandro Ricardo García.....	32
<b>Historia de la Química</b>	
<i>Un Eminente Químico Cubano que necesariamente deben conocer las generaciones actuales</i> Rebeca Vega Miche .....	39
<i>Dr. Luis Felipe Le Roy y Galvez, ¿Químico o Historiador?</i> Rebeca Vega Miche y Loreley Morejón.....	52
<i>De cómo el Laboratorio de Materiales Sintéticos se convirtió en el Centro de Biomateriales</i> Rubén Álvarez Brito .....	61
<b>Noticias</b>	
<i>Culminaron las actividades de celebración por el 55 Aniversario de la Carrera de Química</i> .....	65
<i>Olimpiada Nacional Universitaria de Química</i> Margarita Villanueva Tagle.....	67
<i>Taller de I + D + i de Síntesis Química</i> .....	68
<i>HOT TOPICS: pasado, presente y futuro</i> Claudia Iriarte Mesa y David Hernández Castillo.....	69
<i>I Taller de Historia de la Química Luis Felipe Le Roy</i> .....	71
<i>Primera Circular del evento QUIMICUBA 2018</i> .....	73
<b>Entretenimientos</b> .....	76
<b>Normas de publicación de la revista Encuentro con la Química</b> .....	79



## Editorial

Bienvenidos al primer número de 2018 de *Encuentro con la Química* con el que comenzamos el cuarto año de publicación de la revista.

Cuando en enero de 2015 iniciamos su difusión, lo hicimos con el objetivo de existiera un material que divulgara los trabajos que relacionados con la química, desarrollamos en nuestro país.

Tanto en los números anteriores como en este, esta publicación se alimenta del entusiasmo de los químicos de diferentes instituciones que proponen y tratan temas de gran diversidad, interés y originalidad. Gracias a ellos, que son el motor de la revista. Durante los tres años de existencia hemos publicado aportaciones de químicos cubanos y de colegas de otros países los que han posibilitado que los materiales contribuyan a la trasmisión de temas actuales de nuestra Ciencia.

En esta edición les proponemos, como va siendo habitual, una gran variedad de temas. En la sesión de investigación química les ofrecemos los aportes que nos han enviado relacionados con temas de actualidad, como lo son las medidas que se toman para disminuir la contaminación ambiental, cómo la nanotecnología puede controlar la contaminación por derrames de petróleo, el empleo de biosensores para determinaciones analíticas y la relación de la química analítica con la química forense.

La habitual sesión de Enseñanza de la Química contempla un material donde se comenta acerca de la estructura de los artículos científicos y otro dedicado a la utilidad de los métodos de regresión en la química.

En la sesión Historia de la Química aparecen dos artículos dedicados a divulgar la vida y aportes de dos químicos cubanos del pasado siglo que contribuyeron al desarrollo de la química en nuestro país aportando en

diferentes campos, Ernesto Ledón y Luis Felipe Le Roy, así como un material donde conoceremos los orígenes del Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana.

Además, aparecen crónicas acerca del desarrollo de diferentes eventos desarrollados en nuestro país que contribuyen al desarrollo de la química y de los químicos en Cuba.

En este número incluimos por primera vez la sesión Entretenimientos con aspectos químicos.

Insistimos en invitar a los profesionales relacionados con los distintos perfiles de la Química, a que nos envíen sus contribuciones para permitirnos divulgar sus trabajos. Deseamos nos remitan sus sugerencias, críticas y aprobaciones, para mejorar *Encuentro con la Química* que es una revista de todas y de todos.

Espero que la lectura este número les resulte interesante y que disfruten este material.

*Encuentro con la Química* les desea a todos los químicos un feliz 2018.

Margarita Suárez  
*Editora*

# Contaminación por emisión de gases por vehículos, una solución

Investigación  
Química

**Néstor Fernández Fernández**

**Departamento de Química General e Inorgánica  
Facultad de Química  
Universidad de La Habana  
[nestor@fq.uh.cu](mailto:nestor@fq.uh.cu)**



## Introducción

La contaminación ambiental se ha convertido desde la segunda mitad del siglo pasado en una potencial amenaza para la vida en el planeta. El fenómeno es global y todas las regiones de la Tierra en menor o mayor grado están sometidas a ese peligro. Lo paradójico del caso es que la actividad humana es la principal causa de dicha amenaza.

La explotación intensiva de la tierra cultivable con el uso masivo de fertilizantes químicos, plaguicidas y otras sustancias degrada los suelos. El vertimiento negligente de residuales industriales y urbanos introduce sustancias nocivas en las aguas de ríos, lagos y mares. La descarga ilimitada de gases a la atmósfera incorpora sustancias tóxicas que inevitablemente ingresan a los seres vivos a través de la respiración.

El desarrollo científico y tecnológico en las sociedades desarrolladas a lo largo de los años ha introducido variaciones en el ambiente que se acumulan y cuyas consecuencias negativas son ya una evidente señal de alarma. De ello no está excluida la Química. Por el contrario, existe cierta tendencia no del todo injustificada, a considerar esta ciencia como nociva y trasladar esa consideración a los productos manufacturados con participación de ella.

Sin embargo, con una visión optimista y responsable del asunto, ese mismo desarrollo científico y técnico puede buscar y encontrar soluciones que disminuyan o eliminen el peligro y sus consecuencias. Hay varias muestras de tal acción positiva de la Química para el entorno y de una de ellas es la contaminación atmosférica por emisiones de los vehículos equipados con motores de combustión interna. Ellos son una causa principal en la contaminación de la atmósfera, especialmente en zonas urbanas. La masividad del uso de estos medios de transporte en el presente siglo, con un estimado de 500 millones a nivel global y el previsible aumento en el futuro próximo, obliga a tener una solución a mano.

Los gases de salida del motor contienen cantidades considerables ( $> 100$  ppm) de monóxido de carbono (CO) que es un gas venoso (dosis letal 500 ppm/h), hidrocarburos volátiles (HCV) que no se quemaron (contienen carcinógenos como benceno y 1-3 butadieno) y monóxido y dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) que producen desordenes respiratorios y contribuyen a las lluvias ácidas.<sup>1</sup> En Europa en 1997 los vehículos automotores contribuían con el 40%  $\text{NO}_x$ , el 56% del CO y el 31% del HCV del total de las emisiones de contaminantes a la atmósfera.<sup>2</sup>

## Convertidores catalíticos. Una solución

Los convertidores catalíticos de gases de escape de vehículos de combustión interna se introdujeron en el mercado por primera vez en los Estados Unidos en 1976,<sup>3</sup> pero la difusión de dicha tecnología fue lenta y no fue hasta 1986 que llegó a Europa. La principal causa es que el catalizador en los convertidores son los metales preciosos platino (Pt), paladio (Pd) y rodio (Rh) de un altísimo precio en el mercado mundial.<sup>4</sup> Además, los convertidores solo se instalan en vehículos nuevos en la fábrica porque su adaptación en los viejos es de gran complejidad técnica y no resulta económica. Incluso, el recambio con piezas de la marca puede costar entre 900 y 2700 USD.<sup>8</sup>

En los últimos 20 años y con el desarrollo de la nanotecnología, los convertidores catalíticos de triple efecto, que muestran un alto nivel de éxito científico-técnico, logran reducir en un 99% los contaminantes CO, HCV y NO<sub>x</sub> presentes en las emisiones.<sup>6</sup> En ellos el CO se oxida a CO<sub>2</sub>, los HCV se queman completamente con formación de CO<sub>2</sub> y agua y los óxidos NO<sub>x</sub> se reducen a dinitrógeno (N<sub>2</sub>).

## Convertidor de triple efecto

El convertidor de triple efecto consiste en una carcasa de acero inoxidable, parecida a un silenciador pequeño, dentro de la cual hay uno o varios bloques de un material soporte (por ejemplo,  $\gamma$ -alúmina, una variedad del óxido de aluminio) altamente poroso cuya estructura en canales es semejante a un haz de tubos a través de los cuales pasa el gas procedente del motor. En los convertidores actuales el diámetro de los canales es menor de 1 mm y la densidad es de 60-180 canales por cm<sup>2</sup> con grueso de pared de 0,05 mm. En las paredes interiores de los canales se encuentran nanopartículas de los metales nobles de diámetro entre 1 y 2 nm. La superficie activa de metal dentro del soporte constituye el 70% de la superficie geométrica

total. Todo ello hace que se logre un efecto catalítico muy eficiente. La proporción de Pt/Pd/Rh es variable en dependencia del fabricante, tipo de vehículo y combustible empleado.

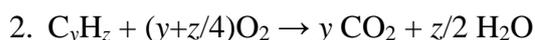
## La química en el convertidor

El convertidor se sitúa cerca del motor, porque el proceso catalítico alcanza su máxima eficiencia a una temperatura de 300-500 °C. La concentración de oxígeno dentro del convertidor es crucial porque este es necesario para la oxidación del CO y los HCV. Sin embargo, un exceso demasiado grande inhibe la reducción de los NO<sub>x</sub>. Es por eso que se requiere de un control estricto de este parámetro empleando un servo-sistema de sensor e inyector que registra la cantidad de oxígeno y suministran exactamente lo necesario.

Las reacciones para la purificación son un complejo sistema con varios ciclos catalíticos que se entrecruzan unos con otros.<sup>1</sup> Las formulaciones globales pueden escribirse:



*Reacción de oxidación del CO*



*Reacción de oxidación de los HCV*



*Reacción de reducción del NO<sub>x</sub>*

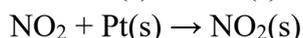
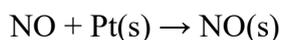
Las reacciones (1) y (2) son combustiones espontáneas y exotérmicas que se aceleran en presencia del catalizador. La reacción (3) es desfavorecida termodinámicamente y ocurre solamente a través de la vía catalítica.

El mecanismo de la catálisis involucra los pasos o etapas típicas de la catálisis heterogénea sobre superficies metálicas: adsorción con activación, migración y reacciones sobre la superficie y desorción de los productos. En multitud de artículos se encuentra resultados del modelado computacional y de estudios experimentales

que describen las reacciones de la siguiente manera.

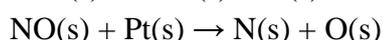
### Reducción de los óxidos de nitrógeno

Los NO<sub>x</sub> del flujo gaseoso se adsorben con disociación sobre la superficie del metal:



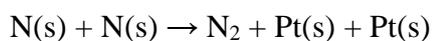
El subíndice (s) en los gases significa la especie adsorbida sobre la superficie. Pt(s) significa un sitio activo sobre la superficie del metal. Las formulaciones se simplifican asumiendo que el Pt modela la catálisis, pero no olvidar la presencia de Pd y Rh.

Las especies adsorbidas se disocian:



La conjunción de la Teoría de Bandas para el metal y la Teoría de Orbitales Frontera explica como la formación del enlace que une la molécula a la superficie metálica se hace a expensas de debilitar el enlace dentro de la molécula y por tanto facilita su disociación.<sup>7</sup>

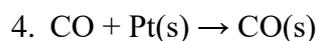
Cuando se desorbe el dinitrógeno:



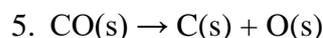
Los átomos de nitrógeno migran por la superficie hasta encontrarse y formar N<sub>2</sub> que se expulsa en forma gaseosa liberando el centro activo ocupado en la superficie de Pt y con ello se regenera el catalizador para continuar el proceso. El O(s), átomos de oxígeno provenientes de las disociaciones de los óxidos de nitrógeno, se incorpora al mecanismo de oxidación del CO y los HCV.

### Oxidación de CO

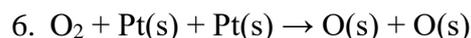
Las siguientes reacciones están involucradas en el proceso:



*Adsorción del CO*



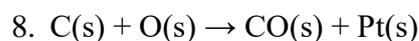
*Disociación*



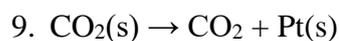
*Adsorción del O<sub>2</sub> con disociación*



*Oxidación del CO*



*Oxidación del C*



*Desorción del CO<sub>2</sub>*

La reacción (6) ocurre a partir del oxígeno remanente en los gases de salida y del inyectado a través del servo-mecanismo y asegura la presencia de O(s) según requerimientos. Las reacciones (7) y (8) garantizan que todo el CO adsorbido sea oxidado.

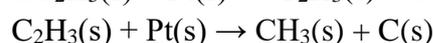
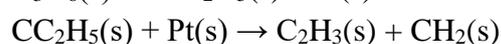
### Oxidación de los HCV

En este caso las reacciones son más complejas y no del todo conocidas en detalle. Una vez que el hidrocarburo, por ejemplo, el propeno C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>, se adsorbe:

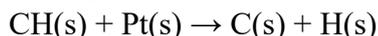


*Adsorción*

ocurre una descomposición progresiva con ruptura de enlaces C-H y C-C y formación de radicales libres de cadenas más cortas:

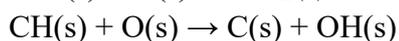
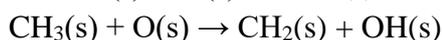
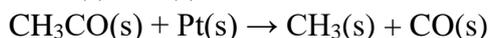
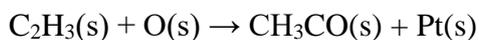


hasta que finalmente:

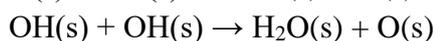
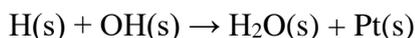
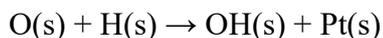


Los radicales insaturados intermedios se oxidan con formación de grupos carbonilo (–CO). Luego se disocian dando CO(s) y a continuación este compuesto conjuntamente con el C(s) se oxidan por la vía antes explicada. La oxidación de los HCV saturados ocurre a través de la formación de grupos oxihidrilo (–OH) que por disociación dan lugar a radicales OH(s) los cuales finalmente son transformados en agua.

Las reacciones que siguen son modelos de algunas de las que ocurren en la etapa de oxidación:



El agua se forma por tres reacciones que involucran las especies químicas presentes y luego se desorbe:



Hay que tener en cuenta que aunque se ha separado el proceso catalítico para facilitar su descripción y explicación, dentro del convertidor todas las especies químicas y las reacciones que las involucran existen simultáneamente.

## Conclusiones

El desarrollo científico y la innovación tecnológica han logrado diseñar un sistema que elimina casi totalmente la emisión de gases tóxicos a la atmósfera por los vehículos equipados con motores de combustión interna. Actualmente más del 50% de los vehículos que circulan a nivel mundial y el 85% de los

nuevos carros producidos están equipados con convertidores catalíticos. Al mismo tiempo, se están tomando regulaciones de gobierno más estrictas al respecto que obligan a fabricantes y usuarios de dichos vehículos a garantizar la disminución de la toxicidad de sus emisiones.

Muchas de las investigaciones en curso se dirigen a encontrar una vía catalítica que no implique el uso de metales preciosos y a reducir la temperatura a la que funciona el sistema catalítico. La ciencia no se detiene y en el futuro se tendrán con toda seguridad mejores soluciones a este problema.

## Referencias

- 1.- Hideki Abe, Current Status and Future of the Car Exhaust Catalyst, *Quarterly Review*, No. 39, 2011
- 2.- The European Commission. <http://europa.eu.int/comm/transport>, 02.05.2001
- 3.- B. I. Bertelsen, *Platinum Metals*, 2001 ,45, (2), 50
- 4.- Precios USD/ozt, Pt 970,35 ; Pd 1199.24 ; Rh 1700,52 , Investmentmine, Platinum Price and Charts. , jan.2018
- 5.- Dirk Bosteels and Robert A. Searles, *Platinum Metal Review*, 2002.46, (1)
- 6.- Continual improvement of the automotive catalytic converter. BASF catalysts, International Platinum Group Metals Association, 2011
- 7.- Solids and surfaces. A chemist's view of bonding in extended structures. R. Hoffmam, VCH Publishers Inc.1988.
- 8.- Repair Pal Estimates, Honda Accord 913 USD y Ford Eplorer 2700 USD, USA, 2017

# Nanotecnología en procesos de remoción de petróleo en vertimientos marinos

Investigación  
Química

Yeisy Clara López Conde

Departamento de Química General e Inorgánica  
Facultad de Química  
Universidad de La Habana  
[yclopez@fq.uh.cu](mailto:yclopez@fq.uh.cu)



La contaminación causada por las industrias alimenticia, petroquímica, y textil, así como los accidentes que se producen durante la producción o transportación de petróleo, se han convertido en uno de los problemas medioambientales de mayor impacto en la actualidad. De acuerdo a la *International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF)*, en el período entre 2010 y 2016 se produjeron un total de 47 vertimientos de crudo en accidentes asociados solamente a buques petroleros, lo cual equivale a 39 000 toneladas del mismo derramadas al mar.<sup>1</sup> El vertimiento de crudo en ecosistemas marinos ocasiona graves afectaciones a las especies que lo habitan, e incluso puede generar pérdida de la biodiversidad en esa área. Por otra parte, los derrames petroleros poseen un elevado impacto económico fundamentalmente en los sectores pesquero y turístico.

El petróleo crudo es reconocido por varios autores como uno de los contaminantes más difíciles de remover debido a su composición química, la cual incluye alrededor de 300 compuestos diferentes. Los hidrocarburos (ej. parafinas) representan entre el 50 y el 98% de su composición; los compuestos aromáticos (ej. benceno, tolueno) constituyen entre el 20 y el 40 % mientras que un 10 % le corresponde a compuestos sulfurados. La compleja

composición del petróleo genera grandes variaciones en los índices de biodegradabilidad y de toxicidad del crudo desde el punto de vista medioambiental.<sup>2</sup>

Lo anterior implica la necesidad del diseño e implementación de estrategias efectivas para el tratamiento de los vertimientos de crudo en aguas de mar. Durante un derrame petrolero se produce la formación de mezclas de agua y crudo, cuya extracción del medio resulta en extremo compleja. En la Figura 1 se muestran las diferentes metodologías para implementar procesos de remoción de petróleo en caso de derrame en ecosistemas acuáticos.



**Figura 1.** Tipos de tratamiento para la separación de mezclas agua/petróleo.

Entre los métodos más empleados se pueden destacar las técnicas de separación por recolección mecánica, tratamiento químico, adsorción física y biorremediación.

Particularmente, los métodos de separación de petróleo basados en la adsorción han adquirido gran interés en la última década debido a sus ventajas con respecto a otros métodos, como, por ejemplo: bajo costo, fácil implementación, capacidad de adsorción relativamente elevada y, en ocasiones, la posible regeneración del material, así como reutilización del petróleo. En los últimos años, el desarrollo de alternativas para el tratamiento de mezclas constituidas por agua de mar y petróleo, ha recibido un notable impulso con los avances alcanzados en el campo de la nanotecnología. Debido a las propiedades magnéticas que presentan y la relativamente baja toxicidad para el medio ambiente, las nanopartículas de óxidos de hierro (IONP) se han convertido en un recurso atractivo para el desarrollo de metodologías para separación magnética.

De manera general, los métodos para remoción magnética de petróleo por adsorción se basan en la adición de un material que presente dicha propiedad, (ej. IONP) capaz de atraer una parte de la mezcla agua/petróleo (generalmente la porción hidrofóbica), para luego ser removidas por separación magnética (ej. con ayuda de imanes). Con este objetivo, el diseño de fluidos magnetoreológicos y ferrofluidos, de nanopartículas magnéticas modificadas y de diferentes tipos de compósitos dopados con ellas, han jugado un rol protagónico.

Los fluidos magnetoreológicos (fluido MR) están constituidos por partículas magnéticas (con diámetros entre 10-100  $\mu\text{m}$ ) modificadas con compuestos orgánicos (ej. alcoholes de alta masa molecular) que presentan en su estructura una cadena oleofílica. De esta forma, al ser aplicado sobre el derrame de hidrocarburos (con acentuadas propiedades oleofílicas) en agua, las partículas del fluido MR quedan dispuestas sobre la fase orgánica debido a la elevada semejanza estructural. Este tipo de fluido presenta una alta viscosidad y

adecuada respuesta magnética con una capacidad de remoción de un 90 %.

Otro de los sistemas diseñados con el fin de remover petróleo de zonas contaminadas son los ferrofluidos. Estos están conformados, en su mayoría, por una dispersión coloidal de nanopartículas magnéticas (con tamaños entre 10 y 30 nm) en una mezcla de hidrocarburos denominados base o portadores que pueden incluir desde hidrocarburos alifáticos entre 9 y 21 átomos de carbono hasta derivados del naftaleno. Esta dispersión es estabilizada empleando un surfactante, no miscible con el agua, pero sí en los hidrocarburos empleados o mezclas de ellos, cuya adsorción sobre las nanopartículas sea preferencialmente irreversible. Los ferrofluidos han sido utilizados directamente en la remoción de petróleo en cuerpos de agua y además, para efectuar la separación de las emulsiones formadas por agua y petróleo, reportándose una eficiencia de remoción de alrededor de un 80-96%.

Por otra parte, los xerogeles hidrofóbicos magnéticos son otro de los métodos que emplean materiales magnéticos para la remoción de petróleo de aguas de mar. Un ejemplo de ello es la obtención de xerogeles hidrofóbicos magnéticos mezclando un derivado clorado del trimetilsilano y tetrametilortosilicato con posterior secado al vacío a una temperatura entre 85-95  $^{\circ}\text{C}$  para obtener la matriz de gel. El sólido así obtenido se mezcla con polvo de hierro o de óxidos de hierro y cobalto. Los xerogeles obtenidos presentan una alta eficiencia (95-100%) de separación de mezclas petróleo/agua. Sin embargo, el tiempo de interacción entre el xerogel y el petróleo para que se produzca la solidificación de la mezcla xerogel-petróleo oscila entre las 24 y 30 horas, lo cual limita su aplicación.

Las  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP han sido empleadas para remover emulsiones formadas previamente a partir de la interacción entre un surfactante no

iónico y petróleo, mediante la aplicación de un campo magnético adecuado. En el caso de que las  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP no presenten recubrimiento superficial son dispersadas en una disolución de surfactante (ej. fenil polioxietileno éter) y posteriormente, puestas en contacto con las aguas contaminadas formándose una emulsión de petróleo, agua y nanopartículas. Para garantizar la adsorción del petróleo a las nanopartículas ambos componentes se mezclan bajo condiciones turbulentas. La remoción de la emulsión formada puede efectuarse utilizando para ello métodos convencionales como centrifugación, sedimentación, filtración o mediante el uso de imanes según se mencionó anteriormente. En este caso no se han encontrado reportes de eficiencia de remoción.

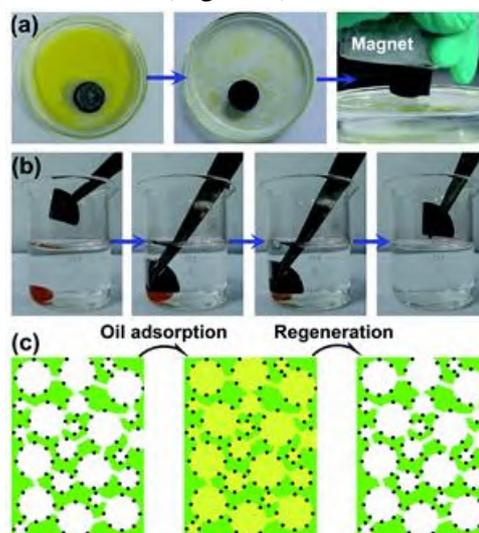
Adicionalmente, se ha reportado el empleo de nanopartículas de magnetita recubiertas con el surfactante ácido oleico o su sal sódica para remover emulsiones agua-petróleo o petróleo-agua. De esta manera, se combinan las propiedades adsorbentes de las NP y las tenso activas propias de un surfactante. Igualmente, no se reportan las eficiencias de remoción.

Otra de las alternativas reportadas en la literatura es la preparación de compósitos constituidos por material magnético (que puede ser  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP) y determinados polímeros (ej. poliestireno (PS)).<sup>3</sup> Esta metodología permite la obtención de un material con una elevada capacidad de remoción de petróleo. Se ha reportado la obtención de nanofibras magnéticas a partir de la incorporación de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP a nanofibras de poliestireno. Dicho material presenta una capacidad de adsorción entre 36-43 g de petróleo por gramo de compósito.

Por otra parte, también se reporta el empleo de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP modificadas con quitosana (CS), polímero de alta masa molecular, para obtener un agente demulsificador ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ @CS) empleado en el tratamiento de aguas de desecho que contienen petróleo. La

metodología para la separación de petróleo consiste en añadir las  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP-CS en las aguas contaminadas con agitación vigorosa. Se reporta para este tipo de sistema hasta un 95 % de remoción del petróleo.

Las espumas de poliuretano (PU) modificadas con materiales magnéticos constituyen otra de las alternativas reportadas en la literatura (Figura 2).



**Figura 2.** Espuma de PU dopada con IONP para remoción magnética.<sup>3</sup>

Una de las metodologías más empleadas para la funcionalización de dichas espumas con  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP consiste en dejar interactuar una suspensión de las mismas con las espumas. Finalmente, el compósito obtenido se sumerge en una disolución de polímero fluorado (FP) para el acabado final. Este tipo de material posee una capacidad de adsorción promedio de petróleo de alrededor de 14 g por gramo de compósito.

Las espumas de PU además de ser funcionalizadas con  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP, pueden ser modificadas con grafeno, en aras de potenciar la capacidad de remoción. El método se basa en el ensamblaje de láminas de grafeno sobre la espuma de PU empleando  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , cuya función es favorecer la adhesión del grafeno. Luego se ajusta el sistema a pH 11 para efectuar la coprecipitación y así obtener las  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  NP. Este material presenta una remoción de alrededor de un 70-90 %.

Como se ha mencionado, en la literatura se reportan una amplia variedad de metodologías para el tratamiento magnético de mezclas de agua de mar/petróleo. Las variantes mencionadas se diferencian en cuanto a gasto de recursos, tiempo de trabajo, toxicidad para el medio ambiente, así como capacidad de remoción. Por lo que, para seleccionar el material idóneo a utilizar en caso de vertimientos de petróleo, resulta necesario considerar los parámetros expuestos anteriormente. En ese sentido, se debe seleccionar aquel material que pueda ser obtenido con bajo costo sintético y de tiempo. Además, no puede convertirse en una nueva fuente de contaminación para el medio donde es empleado, y que unido a lo anterior, presente una capacidad de remoción relativamente elevada.

## Referencias

- 1.-Oil Tanker Spill Statistics; The International Tanker Owners Pollution Limited (ITOPF) 2016.
- 2.- Köka, M. V.; Varfolomeevb, M. A.; Nurgaliev, D. K., Crude oil characterization using TGA-DTA, TGA-FTIR and TGA-MS techniques. *Journal of Petroleum Science and Engineering* **2017**, *154*, 537–542.
- 3.- Zhang N., Zhong S., Chen T., Zhou Y., Jiang W., Emulsion-derived hierarchically porous polystyrene solid foam for oil removal from aqueous environment. *RSC Advances* **2017**, *7*, 22946–22953.

# Los Biosensores como poderosas herramientas analíticas

Investigación  
Química

**Yasser Matos Peralta**

**Departamento de Química General e Inorgánica  
Facultad de Química  
Universidad de La Habana  
[yasser.matos@fq.uh.cu](mailto:yasser.matos@fq.uh.cu)**



Desde que comencé como estudiante a adentrarme en el maravilloso mundo de la Electroquímica, no imaginaba cuán interesante, laborioso y apasionante sería desentrañar este camino; en especial, los Biosensores. El desarrollo de biosensores ha ganado gran importancia en los últimos años por sus ventajosas propiedades como herramientas analíticas, debido a su simplicidad, portabilidad, alta sensibilidad y selectividad, potencial habilidad para el análisis en tiempo real, bajo costo de instrumentación y rapidez en el análisis.<sup>1</sup> Este amplio campo de la ciencia aborda desde los términos más elementales de la Química General hasta elementos de la Bioquímica, la Física y la Química de Materiales. Tratar de explicar y abordar todo su contenido en esta revista sería engorroso y poco atractivo a las “nuevas mentes ávidas del mañana”. Por ello, me centraré en el estudio de sus fundamentos, así como sus aplicaciones.

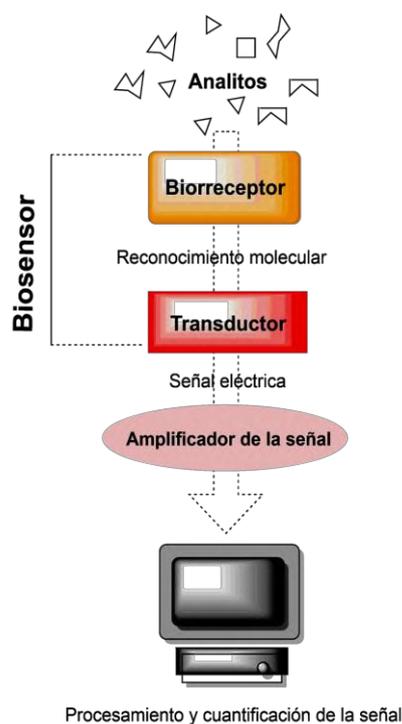
Pero, ¿qué es un biosensor? ¿Cuál es su principio de funcionamiento? ¿Es realmente útil? ¿El dispositivo medidor de glucosa usado por los diabéticos es un biosensor? ¿Constituyen los termómetros digitales dispositivos biosensores? A estas y otras interrogantes se le darán respuestas a continuación.

## Fundamentos

El término “biosensor” comenzó a aparecer en la literatura científica a finales de 1970,<sup>2</sup> sin embargo, el concepto básico e incluso la comercialización de biosensores comenzó años antes.<sup>3</sup> Uno de los primeros biosensores fue descrito por Clark y Lyons en 1962 cuando inmovilizaron la enzima glucosa oxidasa (GOx) sobre la superficie de un electrodo de oxígeno para construir un dispositivo amperométrico.<sup>4</sup> Sin embargo, en estas primeras publicaciones Clark y Lyons acuñaron el término “electrodo enzimático” a su nuevo invento.<sup>5</sup>

Thévenot definió “sensor químico” como un dispositivo que transforma la información química, desde la concentración de componentes específicos hasta las propiedades generales de la muestra, en una señal analíticamente útil.<sup>6</sup> Los sensores químicos usualmente contienen dos componentes básicos conectados en serie: un sistema molecular de reconocimiento (receptor) y un transductor físico-químico (Figura 1). Cuando el receptor es un elemento biológico, este dispositivo es llamado biosensor, y combina componentes de biorreconocimiento con transductores físicos para detectar compuestos de interés. Sin embargo, los términos sensor y biosensor son frecuentemente usados con significado intercambiable o, en lugar de eso,

el término “biosensor” es usado para referirse a ambos, sensores y biosensores.<sup>7</sup>



**Figura 1.** Representación esquemática de los elementos que conforman un biosensor.

Resulta importante en este punto explicar, en ansias de evitar confusiones, la existencia de los llamados “sensores físicos” que, a diferencia de los anteriores, son usados para detectar magnitudes físicas como la fuerza, la presión, la temperatura, la velocidad, entre otros. Un ejemplo muy conocido por todos y de gran utilidad en los “hospitales improvisados del hogar” son los termómetros digitales. Estos dispositivos, a grandes rasgos, emplean un termistor como dispositivo transductor capaz de variar su resistencia ante las pequeñas variaciones de temperatura, traducidas hacia un sistema convertidor análogo-digital que permite visualizar en un display el valor correspondiente de la temperatura corporal.

Otro término muy empleado en la literatura corresponde a los “sensores moleculares”, a los cuales dedicaremos atención en próximas ediciones. Solo para proporcionar una visión general, debemos decir que los sensores moleculares consisten en moléculas capaces de

interactuar con un analito, lo que permite producir un cambio detectable. Generalmente estas moléculas están formadas por dos o más unidades moleculares conectadas entre sí por interacciones no covalentes. Una de ellas se enlaza al analito de forma selectiva, mientras que en la segunda unidad se produce un cambio fisicoquímico como respuesta al enlace con el analito. Sin embargo, si inmovilizamos estas moléculas sobre un soporte transductor que permita traducir el proceso de reconocimiento molecular en una señal procesable, estaríamos en presencia de un biosensor, donde el elemento de biorreconocimiento es la propia molécula. En la actualidad se han reportado muchos de estos sensores, así como moléculas con nuevas y variadas estructuras con potencialidades miméticas. Para mayor conocimiento del tema cito a continuación dos artículos de interés científico.<sup>8,9</sup>

Según la IPUAC, un biosensor se define como un dispositivo integrado, que es capaz de suministrar información cuantitativa o semi-cuantitativa y analítica mediante el uso un elemento biológico de reconocimiento (biorreceptor) que es retenido en contacto directo y espacial con un elemento de transducción.<sup>10</sup> En los biosensores ocurren dos procesos fundamentales: reconocimiento y transducción. Primero, el analito interactúa con el biorreceptor, lo que evidencia afinidad por dicha especie. Seguidamente, esa interacción es traducida en una señal física medible.<sup>11</sup>

El elemento de reconocimiento suele estar compuesto por unidades moleculares bien definidas llamadas receptores de reconocimiento molecular. Los biorreceptores son elementos biológicos sensibles a moléculas específicas, como son enzimas, ácidos nucleicos o anticuerpos.<sup>12</sup> Sin embargo, los avances recientes en el área de la impresión molecular posibilitan el uso de sistemas biomiméticos artificiales de reconocimiento. Entre ellos se encuentran los polímeros de impresión molecular (PIMs) y los aptámeros,

moléculas biomiméticas semejantes a los anticuerpos, constituidas por una secuencia de oligonucleótidos de cadena sencilla sintetizada artificialmente y capaz de reconocer diversas moléculas con una afinidad y especificidad elevadas. Según la naturaleza del biorreceptor se clasifican los biosensores en *biosensores catalíticos* y *biosensores de afinidad*.<sup>13</sup>

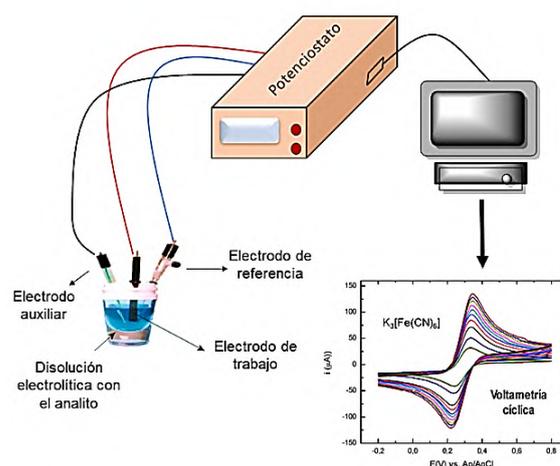
Producto a la interacción del analito con el elemento biorreceptor, ciertas propiedades físicas o químicas del mismo varían en función de la concentración del analito. Este proceso es llamado transducción de la señal o simplemente transducción. La palabra transducción proviene del latín “transducere”, y significa “para trasladarse” o “traducir”. Un dispositivo que traduce información de un tipo de sistema (por ejemplo, químico) a otro (por ejemplo, físico) es denominado un transductor.<sup>14</sup> La intensidad de la señal generada está relacionada con la concentración del analito. Existen varios tipos de transductores, como son los electroquímicos, ópticos, piezoeléctricos y termométricos.

Teóricamente estos componentes admiten diversas combinaciones. En la práctica, la elección del material biológico/biomimético depende de las características del compuesto a analizar.

Las enzimas constituyen el elemento biológico más usado en la construcción de biosensores, mientras la transducción electroquímica es un método popular, utilizado a través de técnicas potenciométricas, conductimétricas o amperométricas. La unión de un biorreceptor como las enzimas y un transductor de tipo electroquímico, forma uno de los biosensores de mayor uso y popularidad: los *biosensores electroquímicos enzimáticos*. El resultado es un dispositivo que aprovecha la eficiencia y la selectividad de la reacción enzimática, además de la buena sensibilidad, facilidad de fabricación y rapidez de respuesta del transductor electroquímico.

Dentro de estos biosensores, los amperométricos, son los que cuentan con un mayor número de aplicaciones.

Los *biosensores amperométricos enzimáticos* están conformado por un sistema de tres electrodos, con al menos uno de los electrodos funcionalizados con el elemento de biorreconocimiento.<sup>15</sup> El sistema electroquímico requiere un electrodo de referencia, un electrodo auxiliar y un electrodo de trabajo. El electrodo de referencia presenta un potencial estable y conocido. El electrodo de trabajo sirve como elemento de biorreconocimiento y transducción de la reacción bioquímica, mientras que el electrodo auxiliar permite cerrar el circuito eléctrico (Figura 2). Estos electrodos deben ser ambos conductores y químicamente estables.



**Figura 2.** Representación esquemática del equipo de detección amperométrica. La técnica de estudio se basa en la voltametría cíclica.

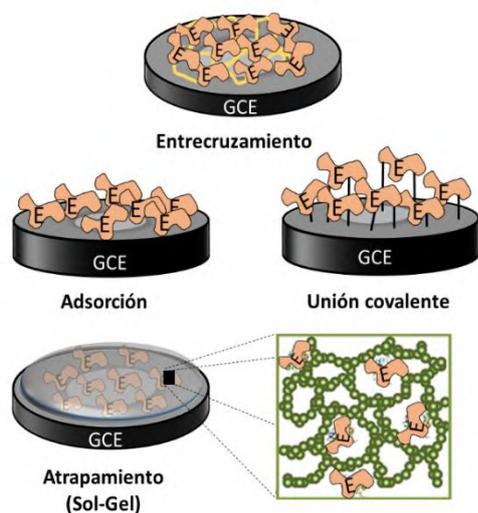
Las técnicas más comunes para el estudio de estos biosensores incluyen voltamperometría cíclica (CV), voltametría diferencial de pulso (DPV), voltametría de onda cuadrada (SWV), voltametría de barrido lineal (LSV), amperometría, potenciometría, y espectroscopía de impedancia electroquímica (EIS).<sup>16</sup>

El diseño y desarrollo de biosensores tiene tres aspectos a considerar: un elemento óptimo de biorreconocimiento, un transductor sensible y un adecuado método de inmovilización para el elemento biorreceptor sobre un material

apropiado que retenga su actividad y prolongue su vida útil.<sup>17</sup> Este último factor, a mi consideración, constituye la clave para la construcción de un biosensor con buen funcionamiento.

### Métodos de inmovilización

El objetivo fundamental de la inmovilización es permitir un íntimo contacto entre la enzima y el transductor manteniendo inalterable en lo posible la estabilidad de dicho sistema de reconocimiento biológico. Los métodos de inmovilización comprenden métodos físicos, por adsorción o atrapamiento, y métodos químicos, ya sea mediante unión covalente o por entrecruzamiento (crosslinking) (Figura 3).



**Figura 3.** Representación esquemática de los diferentes métodos de inmovilización. **GCE:** electrodo de carbono vítreo, **E:** enzima.

En ocasiones, los protocolos de inmovilización de enzimas se basan en la combinación de varios métodos. Por ejemplo, una enzima puede ser pre-inmovilizada sobre un soporte por adsorción, entrecruzamiento o covalencia antes del atrapamiento en un polímero poroso.<sup>11</sup>

### Biosensores y nanomateriales

En la actualidad, el desarrollo y uso de nuevos materiales, en especial, los nanomateriales (nanopartículas, nanotubos de

carbono, grafenos, quantum dots, hexacianometalatos de metales de transición, etc.) han cobrado gran interés científico y tecnológico. En ese sentido, ha permitido mejorar las propiedades electrónicas de los biosensores. Por mencionar algunos, el grafeno y sus derivados como el óxido de grafeno (GO) y el óxido de grafeno reducido (rGO) han adquirido un papel importante en la investigación de sensores electroquímicos. La amplia ventana de potencial que ofrecen estos materiales (aproximadamente 2.5 V para grafeno en disolución reguladora de fosfato 0.1 mM) hacen posible la detección de numerosas moléculas incluyendo aquellas que presentan altos potenciales de oxidación o reducción como son los ácidos nucleicos.<sup>18</sup> A modo general, los materiales de carbono poseen una baja corriente residual, una superficie fácilmente renovable y un amplio rango de potencial de trabajo. Estos materiales, además presentan un gran sobrepotencial de reducción del O<sub>2</sub> y una elevada densidad de defectos en los bordes, que aportan una multitud de puntos activos para la transferencia electrónica hacia las biomoléculas, como las enzimas.<sup>18</sup>

Otros nanomateriales como las nanopartículas de oro, a partir de sus propiedades ópticas, ofrecen la posibilidad de traducir interacciones moleculares en señales colorimétricas que pueden ser detectadas por equipos de laboratorio e incluso por el ojo humano. Además, la fácil conjugación de las nanopartículas a moléculas de interés biológico como anticuerpos y enzimas, permite la construcción biosensores colorimétricos de una alta sensibilidad.<sup>19</sup> Materiales como el Azul de Prusia y sus análogos son utilizados en la construcción de biosensores debido a sus atractivas características electrocatalíticas frente al H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y el O<sub>2</sub>.<sup>20</sup>

Estos y otros materiales se implementan en la construcción de biosensores que posibilitan una gran variedad de arquitecturas destinadas a disímiles aplicaciones.

## Aplicaciones

Tratar de resumir en pocas palabras la trascendencia de los biosensores por sus marcadas aplicaciones en los campos de la medicina, la agricultura, la seguridad alimentaria, la seguridad nacional, el bioprocesamiento, y el monitoreo industrial y medioambiental sería complejo y tortuoso; sin embargo, la siguiente frase creo que satisface nuestros anhelos de síntesis: “*Los biosensores son una tecnología insustituible*”.

Los ejemplos son innumerables, pero si tenemos que dar un primer lugar, por su importancia y uso cotidiano, este le corresponde al glucómetro (Figura 4), empleado en la determinación de la glucosa en los pacientes diabéticos. Su funcionamiento básico se basa en la medición amperométrica del peróxido generado por la enzima glucosa oxidasa (GOx) inmovilizada covalentemente a la superficie de un electrodo. La glucosa presente en la sangre es el sustrato y analito de interés.



**Figura 4.** Glucómetro comercializado en las farmacias cubanas. Producidos en los laboratorios del Centro de Inmunoensayo.

La diabetes es una enfermedad padecida por unos 150 millones de personas en el mundo, relacionada con una concentración anormal de glucosa en sangre, bien ocasionada por una deficiente producción de insulina a nivel pancreático, denominada diabetes tipo 1, o como consecuencia de que el organismo no responde adecuadamente a la insulina producida por el páncreas, denominada diabetes tipo 2. En la actualidad,

se siguen construyendo estos maravillosos dispositivos, ahora con mejoras que se extrapolan hacia la coimmobilización de la GOx con invertasa o mutarrotasa para la determinación de diferentes polisacáridos a través de la detección de glucosa. Debido a la alta estabilidad de la GOx, se suele emplear como enzima modelo para el desarrollo de un gran número de sensores enzimáticos cuya metodología se emplea posteriormente para diseñar otros biosensores con diferentes enzimas. Por ello, desde 1962, año en el que se reportó el primer biosensor de glucosa, el seguimiento de las publicaciones de estos biosensores puede servir como indicador de la evolución de los biosensores amperométricos en general.<sup>21</sup>

Por otra parte, en el área medioambiental, cada vez más se destinan esfuerzos para la construcción y optimización de biosensores capaces de detectar y monitorear contaminantes, entre ellos, trazas de metales pesados (Hg, Pb, Cd, Sn), compuestos orgánicos persistentes, hormonas, pesticidas, hidrocarburos y medicamentos de procedencia farmacéutica o veterinaria, presentes en los distintos hídricos del planeta.<sup>22</sup>

Por último, y a modo de *highlights*, es importante resaltar que producto a las recientes epidemias del Dengue y el Zika en las regiones de América Latina y el Caribe, los biosensores tomaron un papel importante en el diagnóstico de dichas enfermedades. Los métodos empleados para la detección y diagnóstico de estas enfermedades, como la técnica RT-PCR, presentan un alto costo, prolongados tiempos para el diagnóstico, así como rigurosos requerimientos y condiciones para el trabajo que comprometen la rapidez para ofrecer un resultado, y, por tanto, el posible tratamiento al paciente. Además, ante el peligro que presenta el virus del Zika para las madres gestantes y sus neonatos, debido al alto riesgo de microcefalia y daño cerebral, se hace necesario un método de diagnóstico rápido. Biosensores

como el reportado en este artículo<sup>23</sup> contribuyen a solucionar este problema.

En la actualidad, se trabaja intensamente en biosensores para la detección del cáncer, el virus de inmunodeficiencia adquirida (VIH), Alzheimer, o enfermedades infecciosas como el Dengue, así como en el control antidopaje. Sin embargo, recuerden que esta rama aún es joven, y que estas no son las únicas aplicaciones. Existen muchas, y no es de sorprender que de aquí a unos años estos biosensores estén implementados en dispositivos móviles o que incluso estén soportados sobre nuestra piel, ojos y quizás órganos vitales, para constantemente dictarnos “que anda bien o mal” en nuestro cuerpo. Claro, todo esto ya existe, pero la realidad todavía no supera la ficción.

## Referencias

- 1.- Campàs, M.; Prieto-Simón, B.; Marty, J.-L. A review of the use of genetically engineered enzymes in electrochemical biosensors. *Semin. Cell Dev. Biol.*, **2009**, *20*, 3-9.
- 2.- Palchetti, I.; Mascini, M.: Biosensor Technology: A Brief History. In *Sensors and Microsystems*; Malcovati, P., Ed.; Springer Science+Business Media: Berlin, Germany, **2010**; pp 15-23.
- 3.- Palchetti, I.: Emerging Biosensor for Pesticide Detection. In *Biosensors for Security and Bioterrorism: Definitions, History, Types of Agents, New Trends and Applications*; Nikolelis, D. P., Nikoleli, G.-P., Eds.; Springer: Switzerland, **2016**; pp 431-442.
- 4.- Clark, L. C.; Lyons, C. Electrode systems for continuous monitoring in cardiovascular surgery. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **1962**, *102*, 29-44.
- 5.- Thakur, M. S.; Ragavan, K. V. Biosensors in Food Processing. *J. Food Sci. Technol.* **2013**, *50*, 625-641.
- 6.- Thévenot, D. R.; Toth, K.; Durst, R. A.; Wilson, G. S. Electrochemical Biosensors: Recommended Definitions and Classification. *Pure Appl. Chem.* **1999**, *71*, 2333-2348, 1999.
- 7.- Justino, C. I. L.; Rocha-Santos, T. A.; Duarte, A. C. Review of Analytical Figures of Merit of Sensors and Biosensors in Clinical Applications. *Trends Analyt. Chem.*, **2010**, *29*, 1172-1181.
- 8.- Lehn, J.-M. Supramolecular Chemistry - Scope and Perspectives Molecules, Supermolecules, and Molecular Devices. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.*, **1998**, *27*, 89-112
- 9.- Sun, X.; James, T. D. Glucose Sensing in Supramolecular Chemistry. *Chem. Rev.*, **2015**, *115*(15), 8001-8037.
- 10.- Bertók, T.; Katrlík, J.; Gemeiner, P.; Tkac, J. Electrochemical Lectin Based Biosensors as a Label-free Tool in Glycomics. *Microchim. Acta* **2012**, *180*, 1-13.
- 11.- Matos Peralta, Y. Obtención de un electrodo enzimático con la enzima Glutamato Deshidrogenasa inmovilizada para la determinación específica del ácido L-glutámico. Trabajo de Licenciatura, Universidad de La Habana, **2016**.
- 12.- Sassolas, A.; Blum, L. J.; Leca-Bouvier, B. D. Immobilization Strategies to Develop Enzymatic Biosensors. *Biotechnol. Adv.*, **2012**, *30*, 489-511.
- 13.- Velasco-Garcia, M. N.; Mottram, T. Biosensor Technology addressing Agricultural Problems. *Biosystems Engineering* **2003**, *84*, 1-12.
- 14.- Banica, F.-G.: Chemical Sensors and Biosensors: Fundamentals and Applications. First ed.; John Wiley & Sons, Ltd: West Sussex, United Kingdom, **2012**.
- 15.- Sekretaryova, A. N.; Eriksson, M.; Turner, A. P. F. Bioelectrocatalytic Systems for Health Applications. *Biotechnol. Adv.* **2015**, *34*, 177-197.
- 16.- Hasanzadeh, M.; Shadjou, N.; Eskandani, M.; Guardia, M. d. I.; Omidinia, E. Mesoporous Silica Materials for Use in Electrochemical Immunosensing. *Trends Anal. Chem.*, **2013**, *45*, 93-105.

- 17.- Florescu, M.; Brett, C. M. A. Development and evaluation of electrochemical glucose enzyme biosensors based on carbon film electrodes. *Talanta* **2005**, *65*, 306–312.
- 18.- Malhotra, B.D ; Pandey, C. M. Biosensors: Fundamentals and Applications. First ed.; Smithers Rapra Technology Ltd, UK, **2017**.
- 19.- López Conde, Y. Inmovilización supramolecular de estreptavidina sobre nanopartículas de oro con potencialidades para la de-tección de anticuerpos. Trabajo de Licenciatura, Universidad de La Habana, **2016**
- 20.- Ahour A. Electrocatalytic Reduction of Peroxy Disulfate on the Palladized Aluminum Electrode Modified by Prussian Blue: Application to the Analysis of Decolorizing Powders. *Electroanal.*, **2010**, *22*, 2413-2420.
- 21.- Chen, C.; Xie, Q.; Yang, D.; Xiao, H.; Fu, Y.; Tan, Y.; Yao, S. Recent Advances in Electrochemical Glucose Biosensors: A Review. *RSC Adv.* **2013**, *2*, 2172–2191.
- 22.- Justino, C.I.L.; Freitas, A. C.; Duarte, A. C.; Rocha-Santos, T. A. P. Sensors and biosensors for monitoring marine contaminants. *Trends Environ. Anal. Chem.* **2015**, *6*, 21-30.
- 23.- Afsahi S.; Lerner M. B.; Goldstein J. M.; Lee J.; Tang X.; Bagarozzi D. A.; Pan D.; Locascio L; Walker A., Barron F.; Goldsmith B.R. Graphene-Based Biosensor for Early Detection of Zika Virus Infection. *Biosens Bioelectron.* **2017**, *100*, 85-88.

# La Química Analítica y la Química Forense Una reseña sobre su relación con la Criminalística

Investigación  
Química

**Lázaro Adrián González Fernández**

Estudiante de cuarto año de Licenciatura en Química  
Facultad de Química, Universidad de La Habana

[lagonzalez@estudiantes.fq.uh.cu](mailto:lagonzalez@estudiantes.fq.uh.cu)



## Introducción

El proceso penal concebido como vía, instrumento o modo de realización del derecho penal material,<sup>1</sup> se encuentra formado por un conjunto ordenado de actos de iniciación, impulso, investigación, etc., que conforman un todo único y permite la realización de la justicia en un caso concreto, lo que presupone la ejecución de una investigación integral, que también se rige tanto por leyes generales del conocimiento como por mandamientos particulares de varias ciencias exactas y naturales.

Esas pautas de actuación durante la etapa investigativa del proceso penal, además de encontrarse limitadas en su realización por un conjunto de principios, normas, garantías y derechos, como presunción de la inocencia, derecho a la defensa, contradicción, publicidad, etc., que en su unidad conforman lo que se llama debido proceso penal,<sup>2</sup> no pueden desconocer las leyes particulares de la Criminalística como ciencia que integra un conjunto heterogéneo de conocimientos científicos, ya que solo con la utilización adecuada, y racional de sus medios técnicos y tácticos se puede desarrollar la investigación con éxito.

La Criminalística como disciplina de carácter científico desempeña un papel determinante en la etapa inicial del proceso penal, ya que no se concibe en la actualidad un proceso penal donde no se haga un uso importante, tanto de las distintas especialidades que conforman la técnica Criminalística, como de sus acciones tácticas bien dispuestas en los códigos y leyes procesales como acciones de instrumentación o investigativas, y mucho menos se desarrolle una pesquisa criminal o investigación penal, obviando criterios metodológicos también sistematizados por la ciencia Criminalística.<sup>3</sup>

Dentro de los métodos fundamentales que utiliza esta ciencia se destacan la observación, la medición, la descripción, la comparación, el experimento, y otros métodos particulares desarrollados por la misma para cumplir su función como son el trazológico, el de filmación, etc.

La Química Forense es la rama de la Química encargada de los análisis de las evidencias de los crímenes, y, permite, mediante pruebas, llegar a una conclusión basada en dichas pruebas realizadas sobre las evidencias que van desde cabellos, restos de pintura, fragmentos de vidrio, manchas de sangre, semen, fibras textiles, etc.

## Un acercamiento a las Ciencias Forenses y la Química Forense

Las Ciencias Forenses se definen como: “un conjunto de disciplinas cuyo objetivo común es el de la materialización de pruebas, a efectos judiciales, mediante una metodología científica”, convirtiéndose en forense cualquier Ciencia que sirva de apoyo a un procedimiento judicial. Estas ciencias tienen un carácter interdisciplinar, existiendo relaciones con otras como la Medicina, el Derecho, las Ciencias Sociales y, finalmente, con las ciencias básicas (Química, Física, Biología o Bioquímica). Las Ciencias Forenses son una materia tan apasionante como desconocida, ya que, generalmente, cuando se utiliza el término forense, enseguida nos viene a la cabeza la práctica de autopsias, o el estudio de un cadáver, pero, en realidad, abordan numerosas disciplinas.

Concretamente, el nexo de unión entre la Química y las Ciencias Forenses radica en la llamada Química Forense, siendo una rama de la Química, concretamente la Química Analítica, la encargada de establecer métodos de análisis de multitud de sustancias químicas que puedan estar relacionadas con un delito, siendo actualmente indispensable en un laboratorio forense para el análisis de restos de incendios, pinturas, huellas dactilares, dopaje deportivo, análisis genético y drogas de abuso.

La química forense es la rama de la química que estudia las interacciones entre compuestos de naturaleza orgánica e inorgánica existentes en la escena de un crimen como pigmentos, trozos de tela, vidrio, restos de objetos de arte, pólvora, sangre y tejidos, entre otros, y tiene como objetivo el contribuir desde el punto de vista científico al esclarecimiento de hechos delictivos.<sup>4</sup>

Bajo esta perspectiva, la química forense ha colaborado a través del estudio pormenorizado de muestras de diversa índole, proporcionando pruebas científicas y basadas en estudios empíricos para aportar información en casos

judiciales. Mediante la aplicación de técnicas cualitativas y cuantitativas, ha sido posible encontrar respuestas procedentes de las mismas evidencias de manera de resolver y concluir una investigación criminal. Para cumplir con su cometido y realizar los estudios químicos correspondientes, es necesario que se cumplan tres etapas principales.<sup>5</sup>

En la primera de ellas, las evidencias encontradas y correctamente identificadas son analizadas en el laboratorio. En la siguiente fase se interpretan los datos obtenidos a fin de realizar un informe descriptivo de los hallazgos (identificación por ADN, confirmación de rastros de sangre o presencia de drogas en la víctima, reconocimiento de pólvora procedente de un arma, por ejemplo).<sup>6</sup>

Por último, el reporte realizado por el químico forense es utilizado durante la investigación y juicio, y puede ser solicitado su testimonio para explicar los resultados y ampliar información relativa a los estudios analíticos que fueron implementados.

Para llevar a cabo estos procedimientos, el profesional se vale de complejas técnicas de laboratorio como la cromatografía, la observación microscópica de trazas de cabello, tela, uñas, restos de tejido, y el empleo de productos químicos como reactivos ante la presencia de determinadas sustancias. Asimismo, el químico forense puede analizar muestras biológicas para determinar la presencia de tóxicos en un organismo y de metabolitos recurrentes en ciertas drogas, incluso luego del proceso de descomposición del cadáver.<sup>7</sup>

## La Química Analítica y la Química Forense. Su relación

Las principales herramientas del Químico Forense son las técnicas analíticas y, dentro de ellas, las técnicas instrumentales que van a proporcionar la sensibilidad (bajas concentraciones) y la selectividad (análisis en matrices complejas) requeridas en este tipo de

análisis. El número de tóxicos que abarcan las determinaciones llevadas a cabo por un toxicólogo forense es enorme, tales como alcoholes, metales, drogas de abuso, medicamentos, etc. en multitud de muestras, siendo las principales la sangre, orina, saliva, pelo, etc.

Cuando se tratan temas relacionados con la ciencia forense y laboratorios criminalísticos, se suele pensar en casos cotidianos y reales como el de un hombre que asesina a otro, se recogen las pruebas y se juzga a dicho hombre, sin embargo, resolver dicho crimen no es tan sencillo, para ello previamente se deben recoger todas las pruebas útiles, y ser analizadas y en ese aspecto, entra en juego la Química, con el objetivo de conocer qué ocurrió y quién fue el responsable del crimen.

Para ello se usa un método importante en la Química, el método científico. En primer lugar, se observan y examinan atentamente y detalladamente los hechos, luego se formula una hipótesis, en la cual se plantea el porqué de lo sucedido, esta hipótesis no es más que una explicación provisional de los datos que previamente se han observado. Después, estas hipótesis se someten a experimentos para determinar su veracidad o falsedad, y se experimenta con ellas, de tal forma que dichas hipótesis puedan sufrir variaciones. Por último, se plantean conclusiones basadas en la experimentación.

Una de las primeras decisiones que un investigador debe considerar en la escena de un crimen es decidir qué pruebas son vitales para el caso y cuáles no, ya que no será posible analizarlo todo, puesto que investigar pruebas sin importancia, haría que se perdiese un gran número de horas de la investigación, además la policía para facilitar el trabajo del científico, debe proteger el lugar, así como las pruebas del crimen para facilitar el trabajo de los científicos, lo cual le permite volver a dicho lugar en caso de que no haya recogido una

prueba correctamente, crea que existe otra prueba de importancia, o necesite plantear una nueva hipótesis, incluso relacionar varias hipótesis para llegar a una conclusión más razonada.

En los laboratorios químicos se llevan a cabo numerosas pruebas que ayudan a resolver muchos crímenes o muchos delitos de nuestra sociedad actual, ejemplos de ellos son;

#### *a) Test de drogas*

Los investigadores tratan de encontrar drogas, en forma de polvos, líquidos o cápsulas, se trata de pruebas cualitativas de laboratorio, para ello se utilizan anticuerpos.

#### *b) Análisis de muestras de incendios*

El objetivo principal de los investigadores es conocer con certeza si el incendio fue provocado, o si, por el contrario, fue accidental, en muchos casos, resulta realmente complicado determinarlo.

#### *c) Análisis de pisadas*

El objetivo principal es recoger las huellas de la escena del crimen para luego, poder compararlas con los calzados de los presuntos sospechosos, mediante un proceso electrostático, se obtiene la muestra final sobre una matriz gelatinosa la cual contiene una capa de adhesivo que permite levantar las huellas de la gran mayoría de las superficies.

#### *d) Análisis de residuos de disparo y balas*

Cuando un arma de fuego es disparada, se generan gases que contienen componentes incinerados y no incinerados provenientes de los casquillos de la bala y del propulsor del arma. Este material se puede depositar en la ropa de la víctima o en las manos de la persona que disparó el arma, pasando a ser un residuo. Mediante el uso de un Microscopio de Barrido Electrónico acoplado con un Espectrómetro de Energía Dispersiva, se pueden examinar las muestras recolectadas de los posibles sospechosos. Este instrumento es capaz de buscar en cientos de lugares microscópicos la

presencia de pequeñas partículas del residuo. Además, los químicos forenses tratan de clasificar el arma y relacionarla con el tipo de bala que se ha hallado en un crimen.

*e) Análisis cualitativo en caso de envenenamiento*

Suelen ser complicadas de determinar, sobre todo en sustancias naturales venenosas, en este apartado, se pretende determinar la molécula individual que está presente en la muestra, se suele realizar por fotometría de llama, aun cuando existen ensayos químicos específicos para algunas sustancias.

*f) Búsqueda de huellas dactilares*

La técnica más utilizada para la búsqueda de huellas dactilares es la que utiliza polvo de carbón activado finamente tamizado.

*g) Detección de manchas de sangre*

Casi todos los ensayos para determinar la presencia de sangre están basados en la actividad de las enzimas peroxidasas presentes en la sangre, reaccionando con los agentes químicos causando un cambio de color, uno de los más utilizados es el Luminol.

*h) Análisis de orina, pelo, sangre, contenido gástrico*

Proporcionan información acerca de la presencia de tóxicos o metabolitos en el organismo, entre algunas muestras destacan la sangre, que distribuye las sustancias por todo el cuerpo, el pelo, ya que proveen una especie de “calendario de consumo” debido a que la sustancia tóxica no se metaboliza en el pelo, la orina o el contenido gástrico.

*i) Falsificación de documentos*

Usando un aparato de detección electrostático se pueden identificar las diferentes hendiduras de la escritura en el caso de firmas falsas o alteración de documentos. En este caso al aplicar una descarga electrostática sobre la superficie del papel, causará diferentes patrones en los lugares donde están las hendiduras provocadas por la escritura. Al aplicar una

carga opuesta, una tinta negra se adherirá en los lugares de las hendiduras.

Además de esas técnicas de tipo físico-químicas, la especialidad de Aplicaciones Químicas Operativas (AQO) brinda la posibilidad de trabajar con sentido preventivo, toda vez que los delincuentes conocen que los métodos de detección pocas veces son perceptibles a simple vista. Su utilización parte de trabajar con sustancias químicas y medios técnicos y con procedimientos de la ciencia Criminalística. Las sustancias químicas pueden ser pintantes, olorosas y luminiscentes; se colocan en lugares donde los delincuentes necesariamente tienen que ponerse en contacto con sus manos, ropas o su cuerpo en sentido general. Todas las AQO pueden servir como medidas profilácticas, siempre que su empleo sea el correcto, apoyado por un trabajo encaminado a este fin.

Los marcadores que se establecen por medio de estas sustancias con vistas a la identificación, los cuales cumplen con los cometidos de estas técnicas son los siguientes:

Marca de olor: permite establecer el rastro de la persona que se ha puesto en contacto con esta, usando canes amaestrados con el fin de seguir el rastro. Prueba la presencia del delincuente en el lugar determinado.

Marca de color o pintantes: es perceptible a simple vista. Requiere preparación previa y bien utilizada resulta persuasiva para el delincuente. Prueba la presencia del delincuente en el lugar determinado.

Marca de luz: Se utilizan compuestos químicos incoloros, que se colocan en determinados lugares donde previsiblemente el delincuente se supone que actuará. Para la detección de esta marca se necesita la utilización de técnicas especiales. Prueba la presencia del delincuente en el lugar determinado.

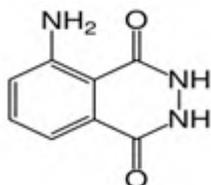
Marcas especiales: Se utilizan en alimentos, combustibles, licores y otras sustancias que se protegen en determinados momentos. Su

presencia se revela con otros reactivos o la coloración. Prueban qué alimento, combustible, licor o sustancia se encontraba en el lugar marcado.

## Métodos e instrumentos de la Química Analítica al servicio de la Criminalística

### Luminol:

Un método utilizado frecuentemente en química forense es el que emplea luminol (Figura 1), un derivado del ácido ftálico que reacciona con cationes metálicos permitiendo detectar trazas de sangre.



**Figura 1.** Estructura del luminol

El proceso consiste en mezclar este reactivo con una disolución diluida de peróxido de hidrógeno, la cual se esparce cuidadosamente en los sitios donde se piensa que existen restos de sangre.<sup>8</sup>

El hierro en forma de catión que se ubica en el grupo hemo de la hemoglobina reacciona con el luminol observándose una luminiscencia azul (Figura 2), propia de la reacción que se lleva a cabo. En este proceso, el producto final es el anión 3-aminofталato que se encuentra en estado excitado, y al volver a su estado fundamental (o base) libera energía en forma de luz, lo que se conoce como luminiscencia azul. Esta reacción química posee una cinética muy lenta, de hecho, es el hierro presente en el grupo hemo de la hemoglobina quien cataliza el proceso.<sup>9</sup>

Los posibles falsos positivos que pueden dar algunos compuestos al reaccionar con luminol son esclarecidos con la observación minuciosa del color e intensidad en el brillo que solamente se genera al reaccionar con sangre, además del

precipitado espumoso que se forma en muestras recientes.<sup>10</sup>



**Figura 2.** Luminiscencia provocada por el Luminol en contacto con sangre

### Espectroscopía:

Se trata de un análisis particularmente útil que permite al mismo tiempo la separación, identificación y cuantificación de uno o más componentes individuales de una sustancia o mezcla desconocida, mediante el uso de un espectrómetro de masas en conjunto con un cromatógrafo de gases. El instrumento utilizado en la identificación específica de compuestos es el espectrómetro infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR).

La espectroscopia también puede ayudar a identificar los materiales utilizados en algunos productos como es el caso de los polímeros y aditivos. Las muestras pueden obtenerse por disolución o cortando una rebanada fina empleando un micrótopo de la muestra. Las superficies pueden ser examinadas usando la espectroscopía de reflectancia total atenuada, y el método también se ha adaptado para el microscopio óptico con microespectroscopía de infrarrojos.

### Cromatografía:

En química forense se utiliza este método con la finalidad de identificar residuos (líquidos generalmente) de los que pueda obtenerse un registro luego de la colección de muestras en el lugar del siniestro. Es una técnica ampliamente usada para detectar solventes que hayan acelerado un proceso de combustión o incendio intencional.

En este tipo de análisis, es importante tener en cuenta que la química forense suele coleccionar

muestras que por lo general son mezclas. Así, luego de un incendio es probable que los restos encontrados sean una combinación de solventes combustibles: nafta o querosene, que a través de la cromatografía se pueden obtener en forma fraccionada.<sup>11</sup>

En el proceso es necesario aumentar la concentración de la muestra a analizar a través de la adsorción de los componentes en tiras de carbón activado. Posteriormente se disuelve el analito en un solvente que permita utilizar la muestra para el análisis cromatográfico.

También es posible analizar mediante esta técnica el tipo de tinta que se usó para redactar una nota hallada en la escena de un crimen. Para ello, la cromatografía es realizada en una fase fija hidratada (papel) y como fase móvil para la tinta se suele utilizar etanol. De esta manera pueden obtenerse los componentes del pigmento, conocer su origen y determinar los detalles de su fabricación con miras a esclarecer un caso de extorsión o fraude.

#### Microscopía:

Esta técnica se emplea fundamentalmente para el análisis de hebras de cabello, telas o fibras halladas como evidencia durante el estudio de un caso determinado dado que este tipo de muestras proveen de importante información para aclarar hechos delictivos. La observación microscópica de cabello permite visualizar elementos que no se aprecian macroscópicamente: presencia de metales, arena, grasa, alimentos, así como la observación detenida de sus constituyentes. En el caso de las fibras, el análisis microscópico posibilita la observación de restos de tejido o fluidos corporales en las mismas, o simplemente determinar a quién pertenecen (víctima o victimario).<sup>12</sup>

#### **Conclusiones**

En los casos criminales, la química analítica ha tomado gran importancia pues la función de esta en este campo, es el seguimiento de los

comportamientos de la materia que se ven involucrados en un crimen. Uno de los principios sobre los que se basan las ciencias químicas en la investigación forense, es que cuando dos cuerpos entran en contacto habrá un intercambio entre los dos, esto quiere decir “cada contacto deja un rastro”. El químico que se encamine en esta rama tiene que tener la capacidad de traer a la luz distintas pistas en sustancias involucradas en un crimen como fluidos corporales, materiales en el terreno, pólvora de las balas, etc.

Es importante destacar el papel fundamental que cumple la analítica instrumental dentro de las técnicas mencionadas anteriormente, ya que debido a los avances instrumentales hechos por científicos forenses es posible llegar a resultados certeros, tan necesarios a la hora de defender las metodologías y los resultados obtenidos ante la ley. Por esta razón es cada vez más importante contar con instrumentos más sensibles capaces de llegar a límites de detección más pequeños, mediante el uso de cantidades mínimas de muestra y técnicas analíticas acopladas, para poder determinar la presencia de sustancias donde en un pasado cercano se creía que no existían.

En nuestro país, la Ciencia Forense, en general, y la Química Forense en concreto, es una ciencia que se encuentra principalmente al servicio médico legal y a las instituciones policíacas que sirven de herramienta para resolver numerosos casos día a día que rodean nuestra sociedad.

#### **Referencias**

- 1.- Roxin, C.: *Derecho procesal penal*, p. 2. Buenos Aires: Del Puerto, **2000**. M. Salas: “¿Para qué sirve el proceso penal?”, *Derecho procesal penal costarricense*, San José: Asociación de Ciencias Penales de Costa Rica, **2007**, p. 249.
- 2.-González D. *Justicia constitucional y debido proceso penal*, ILANUD, Costa Rica, **1990**, p. 1.
- 3.-Fernández R. *Generalidades de la ciencia Criminalística*, pp. 2-3, en *Criminalística*, Colectivo de Autores, Ed. Félix Varela, **2015**.

- 4.-Gerber, S. "*Chemistry and crime*". Washington D.C.: American Chemical Society, **1983**.
- 5.-Valdebenito, G.; Báez, M. E. "Química forense: Química analítica aplicada a la criminología". Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas Universidad de Chile. Consultado el 29 de noviembre de 2017 en <http://www.estudiocriminal.eu/media>.
- 6.-Conicet. "Residuos que hablan claro". Consultado el 29 de noviembre de 2017 en <http://www.santafe-conicet.gov.ar/servicios/comunica/armaslalo.htm>.
- 7.-Repetto, M.; Repetto, G. Toxicología fundamental. *Desarrollo y evolución histórica de la toxicología*. Ediciones Díaz de Santos, **2009**, pp.10-11.
- 8.-Casteló, A, Álvarez, M.; Miquel, M.; Verdú, F.A. "Revelado de manchas latentes: efectividad del luminol y evaluación de su efecto sobre el estudio del DNA". *Cuadernos de Medicina Forense* (**28**), **2002**.
- 9.-Cedrón, J. C. "El luminol". *Revista de Química PUCP* **25** (1-2), **2011**.
- 10.-Garritz, A.; Chamizo, J. A. Tú y la Química. *Quimioluminiscencia*. **2001**, p. 350.
- 11.- "Cromatografía aplicada a la Química forense" Consultado el 29 de noviembre de 2017 en [http://www.conectate.gob.ar/sitios/conectate/busqueda/educar?rec\\_id=102772](http://www.conectate.gob.ar/sitios/conectate/busqueda/educar?rec_id=102772)
- 12.-Rojas E.; Muñoz, G.; Cruz, A. "*Importancia del microscopio en el análisis de pelos en la criminalística y criminología*". *Revista de la Escuela de Medicina Legal*, **2002**.

# Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 9: La estructura de los artículos científicos

Enseñanza de  
la Química

Manuel Álvarez Prieto

Departamento de Química Analítica, Facultad de Química  
Universidad de La Habana  
[malvarez@fq.uh.cu](mailto:malvarez@fq.uh.cu)



Con este artículo se continúa una serie de crónicas destinadas a exponer los lineamientos fundamentales que desde el punto de vista personal del autor, guían las investigaciones científicas. En el primer artículo de la serie se expusieron diez principios del trabajo científico.<sup>1</sup> En los artículos siguientes se discutieron varios de esos principios.<sup>2</sup> El sexto principio está relacionado con la divulgación de los resultados científicos y los diferentes escenarios y formas para ello. Ese principio quedó redactado como **“Es necesario e importante divulgar los resultados de la investigación científica”**.

En la breve exposición que se hizo a continuación,<sup>1</sup> además de indicar algunas de esas formas y escenarios para exponer los resultados de la investigación científica, se enfatizó en que la publicación de dichos resultados es una vía fundamental y muy apropiada para lograr su divulgación. Con la publicación de los resultados se logra un testimonio documental imperecedero, que pasa a formar parte de los fondos bibliográficos internacionales. Es una forma esencial de incorporar los nuevos conocimientos científicos a la sociedad. Dado que los investigadores jóvenes deben aprender a publicar sus resultados, en este artículo se tratan algunos aspectos que hay que conocer para escribir artículos científicos. Se pretende

discutir sobre los tipos de artículos científicos, la estructura general que poseen los artículos científicos típicos, así como mencionar los elementos y secciones que usualmente contienen.

## Tipos de artículos científicos

La diversidad de tipos de artículos científicos es amplia. Algunos artículos están dirigidos a describir resultados científicos particulares y originales importantes, que por sí mismos constituyen un progreso científico. Pueden contener nuevos datos o estar basados en el procesamiento de datos anteriores con un nuevo enfoque o método. Estos artículos se denominan usualmente como “artículos generales” (o en inglés, *general papers* o *full papers*), o simplemente artículos. Son los más comunes. Tal vez sea difícil asociarles un nombre más específico. La organización y extensión de estos artículos quedará determinada por la cantidad de nueva información que se presente y las restricciones de espacio establecidas por las normas editoriales.

Otros son artículos de revisión, cuyo objetivo general es realizar una evaluación crítica del desarrollo del conocimiento, tanto teórico como práctico, de un tema de interés para el círculo de lectores de la revista (en inglés, *reviews*). Están dirigidos a describir el

“estado del arte” sobre una temática particular. A menudo estos artículos se escriben por invitación, o en las normas editoriales de la revista se les pide a los autores contactar previamente con el editor para acordar su envío. Un tipo de artículo que puede considerarse relacionado con los artículos de revisión son los “artículos de revisión tutoriales” (en inglés, *tutorial reviews*). En ellos los autores pueden tratar un tema conocido, pero que por su interés y demanda por los lectores, se aborda de una forma amena y didáctica. Este tipo de artículo tiene un objetivo meramente instructivo, y no incluye aspectos novedosos u originales.

Algunos artículos se centran en un interés técnico-práctico que puede ser utilidad para los lectores (tal como una técnica de interés general o una mejora instrumental). Generalmente son cortos, y se limitan a proporcionar la información necesaria para que otros científicos puedan aplicar dicha técnica o mejora. A veces se nombran como “Notas” o “Breves Técnicos” (en inglés, *Notes* o *Technical Briefs*), aunque no hay consenso al respecto.

Otros artículos tienen una extensión limitada y se denominan comunicaciones cortas (en inglés, *short communications*). Es una solución que pueden darle los editores a un artículo, que sin tener la originalidad o la novedad de otros, pueden ser de interés para los lectores. También pueden ser reportes de resultados preliminares de importancia, que al ser relevantes pueden ser de interés para los lectores (a pesar de que no constituyan resultados definitivos).

Algunas revistas incluyen los denominados artículos “acelerados”. Son artículos que tratan un tema de suma importancia para la comunidad de científicos interesados, que aunque estén sujetos a la revisión por pares, se acelera apreciablemente el proceso de publicación. La decisión sobre clasificar un artículo como de este tipo queda a criterio del editor.

Algunos artículos son exclusivamente teóricos y otros están limitados a narrar un

hecho científico práctico que puede ser de interés para la comunidad de lectores de la revista, sin que sea necesario brindar una explicación del hecho propiamente.

También se presentan las denominadas “cartas al editor”, en donde se plantea algún tema de interés, comentarios u observaciones. También son llamadas “comunicaciones”, “cartas” o “correspondencia”. Estas cartas al editor a menudo son en sí mismas un artículo de comentarios sobre otro artículo anterior. En ese artículo de comentarios (en inglés, *comments*) se plantean discrepancias o se señalan lo que se considera errores de enfoque o de concepto. A su vez, este último artículo puede generar otro artículo por parte de los autores del original, como una réplica al artículo de comentarios. Todo el proceso de comentarios y réplica se mantiene bajo el control del editor. Cuando esto sucede, el editor procura que el artículo de comentarios y el de réplica se encuentren en el mismo número de la revista, el primero precediendo al segundo.

También se encuentran alguna vez los denominados “artículos de posición” (en inglés, *position papers*). Un grupo de autores redactan un artículo que establece una posición científica dada respecto a un tema controversial. Puede ser en nombre de una institución, o simplemente a título personal de los autores del artículo.

Casi siempre en los números de una revista aparecen los editoriales. Son artículos escritos por el editor (o editores) que pueden tener diferentes propósitos. Uno típico es destacar un problema científico existente, para estimular a los lectores a trabajar en él. A veces, tienen el objetivo de brindar un comentario de interés para el círculo de lectores, realizar aclaraciones de conceptos, establecer la posición editorial sobre un tema, etc. Los editoriales, por regla general, encabezan el grupo de artículos que contienen los números de las revistas.

También se presentan los artículos que contienen erratas sobre un artículo previamente

publicado. Normalmente son muy cortos y se limitan a aclarar el error por parte de los autores del artículo original. Ellos pueden señalar errores sobre el texto, una ecuación, una figura u otro elemento del artículo.

Por último, están los artículos dirigidos a exponer noticias de interés científico. Pueden tratar asuntos tan diversos como fechas de eventos, resultados de congresos, reuniones importantes, los acuerdos alcanzados en ellas, sobre organizaciones científicas internacionales, convocatorias a proyectos, reseñas de libros publicados y muchos otros asuntos.

Como es posible deducir de lo anterior, los tipos de artículos científicos son muchos y presentan una diversidad sorprendente. Se puede observar que en diferentes fuentes se utilizan diferentes nombres para identificar los mismos tipos de artículos. A veces puede resultar difícil clasificar un artículo como de un tipo dado, o un artículo puede tener rasgos de diferentes tipos. Con la exposición anterior sobre los tipos de artículos científicos no se pretende agotar el tema.

Se concluye que todos los artículos científicos no pueden tener la misma estructura general, ni todos pueden presentar la misma organización de sus elementos y secciones. De eso se deduce que no puede haber receta universal sobre la organización general y las secciones de todos los tipos de artículos científicos.

### **Organización general de un artículo científico**

En las normas de redacción de ciertas revistas se establecen con carácter obligatorio ciertas pautas sobre las partes y secciones para determinados tipos de artículos. Otras revistas no fijan esas partes y secciones, dejando a la elección de los autores la división del manuscrito, así como la selección de los títulos de esas secciones. Existen argumentos a favor y en contra de fijar las secciones de los artículos

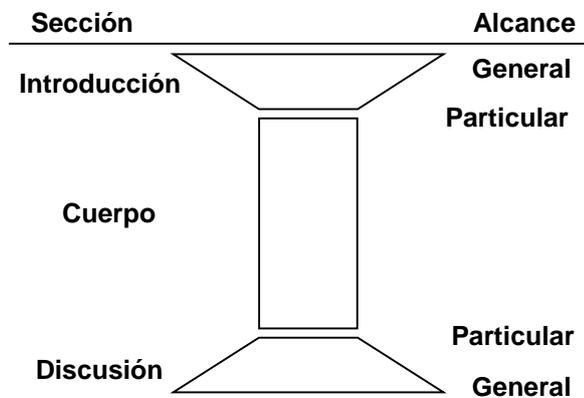
científicos. El argumento a favor consiste en la búsqueda de la uniformidad en la presentación de los artículos científicos. El principal argumento en contra de fijar las secciones es que no todos los artículos se escriben con los mismos objetivos.

Aquí se discutirá sobre las partes principales de los artículos dirigidos a describir resultados científicos particulares, los denominados “artículos generales”. Esos son los más típicos. No se discutirá sobre los contenidos detallados de las diferentes secciones y elementos de ese tipo de artículo, ya que se tratarán en futuros artículos de esta serie.

La estructura general de un artículo científico general puede describirse mediante tres partes o secciones principales: introducción, cuerpo y discusión. Su símil geométrico es el denominado modelo de reloj de arena<sup>3</sup> (Figura 1). Está compuesto por dos trapecios (uno superior y otro inferior) y una columna entre ambos. El ancho de esas figuras geométricas se relaciona con el carácter general o particular de sus partes. A mayor anchura de la figura geométrica, mayor generalidad y viceversa.

La introducción se representa por un trapecio más ancho en su parte superior y más estrecho en su parte inferior. Así, en la introducción, se parte de lo general para ubicar el tema del artículo en el contexto general de la disciplina en donde se ubica dicho tema. A medida que transcurre la introducción, se van particularizando las ideas, hasta que al final se sitúan los objetivos del trabajo, qué se pretende demostrar, lo cual tiene un carácter particular. Eso se quiere significar en la figura mediante el estrechamiento hacia abajo del trapecio superior. De esa forma se conduce al lector desde motivaciones generales dentro de la disciplina (lo cual tiene un carácter amplio) hasta el asunto particular que se trata en el artículo (el objeto de la investigación). Esta sección aparece comúnmente en los artículos bajo la denominación Introducción, pero en

ocasiones no se nombra. Para el lector es casi evidente que la primera parte de un artículo sea la introducción a él, pero existen ciertas excepciones como se verá más adelante en esta exposición.



**Figura 1.** Modelo de estructura de un artículo científico en forma de reloj de arena.

Con la denominación “Cuerpo” en la Figura 1 se indica dos o más secciones y subsecciones del trabajo, tales como aquellas que tratan sobre el trabajo experimental, los resultados, la discusión y otras. En el cuerpo de trabajo, el texto se subordina completamente al objeto de la investigación particular que se trata en el artículo. En el cuerpo las ideas expuestas mantienen la especificidad propia que le confiere el o los objetivos. Es decir, el cuerpo del artículo se circunscribe al análisis y discusión de los resultados que se han obtenido, con el interés de demostrar sobre bases científicas el objetivo o los objetivos establecidos en la introducción. Ese hecho le confiere al cuerpo del trabajo en su totalidad un carácter particular.

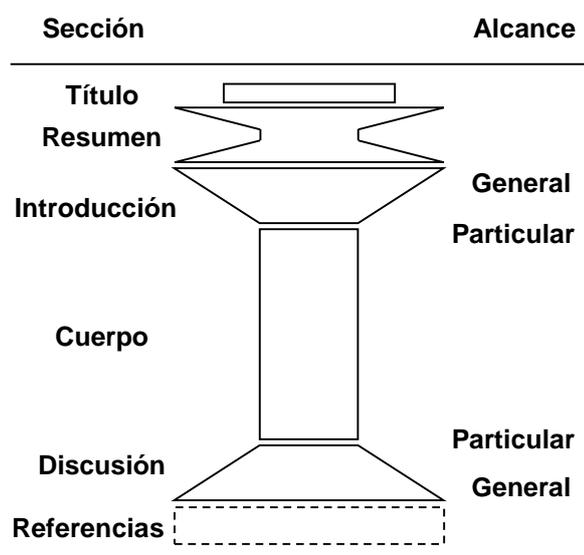
La sección final, que contiene las conclusiones del artículo (las cuales puede recogerse en una sección denominada “Discusión” o “Conclusiones”) se va de lo particular a lo general (ver trapecio inferior de la Fig. 1). Con el ensanchamiento de ese trapecio se quiere representar que las conclusiones deben ir de lo particular a lo general. ¿Qué quiere decir esto? Las conclusiones de los resultados del trabajo tienen un carácter particular, circunscrito a los

objetivos del trabajo. Pero es apropiado discutir cómo se insertan esos resultados en el contexto más general de la disciplina, el posible impacto que puedan tener dentro de ella, o incluso fuera de ella. Es decir, las conclusiones (que necesariamente no tienen que constituir una sección aparte) tratan de establecer conclusiones generales de los resultados particulares obtenidos, y en lo posible insertarlos en el contexto más amplio de un campo del conocimiento. Berry<sup>4</sup> ha planteado que un artículo científico tiene un carácter circular: las conclusiones deben retornar de cierta manera a la introducción, y discutir en ellas sobre el cumplimiento de los objetivos que se plantean en la introducción.

Otro modelo de estructura, más descriptivo, es el denominado modelo en forma del rey del ajedrez, ya que recuerda la forma de esa pieza del juego<sup>5</sup>. En él se incluyen, además, el título, el resumen y las referencias. Ver la Fig. 2. En ella, se aplican las ideas expresadas para el modelo del reloj de arena, en cuanto a que el ancho de las figuras geométricas que lo componen expresa la generalidad o particularidad de las ideas tratadas en el texto.

El título, que es un elemento identificador fundamental de un artículo científico (aunque no el único), es el primer elemento que aparece en este modelo. En la medida de lo posible debe representar el objetivo del trabajo en su contexto, pero debido a que su extensión es necesariamente limitada, no puede ser muy general, pero tampoco debe ser muy particular.

O sea, la selección del título del trabajo constituye un compromiso entre su extensión y la información que contiene. Por eso se representa con una anchura intermedia. A primera vista la selección de un título para un trabajo puede parecer trivial, pero no en todos los casos resulta una tarea tan sencilla. Un artículo de esta serie será dedicado a los elementos a tener en cuenta para la selección del título de los artículos científicos.



**Figura 2.** Modelo de estructura de un artículo científico en forma del rey del ajedrez.

A continuación, aparece el resumen del trabajo (en inglés, *Abstract*). A pesar de su extensión limitada, el resumen debe recoger brevemente el contexto en que se insertan los objetivos del trabajo (con un carácter relativamente general), expresar los resultados obtenidos con el interés de cumplir con los objetivos trazados (lo cual tiene un carácter más particular, estrecho), y brevemente cómo se insertan esos resultados en el contexto general de la disciplina (de lo particular a lo general, lo cual se representa por ensanchamiento al final del resumen). Los artículos usualmente contienen un resumen. Las normas editoriales de muchas revistas exigen la redacción de un resumen, con una extensión máxima expresada mediante el número máximo de palabras. La redacción apropiada del resumen es sumamente importante ya que es una de las partes inicialmente leída por los lectores, lo cual puede contribuir a la motivación. Además, muchos sistemas de indexado de artículos científicos se basan en gran medida en el resumen confeccionado por los autores del trabajo. La confección de un resumen apropiado es sumamente importante, y se ha planificado dedicar un artículo de esta serie a ese tema. Como adelanto puede expresarse que la confección del resumen también entraña un compromiso entre su extensión y la

información que debe aparecer en él. No siempre es fácil seleccionar las palabras adecuadas ni lograr la redacción apropiada para exponer breve y concisamente lo que es necesario.

A continuación, aparecen la introducción, el cuerpo y la discusión, para los cuales son válidas las ideas expresadas para el modelo del reloj de arena.

En el modelo del rey del ajedrez, las referencias aparecen al final, pero en algunas revistas las referencias se ubican en el pie de la página en donde aparece por primera vez la cita, con el objetivo de evitar al lector voltear las páginas en la búsqueda de las referencias en la última página. Ese hecho, quizás se quiera indicar con el rectángulo de líneas de trazos con el cual se representan las referencias en este modelo. Las referencias son todo lo generales que sea necesario. Pueden referirse a ideas generales o particulares, por lo cual el rectángulo asociado en la figura se representa con toda la amplitud posible. Las referencias bibliográficas es un elemento tan importante (y tan difícil de confeccionar adecuadamente) que merece al menos un artículo especial de esta serie.

### Organización de los Elementos y Secciones de un artículo científico

Los artículos incluyen elementos que no constituyen secciones como tal. Entre esos elementos cabe mencionar el título, el nombre del autor o autores, sus afiliaciones, y la declaración del autor corresponsal. Normalmente esos elementos están al inicio del artículo. En algunos casos, como en ciertas cartas al editor (un tipo de artículo específico ya mencionado), es posible que el nombre del autor y su afiliación aparezcan al final. Las afiliaciones normalmente aparecen debajo de los nombres de los autores, o en algunos casos en el pie de la primera página.

Otros elementos que pueden aparecer al inicio del artículo son el DOI y las fechas

relevantes relacionadas con la publicación del artículo. El DOI es el acrónimo del identificador de objeto digital (del inglés *Digital Object Identifier*). Es un número específico que puede utilizarse para localizar el artículo a través de Internet. El DOI de un artículo es único y no cambia con el paso del tiempo, aunque el artículo sea reubicado en una dirección web distinta. El DOI incorpora información básica sobre el artículo en forma de metadatos. Los metadatos son datos que describen otros datos, en particular los referidos al artículo científico y su origen. El DOI puede aparecer al inicio del artículo, en su primera página, o en otro lugar (por ejemplo, al final).

Las fechas relevantes relacionadas con el artículo se refieren a la fecha inicial de recepción del manuscrito por el editor, la fecha de aceptación y la fecha de publicación en línea (o en papel). La primera de esas fechas contribuye a proteger la prioridad y por tanto la paternidad de los autores de las ideas recogidas en el artículo. De hecho es la fecha en la cual se da a la publicidad el artículo, fuera del círculo de autores. Puede considerarse el primer paso en dar a conocer públicamente las ideas que contiene, ya que el editor no pertenece al grupo de autores. La fecha de aceptación informa sobre cuándo culminó el proceso de revisión por parte de los revisores y el artículo fue aceptado para su publicación. La fecha de publicación es importante ya que informa el día en que fue dado a conocer a la gran masa de lectores.

Algunas revistas incluyen las denominadas palabras claves (en inglés, *keywords*). Esas palabras las selecciona el autor (o autores), y son útiles ya que permiten localizar el artículo en Internet mediante los motores de búsqueda. En la actualidad, las normas editoriales de muchas revistas científicas les solicitan a los autores que definan varias palabras claves que permitan asociarlas con el contenido. Usualmente son tres a cinco o más palabras

claves, que pueden aparecer en la primera página del artículo.

Por último, al inicio del artículo pueden aparecer notas que se incluyen a juicio del editor. Esas notas pueden aclarar sobre el origen del artículo, la posición de los editores, el buró editorial o la casa editorial respecto su contenido, y cualquier otro asunto que se considere relevante.

Como se expresó anteriormente, no hay consenso sobre las secciones de los artículos, ni el orden en que se presentan. Una estructura o formato tradicional en las ciencias experimentales es la denominada IMRyD (Introducción – Métodos – Resultados y Discusión, en donde el guion separa secciones diferentes).<sup>6</sup> Esta norma fue establecida por el American Standard Institute en 1972. La sección Métodos, en ciertos casos se nombra como Parte Experimental o Materiales y Métodos. En algunos tipos de artículos, tales como aquellos que abordan discusiones teóricas, puede no aparecer esa sección. Otra estructura típica es IMRD (Introducción – Métodos – Resultados – Discusión). La diferencia entre ambas es que en la estructura IMRyD los resultados se discuten en la misma sección, mientras que en la estructura IMRD se presentan separados. A estas estructuras se les puede añadir una sección final de conclusiones, luego quedarían como IMRyDC y IMRDC, respectivamente. Parece que la primera de ellas es la usual en nuestro medio. Debe aclararse que hay revistas que no establecen una sección específica para las conclusiones, pues se puede considerar que las conclusiones se expresan en las secciones RyD o D.

Otra estructura o formato se emplea en muchas revistas de investigaciones básicas de alto impacto, tales como Nature, Proceedings of the National Academy of Science, Journal of Clinical Investigations y Journal of Cell Biology.<sup>6</sup> En esas revistas la sección de Resultados aparece inmediatamente después de la Introducción. La sección Métodos se ubica al

final del artículo, o incluso puede publicarse como un fichero suplementario.<sup>7</sup> Así, esta estructura queda como IRDM (Introducción – Resultados – Discusión – Métodos). Esta estructura requiere un cambio sustancial en cómo la sección de resultados se organiza. Debido a que la sección de Métodos se coloca al final del artículo, o en línea en un fichero separado, el lector no tiene a primera mano los detalles de los métodos y el trabajo experimental en general. Por tanto, la lógica de por qué los experimentos fueron realizados, el cómo fueron realizados y cómo los datos fueron analizados tiene que presentarse en la sección de resultados.

Aquí no se pretende agotar el tópico sobre las secciones que componen los artículos científicos y cómo se organizan, porque es muy extenso y diverso. Esa diversidad de estructura de las secciones se observa entre las disciplinas, e incluso, dentro de la misma disciplina.

No siempre es obligatorio designar a la primera sección como Introducción. En ciertos casos puede no nombrarse, aunque lo sea de hecho. En muchas revistas los autores tienen libertad para establecer subsecciones y nombrarlas de acuerdo a la conveniencia. Esa libertad brinda cierta flexibilidad para estructurar el artículo de acuerdo a su tipo.

Generalmente pueden aparecer al final del artículo una nota de agradecimientos o reconocimientos (en inglés, *Acknowledges*). En esta sección los autores agradecen o reconocen la ayuda o contribución para la realización del trabajo de personas o instituciones que no constituyen autores. Esa ayuda puede haberse concretado en una discusión sobre el contenido del manuscrito, el acceso a facilidades instrumentales, el suministro de recursos esenciales o ayuda financiera. Las autorizaciones para publicar también deben agradecerse en esta sección. Muchas instituciones que financian proyectos de investigación exigen a los autores con carácter obligatorio, que en los artículos publicados

aparezca explícitamente el reconocimiento de la contribución financiera.

Algunas revistas y casas editoriales les brindan a los autores la posibilidad de suministrar materiales suplementarios que quedan vinculados al artículo. Esos materiales se envían junto con el manuscrito y corrientemente en formato digital. Se pueden denominar en su conjunto “Material Electrónico Suplementario” o un nombre equivalente tal como “Información de Apoyo” (en inglés, *Supporting Information*). Ficheros de texto, video, fotografías, audio, programas, hojas de cálculo, presentaciones, animaciones, etc., pueden ser incluidos con el interés de suplementar el artículo publicado. Contienen informaciones que no son adecuados para la impresión o que es más conveniente suministrarlos en formato digital. El artículo por sí mismo no necesita de ese material, pero el lector interesado en más detalles sobre el contenido del artículo puede consultarlos. Los revisores de los artículos deben revisar también los materiales suplementarios, o sea, ellos deben considerarse parte de la publicación y por tanto también están sometidos al proceso de revisión por pares. Los materiales suplementarios se adjuntan al artículo en el sitio web de la revista, y constituyen un excelente complemento para el lector interesado.

En algunos artículos aparecen anexos o apéndices al final, informaciones que no son esenciales para entender el artículo, pero que son de interés del lector especializado, pueden incluirse en ellos. Como tales cabe mencionar deducciones matemáticas, aclaraciones terminológicas, u otras informaciones que pudieran no ser de interés de los lectores usuales. Sin embargo, dadas las posibilidades que brindan los sitios web, la corriente predominante actual es incluir esas informaciones como material electrónico suplementario en lugar de en los anexos.

En ciertas ocasiones especiales, los editores permiten que los autores dediquen el artículo a

un científico prominente dentro de la especialidad o disciplina de la línea editorial de una revista. Eso se acepta cuando un número de la revista está dedicado a la conmemoración de un hecho o fecha destacada, o cuando el científico prominente (generalmente de edad avanzada, que ha realizado contribuciones importantes a través de muchos años) celebra un cumpleaños redondo. Ese homenaje o dedicatoria se concreta con una oración breve que puede aparecer al pie de la primera página. En próximos artículos de esta serie se tratarán en detalle los contenidos de los diferentes elementos y secciones de los artículos científicos, y se brindarán recomendaciones sobre cómo formularlos.

### Epílogo

El tema de la escritura y publicación de artículos científicos es realmente amplio. Es una pena que no se incluyan rudimentos sobre esos asuntos en algunos programas de pregrado de carreras científicas. En cualquier caso, las ideas presentadas en este trabajo constituyen un buen complemento y pueden ayudar a elevar la cultura profesional de los científicos jóvenes. A ellos va dirigida fundamentalmente esta serie de artículos.

Muchas de las ideas aquí expuestas contribuyen a que el científico se pueda orientar adecuadamente en el inmenso caudal de literatura que debe revisarse, consultarse y estudiarse hoy en día para tener éxito profesional. Eso es especialmente válido para los científicos jóvenes.

El conocimiento sobre la estructura, las secciones y los elementos que componen los artículos científicos es un componente importante del desarrollo profesional. En su conjunto, constituyen un excelente paso hacia el logro de las publicaciones.

En próximos artículos, se continuará la discusión *in extenso* de otros principios de esta visión personal del trabajo científico.

### Referencias

1. Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 1, Encuentro con la Química, Vol. 1, No. 2, p.p. 38-41, **2015**.
2. Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 8: El aprendizaje autodidacta, Encuentro con la Química, Vol. 3, No. 3, p.p. 46-49, **2017** y referencias que contienen.
3. Swales, J.M., Genre analysis: English in academia and research settings, Cambridge Univ. Press, Cambridge (1993).
4. Berry, R.: How to Write a Research Paper, Segunda Ed., Pergamon Press, Oxford **1986**.
5. Derntl, M., Basics of Research Paper writing and Publishing, bajado de [www.univie.ac.au](http://www.univie.ac.au), diciembre de **2011**.
6. Derish, P.A., Annesley, T.M., If a IRDAM journal is what you choose, then sequential results is what you use, Clin. Chem., Vol. 56, No. 8, p.p. 1226-1228, **2010**.
7. Day, R.A., Gastel, B., How to write and publish a scientific paper, Greenwood Press, Westport (CT), **2006**.

# Métodos de Regresión en Química. La linealidad

Enseñanza de  
la Química

Estudiantes de quinto año de Licenciatura en Química  
Facultad de Química, Universidad de La Habana



**Alejandro Fuentes García**  
[afuentes@estudiantes.fq.uh.cu](mailto:afuentes@estudiantes.fq.uh.cu)



**José Alejandro Ricardo García**  
[jaricardo@estudiantes.fq.uh.cu](mailto:jaricardo@estudiantes.fq.uh.cu)

Desde los inicios de la química esta ha sido considerada una ciencia experimental. Por lo general la actividad de realizar mediciones es común para todos los químicos, que de una manera u otra generan gran cantidad de datos numéricos. Sin embargo, el trabajo en el laboratorio no es más que la antesala de otra actividad no muy gustada pero tan importante como el mismo trabajo experimental. Esa actividad es el tratamiento e interpretación de los resultados del experimento.

Un correcto tratamiento de la data experimental es en extremo importante. Por lo general los números obtenidos en el laboratorio dicen poco o la información que contienen por sí mismos no es en extremo relevante. Si realizamos por ejemplo un experimento cinético y se obtiene una data de concentración vs tiempo de alguna reacción, la finalidad del mismo puede ser obtener el valor de las constantes cinéticas, evaluar un mecanismo dado o determinar el orden de esta reacción. Cualquiera de las finalidades anteriores no es posible obtenerla de forma directa de la lista de valores de concentraciones y tiempos. El proceso de obtención de la información útil, en este caso, pasa por el proceso de transformar la data, aplicar métodos de regresión, ecuaciones

diferenciales, entre otros. El punto radica en que para extraer de esta los elementos necesarios hay que tratar esos números brutos obtenidos. De esta forma la manera en que este procesamiento se realice es determinante en la certeza y calidad del resultado.

Los **Métodos de Regresión** son técnicas estadísticas muy utilizadas por los químicos. La utilidad e importancia de estos métodos en las ciencias química son ya desde hace bastante tiempo conocido. En este escrito en particular quisiéramos enfocar la atención en un aspecto muy recurrente: la linealidad de la función que modela el comportamiento de los datos experimentales.

Para continuar planteemos algunas preguntas:

- 1- *¿Qué se entiende por función lineal?*
- 2- *¿Es necesario para aplicar un método de regresión que la función sea lineal en las variables y los coeficientes?*
- 3- *¿Existen otros métodos que permitan estimar los parámetros de funciones que no sean lineales en los coeficientes?*
- 4- *¿A qué riesgos estamos expuestos y qué problemas debemos enfrentar al trabajar con funciones no lineales en los coeficientes?*

5- ¿Tiene consecuencias transformar una data experimental cuando la función que describe su comportamiento no es lineal en los coeficientes o en las variables?

Las respuestas a las interrogantes anteriores serán el eje central de este artículo.

Comenzamos con la primera: *¿Qué se entiende por función lineal?*

Al hablar de linealidad es necesario destacar que esta puede presentarse tanto en los coeficientes como en las variables. Para ilustrar la clasificación de las funciones respecto a este criterio tomaremos como ejemplo las funciones: línea recta ( $y = m \cdot x + n$ ), parábola ( $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ ) y exponencial ( $z = a \cdot e^{b \cdot x}$ ).

Una función es lineal en las variables cuando el exponente de estas es uno, ejemplo de ello son  $y = m \cdot x + n$  y  $z = a \cdot e^{b \cdot x}$ . Las funciones que no cumplan con este criterio se clasifican como no lineales en las variables, por ejemplo  $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ . Por otra parte aquellas funciones cuyos coeficientes están expresados como combinación lineal son consideradas como funciones lineales en los coeficientes. Ejemplo de este tipo de funciones tenemos a la línea recta y la parábola. Las funciones cuyos coeficientes no cumplen con la condición anterior se consideran como funciones no lineales en los coeficientes, por ejemplo la función exponencial  $z = a \cdot e^{b \cdot x}$ .

Resumiendo lo anteriormente expresado es posible clasificar una función, con respecto a la linealidad, en:

- 1- Lineal en los coeficientes y en las variables. ( $y = m \cdot x + n$ )
- 2- Lineal en los coeficientes y no lineal en las variables. ( $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ )
- 3- No Lineal en los coeficientes y lineal en las variables. ( $z = a \cdot e^{b \cdot x}$ )
- 4- No lineal en las variables y en los coeficientes. ( $z = a \cdot e^{b \cdot x^3}$ )

Habiendo analizado lo que por linealidad se entiende podemos preguntarnos: *¿Es necesario para aplicar un método de regresión que la*

*función sea lineal en las variables y los coeficientes?*

El hecho de que la función que describe la relación entre dos magnitudes sea lineal en los coeficientes y en las variables es una gran ayuda. La teoría para la aplicación de métodos de regresión para este tipo de funciones está ampliamente desarrollada y se cuentan con un sinnúmero de programas que, unos mejor que otros, permiten aplicar estos métodos de regresión. En cuanto a las funciones lineales en los coeficientes y no lineales en las variables, como las expresiones polinómicas del tipo  $y = Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ , gozan de las mismas ventajas y desventajas que las lineales en todos los sentidos.

La situación es distinta cuando se tiene funciones que no sean lineales en los coeficientes como  $f(x; \theta) = \frac{\theta_1 \cdot x}{\theta_2 + x}$ , conocida expresión que describe el modelo cinético de Michaelis-Menten para la catálisis enzimática. Para este tipo de funciones al no poder expresar los coeficientes como una combinación lineal no es posible el empleo del método de los mínimos cuadrados. Ante esta situación *¿Qué alternativa tenemos para trabajar con esta función?*

Para quien tiene un mínimo conocimiento de matemáticas la solución del problema es sencilla. Transformemos la función utilizando el recíproco de la velocidad en función del recíproco de la concentración del sustrato, obteniendo:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\theta_1} + \frac{\theta_2}{\theta_1} \cdot \frac{1}{x}$$

De esta forma con el solo uso de una simple transformación se ha obtenido una expresión que es lineal en los coeficientes, pudiendo emplear los mínimos cuadrados y por tanto la línea recta para el tratamiento de la data experimental. De esta forma la respuesta a la pregunta inicial hasta este punto es sencilla: No necesariamente la función debe ser lineal en los coeficientes. Cuando esta no lo sea, se debe

buscar una transformación matemática que permita obtener una expresión donde dichos coeficientes puedan ser expresados como una combinación lineal, y el problema queda solucionado.

Intentemos realizar el mismo razonamiento empleado con anterioridad pero utilizando una función usada para la cuantificación por Fluorescencia de Rayos X cuando hay un gran efecto matriz.

$$C_i = a + b \cdot \sum d_{ij} \cdot C_j$$

Al intentar linealizar los coeficientes de la función de forma que pueda encontrar una secuencia para determinar a, b y  $d_{ij}$ , se encontrará que no es posible una transformación que permita su objetivo. Esto nos pone en una situación difícil, pues la solución encontrada anteriormente para la ecuación de Michaelis-Menten y la conclusión expuesta con anterioridad no es aplicable aquí.

En este punto podríamos plantearnos la tercera pregunta: *¿Existen otros métodos que permitan estimar los parámetros de funciones que no sean lineal en los coeficientes?*

Para responder a esta otra interrogante acudimos a la matemática. Si se expande en serie de Taylor la función no lineal en los coeficientes, cuya linealización sea o no posible, se obtiene:

$$Y = F(\theta_k; x) + \sum_{j=1}^k \left( \frac{\delta F(\theta_k; x)}{\delta \theta_j} \right) \Delta \theta_j$$

donde  $\Delta \theta_j = \theta_{0j} - \theta_j$

Si se disponen de los valores iniciales de los coeficientes  $\theta_{0j}$ , además de valores de Y y X, es posible obtener un sistema de ecuaciones lineales en los coeficientes y con incógnitas  $\Delta \theta_j$  de forma que:

$$\begin{aligned} D = Y - F(\theta_k; x) &= \sum_{j=1}^k \left( \frac{\delta F(\theta_k; x)}{\delta \theta_j} \right) \Delta \theta_j \\ &= H_1 \cdot \Delta \theta_1 + H_2 \cdot \Delta \theta_2 + \dots \end{aligned}$$

De esta forma la escritura de la función en forma de serie hace posible que los coeficientes queden expresados como una combinación lineal, siendo este sistema de ecuaciones conocido para las funciones lineales (tanto en los coeficientes como en las variables) y con una solución sencilla:

$$\Delta \theta = (H^T H)^{-1} H^T D$$

La expresión anterior permite conocer la solución del sistema para los coeficientes, de forma tal que si conocemos el valor inicial de estos se puede estimar el valor final o ajustado de los mismos mediante la expresión:

$$\theta_j = \theta_{0j} - \Delta \theta_j$$

Una vez obtenido el nuevo valor del coeficiente se calcula la diferencia entre este y el que le da origen. Si esta diferencia es menor que cierto valor, impuesto por el investigador, el algoritmo se detiene resultando en la estimación final de los coeficientes. Si lo anterior no se cumple el nuevo valor del coeficiente se toma como criterio de partida y se repite todo el proceso antes explicado hasta que se obtenga la condición antes analizada.

Todo el procedimiento anteriormente explicado es conocido como el Algoritmo de Gauss. Evidentemente no es el único de los métodos que existen para resolver el problema planteado. Entre otras opciones se encuentran el Algoritmo de Marquardt, el Algoritmo de Newton-Raphson entre otros. Se recomienda la lectura de la referencia Douglas,<sup>2</sup> para quienes deseen ampliar sobre el uso de estos algoritmos.

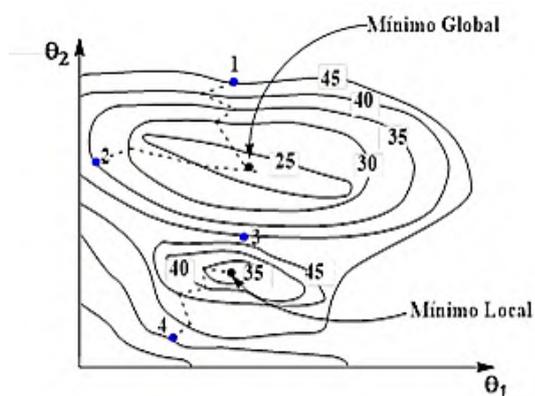
En este punto debe estar preguntándose de qué sirve un método que para estimar el valor de los coeficientes de la función necesite conocer estos de antemano. Esta es una de las características de los métodos no lineales de estimación: son iterativos. Por lo general lo que se necesita no es el valor del coeficiente, sino un aproximado o conjunto de valores cercanos al que realmente presentan. En la práctica esta información no es difícil de obtener. Casi

siempre se tiene una idea de cuáles pueden ser el estimado real de los coeficientes, ya sea por la experiencia, el estudio de sistemas semejantes, por datos publicados en la literatura o consideraciones teóricas del problema. Otra forma de obtener valores cercanos a los estimados reales (sobre este punto regresaremos luego) es eliminar variables de la función hasta que sus coeficientes sean lineales o linealizables y realizar estudios experimentales.

De esta forma respondemos así la tercera pregunta: Sí, existen herramientas con las que se pueden trabajar funciones no lineales en los coeficientes, por lo que no es imprescindible que la función que describa un conjunto de resultados experimentales sea lineal o linealizable.

Ya conocidos algunos métodos se impone la siguiente interrogante, quizás una de las más formuladas: *¿A qué riesgos estamos expuestos y qué problemas debemos enfrentar al trabajar con funciones no lineales en los coeficientes?*

En cuanto a los problemas a enfrentar ya apareció el primero de estos: Es necesario conocer valores aproximados a los reales de los coeficientes para aplicar los métodos antes mencionados. El problema anterior es quizás el más importante a enfrentar en el uso de los métodos iterativos. Analicemos como la solución final depende de la elección de los valores iniciales. Para lo anterior lo ilustraremos con el análisis de la figura 1 mostrada a continuación:



**Figura 1.** Curvas de nivel de la suma de cuadrados de una función no linealizable con dos coeficientes

En la figura 1 se observan las curvas de nivel de una función no lineal de dos coeficientes. Los contornos coinciden con la suma de cuadrados residuales según varía el valor de estos. Como se aprecia en figura la función tiene un mínimo local y otro global en su suma de cuadrados. Por lo general, lo que se busca es el conjunto de valores de los coeficientes donde las diferencias entre el modelo y los datos experimentales sean lo menor posible, coincidiendo esto en la mayoría de los casos con el punto de mínimo global de la hypersuperficie.

Si los valores de partida se escogen en las coordenadas representadas por los puntos 1 y 2 el sistema converge en el punto de mínimo global (las líneas discontinuas representan los caminos recorridos por el algoritmo iterativo hasta el punto de convergencia). Sin embargo a pesar que tanto el punto 1 y 2 llegan a la solución requerida la elección del punto 2 es más eficiente que el 1, puesto que en el primero se logra la convergencia en solo dos iteraciones, mientras que con el punto 2 se necesitan 4 para alcanzar el criterio de convergencia. Hoy en día con el desarrollo de las computadoras personales 2 iteraciones comparadas con 4 es realmente poco, pero saque cuenta que si se trata de un sistema de mayor complejidad esta diferencia puede hacerse notar.

Analicemos ahora lo que ocurre si las coordenadas iniciales son las representadas por el punto No.4. En este caso en el camino del gradiente aparece un mínimo local que el algoritmo interpreta como el criterio de convergencia y lo que se obtiene al final son valores que representan a ese mínimo. Este es el principal problema a saldar con respecto a la elección de los valores iniciales. En la práctica el llegar a un mínimo local es un inconveniente, sobre todo si la finalidad del modelo es la de predicción de alguna magnitud (concentración, tiempo, energía, etc).

El segundo problema, generalmente derivado del anterior, es el criterio que se sigue

para la convergencia. Un ejemplo de este tipo de dificultad ya se había planteado anteriormente al referirnos al valor de diferencia seguido para detener el ciclo de iteraciones en la estimación de los coeficientes del modelo. Por lo general este valor es escogido por el investigador en dependencia del sistema experimental que se estudia y se desea describir. En la literatura existen reportadas muchas formas de medir esta convergencia, las cuales han demostrado eficiencia, pero aun así no es recomendable perder de vista este detalle.<sup>3</sup>

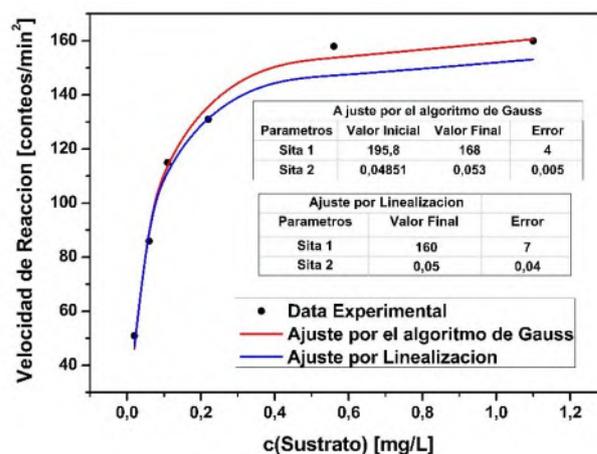
A pesar de las dificultades antes mencionadas las técnicas de estimación no lineal son una poderosa herramienta para el tratamiento de datos. Un uso concienzudo y bien pensado de los métodos iterativos ahorra tiempo de tratamiento de datos, permiten planificar mejor nuestros experimentos para extraer de estos la información que realmente necesitamos y evitando las consecuencias que trae consigo las transformaciones matemáticas de los datos experimentales. Sobre esto último estaremos discutiendo al contestar la última pregunta formulada al inicio.

Para continuar quisiéramos poner al lector ante una decisión: Si tenemos, por ejemplo, la ecuación de Michaelis-Menten que conocemos que es posible linealizar, pero que además podemos modelar con el uso del Algoritmo de Gauss. ¿Qué alternativa debemos escoger?

Para dar respuesta a la pregunta anterior formulémosnos la última interrogante: *¿Tiene consecuencias transformar una data experimental cuando la función que describe su comportamiento no es lineal en los coeficientes o en las variables?*

Para ilustrar la influencia que puede tener la linealización en el valor de los coeficientes del modelo utilizaremos una data reportada en la literatura<sup>2</sup>, la cual describe la velocidad de una reacción enzimática, cuyo comportamiento se describe mediante el modelo de Michaelis-Menten antes mencionado. A esta data se le

aplicó el procedimiento de linealización de sus coeficientes analizado con anterioridad en el artículo y además se trató con el empleo del algoritmo de Gauss (disponible en el Software Statgraphics) con el fin de estimar el valor de los coeficientes del modelo. Los valores de estos coeficientes y la modelación de la data se muestran en la Figura 2.



**Figura 2.** Data experimental ajustada por linealización y el algoritmo de Gauss

Como se puede observar en la Figura 1 la utilización de los diferentes algoritmos de estimación (entiéndase linealización y el método de Gauss) tienen como consecuencias:

- 1- Diferencia en la estimación de los coeficientes, y por tanto de la modelación de los datos experimentales.
- 2- Diferencia en la incertidumbre o error de los coeficientes.

Comencemos nuestro análisis por el primer punto. Como se puede apreciar en la Figura 2 la curva que se obtiene al emplear los coeficientes estimado mediante la linealización no ajustan correctamente a los datos experimentales, a diferencia de los obtenidos con el empleo del algoritmo de Gauss. El inconveniente de la diferencia en los valores de los coeficientes se presenta no solo en este tipo de función fraccionaria, sino que se generaliza a una serie de transformaciones de amplio uso, como el logaritmo, la exponenciación, el recíproco entre otras.

La causa de que estas transformaciones no siempre permitan obtener valores de coeficientes correctos, está dada por el hecho de que su utilización le imprime a los datos características que traen como consecuencia la violación de los principios de los mínimos cuadrados que se usa para el ajuste lineal. Al aplicar estas transformaciones por lo general se pierde la homocedasticidad de los datos, y en el caso de que estos ya sean de antemano heterocedásticos acentúa esta propiedad, y con ello se viola uno de los principios de los mínimos cuadrados ordinarios. Por otra parte, la transformación deforma la distribución de probabilidad del error aleatorio, por lo que los residuos pierden normalidad.

La elección de un tipo de transformación matemática para lograr linealidad debe cumplir con una serie de requisitos con el fin de lograr estimar correctamente los coeficientes del modelo. En la literatura se encuentra reportado que transformaciones son las adecuadas para un determinado número de funciones y el fin que estas persiguen.<sup>4</sup> Una herramienta muy utilizada para decidir qué tipo de transformación matemática es utilizable en dependencia de la función y de la finalidad que se persiga es el denominado círculo de Tukey.<sup>9</sup> En general cuando se realizan transformaciones matemáticas es necesario evaluar, incluso experimentalmente, las asunciones del método de regresión que luego se desea emplear.

Refiriéndonos al segundo punto de las consecuencias de la linealización, se destaca en la Figura No.1 que el error en la estimación de los coeficientes con el empleo de la línea recta es en gran medida mayor que cuando se emplea el algoritmo de Gauss. Esto es una consecuencia derivada de lo analizado anteriormente para los coeficientes. La pérdida de normalidad, simetría de la distribución de los errores y la aparición de heterocedasticidad afecta la estimación de la covarianza, de la varianza de la regresión entre otras magnitudes que tiene una influencia directa en la estimación

de los errores de los coeficientes. Como ejemplo podemos citar el uso de logaritmos para linealizar. Al aplicar logaritmo a una distribución normal, por ejemplo, de la varianza de la variable dependiente, que es simétrica la distribución resultante es asimétrica, lo que trae consigo la violación del supuesto de los mínimos cuadrados ordinarios que define la necesidad de normalidad en la varianza de las variables del modelo.

En este punto quisiéramos aclarar que no siempre el uso de transformaciones matemáticas ofrece resultados como los mostrados en este artículo. En muchos casos, la utilización de dichas transformaciones es beneficiosa, incluso cuando la data de por sí es lineal, pues logran homogeneizar las varianzas, estabilizar los residuales etc. El punto alrededor de esta polémica radica en que antes de aplicar un método de regresión u otro es necesario entender el sistema que se está estudiando en el laboratorio, conocer las ventajas y limitaciones de cada método de regresión, sus supuestos y valorar si su sistema permite o no el cumplimiento de estos. En opinión de los autores, la principal causa del uso incorrecto de los métodos de regresión radica en el desconocimiento del modo de funcionamiento, supuestos y limitaciones de estas técnicas estadísticas. Sobre la base de lo anterior se debe valorar cual es la mejor opción a aplicar a sus resultados, que sin lugar a dudas usted y solo usted conoce a fondo como para decidir correctamente que estadística aplicar. Antes de terminar es necesario tener en cuenta que la linealización, aún en los casos donde su aplicación no es la más correcta, es una excelente alternativa para obtener los valores iniciales permitiendo conocer estimados cercanos de los coeficientes, y con el empleo posterior de métodos no lineales lograr la convergencia en el mínimo global y evitar muchos de los inconvenientes que se analizaron con anterioridad.

## Referencias

- 1- International Encyclopedia of Statistical Science. Eds: Miodrad Lovric, New York, **2011**, pp 1208-1212.
- 2- D. M. Bates, D. G. Watts. Nonlinear Regression Analysis and its Applications Eds. Johns Wiley & Sons Inc, New York, **1988**, pp 13-145.
- 3- C. Selve Figueroa. Modelo de regresión Lineal. Tesis de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires, **2013**, pp 20-24.
- 4- G. Ramis Ramos, Quimiometría, Editorial Síntesis S.A, Madrid España, **2001**, pp 77-100.
- 5- Collective of authors, Handbook of Chemometrics and Qualimetrics, Elsevier, **1997**, Amsterdam , pp 305-338.
- 6- N. R. Draper, H. Smith, Applied Regressions Analysis Eds: Johns Wiley & Sons Inc, New York, **1981**, pp 418-517.
- 7- H. Motulsky, A. Christopoulos, Fitting Models to Biological Data using Linear and Nonlinear Regression. **2003**, pp 13-57.
- 8- D. A Ratkowsky, G. R. Dolby, Taylor series linearization and scoring for parameters in nonlinear regression. Appl. Stat., **1975**, *24*, 109-111.
- 9- D. R. Helsel, R. M. Hirsch. Statistical Methods in Water Resources. U.S. GEOLOGICAL SURVEY, **2002**, pp 235-279.

# Un Eminente Químico Cubano que necesariamente deben conocer las generaciones actuales

Historia de la  
Química

Rebeca Vega Miche

Departamento de Química General e Inorgánica  
Facultad de Química  
Universidad de La Habana  
[vega@fq.uh.cu](mailto:vega@fq.uh.cu)



Cubanía, sencillez, modestia, ética, honradez, exigencia, humanismo, profesor eminente, extraordinario, como un abuelo para mis hijos, carismático, caballeroso, pedagogo especial, genial, son algunos de los calificativos que han empleado sus alumnos, colaboradores y amigos para describir al Doctor Ernesto Ledón Ramos.

## El Dr. Ernesto Ledón (1909-1989)

Ernesto Ricardo Luis Ledón Ramos, según reza en su partida de nacimiento, nació en Sagua La Grande el 13 de junio de 1909. Fue el hijo único de Ernesto Ledón y Anido, un empleado de origen mexicano y de Petra Ramos Alemán, nacida en el propio Sagua y dedicada a las labores hogareñas. Cuando mencionaba a su pueblo natal, Ledón lo nombraba como “Sagua La Magna”.

Ledón no asiste a la escuela, aprende a leer y a escribir, y a realizar las operaciones aritméticas, de mano de una tía profesora de primaria. Su padre, autodidacta y aficionado a las matemáticas, lo adentra en un conocimiento básico del álgebra.

A la edad de trece años, la familia pierde una hipoteca sobre fincas urbanas que poseía en Sagua y se traslada a La Habana, en búsqueda de una mejor economía.

En 1922, Ledón matricula en las Escuelas Pías de La Habana y en 1928 obtiene el título

de Bachiller en el Instituto de Segunda Enseñanza de La Habana. Según refería el propio Ledón, su maestro en los Escolapios, el padre Martín lo calificaba como un “*indisciplinado aceptable*” debido a su inquieto temperamento.



Foto de Ledón niño.  
Cortesía de M.C. Melo



Carné de matrícula en el Instituto de 2da enseñanza de La Habana. Cortesía de MC Melo

En septiembre de 1928 matricula en la Universidad de La Habana, optando por los títulos de Ingeniero Civil y Arquitecto,

Ingeniero Electricista y Doctor en Ciencias Físico Matemáticas. Aprueba en ese curso varias asignaturas de Matemáticas, Biología y Química Inorgánica y Analítica. Al parecer estas últimas lo motivan a modificar su orientación profesional y ya que en el curso 1929-1930 abandona el doctorado en Ciencias Físico-Matemáticas y matricula el doctorado en Ciencias Físico-Químicas, el doctorado en Ciencias Naturales y la carrera de Ingeniero Agrónomo.<sup>1</sup>



En 1928. Archivo UH

En 1930, durante la prórroga de poderes del gobierno de Machado, se produce el cierre de la Universidad. Durante ese período e imposibilitado de continuar sus estudios, Ledón se traslada al pueblo de Manguito en la provincia de Matanzas, donde realiza labores agrícolas y lleva las cuentas de la finca que pertenecía a la familia de Carmen María García Martínez, la que después fue su esposa.



E. Ledón con su esposa. Cortesía MC Melo

Regresa a La Habana al reabrirse la Universidad en 1933 y debido a su precaria situación económica (ya que con un salario de sólo 48.00 pesos como profesor de las Escuelas Pías tenía que sostener a su madre que padecía una enfermedad crónica), solicita una exención de pago de matrícula que en un principio le fue negada y posteriormente aprobada en 1934.

En el curso 33-34 culmina las asignaturas correspondientes al doctorado en ciencias Físico Químicas<sup>2</sup> y gracias a un premio obtenido en la asignatura de Geología en junio de 1934 puede abonar el costo del título, el cual se le expide en agosto de ese año.



Título de Doctor en Ciencias Físico-Químicas

Durante los cursos siguientes mantiene los estudios de las carreras de Ingeniería y Ciencias Naturales.



En 1933. Archivo UH

Con el objetivo de obtener experiencia como químico, comienza a impartir docencia de forma gratuita en la Cátedra E de Química

<sup>1</sup> Mantiene su opción a los títulos de Ingeniero Civil y Arquitecto e Ingeniero Electricista por varios cursos más aunque nunca llega a obtenerlos

<sup>2</sup> No constan en su expediente, ni en la relación de tesis de grado de los doctores de ciencias publicada en 1953 por la Facultad de Ciencias UH, los cuales fueron los ejercicios de culminación de estudios realizados para su graduación.

Inorgánica en la propia Universidad<sup>3</sup> mientras continúa como profesor en las Escuelas Pías. Así se mantiene durante 3 años hasta que en 1937 obtiene la plaza de Profesor Agregado interino de la Cátedra E. Con dicha plaza logra mejorar su situación económica al devengar 1200 pesos anuales, es decir 100 pesos al mes.

La década del 40 fue de intenso trabajo para Ledón. Además de trabajar como docente en la Universidad, mantiene, como segundo empleo, el de profesor de Física y Química de las Escuelas Pías de La Habana. En 1940 comenzó también a dar clases en el Colegio de Belén, donde se mantuvo como profesor hasta el año de 1948. Además realizó estudios fitoquímicos junto al Doctor Juan Tomás Roig<sup>4</sup> en los laboratorios de la Estación Agronómica de Santiago de Las Vegas, trabajando en la extracción, purificación e identificación de principios activos en plantas medicinales cubanas. Una de las plantas que investigó fue la *Rauwolfia Tropical*, en la que encontró que el contenido de reserpina era cinco veces mayor que en la *Rauwolfia serpentina*, ésta última originaria de la India.

En 1942 matricula el doctorado en Farmacia, y se le abonan 5 asignaturas aprobadas en los cursos de Ingeniería, y en los doctorados en ciencias Físico Químicas y Ciencias Naturales. Durante los tres años siguientes aprueba las asignaturas farmacéuticas propias de la carrera y en noviembre de 1945 se gradúa como Doctor en Farmacia.



Carné de Alumno de la carrera de Farmacia

<sup>3</sup> Había quedado vacante una plaza en la cátedra al pasar el Dr. Francisco de la Carrera a la categoría de profesor titular, pero no había presupuestado en la Universidad para convocarla oficialmente.

<sup>4</sup> Doctor Juan Tomás Roig (1877-1971). Sabio naturalista cubano. Doctor en Ciencias Naturales, en Ciencias Físico

Como profesor agregado de la cátedra E Carlos Theye y Lhoste, además de la docencia asignada, fungió como miembro suplente del tribunal de oposición a plazas docentes, fue consejero de tesis de grado, asumió la dirección de las prácticas de grado, y la revisión de programas de asignaturas. Escribió lecciones sobre la ley de acción de masas, la corrosión de metales, la isomería y las soluciones, que se publicaron en folletos mimeografiados. En 1941 publica, junto a Fernando Zayas un texto de Química elemental<sup>5</sup>



Título de Doctor en Farmacia



Foto de los años 40. Cortesía MC Melo

En estos años sus investigaciones en la Universidad estuvieron dirigidas al mejoramiento de la química experimental proponiendo más de 20 nuevos ensayos, técnicas operatorias o realizando importantes modificaciones a las mismas.

Impartió conferencias sobre diversos temas en instituciones extrauniversitarias, entre las

Químicas, en Farmacia y Perito Agrónomo por la Universidad de La Habana. Publicó el libro Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba, obra de consulta obligatoria para todo estudioso de la botánica cubana y algunas disciplinas afines.

<sup>5</sup> Texto de Química Elemental. E. Ledón y F. Zayas González. Ed. Zayled. La Habana. 1941.

que se pueden mencionar: *Los coloides y su aplicación en la Química Industrial*, *Aspectos físico-químicos de los detergentes*, y *El átomo en la Física Moderna*. También realiza otras labores extensionistas como la de fungir como perito químico en una causa criminal.

Un aspecto importante a destacar en este período es que, sin ser su especialidad, Ledón imparte la asignatura de Química Biológica. Esto lo hace gratuitamente ya que al corresponder la asignatura a un nuevo plan de estudios no estaba contemplado en el presupuesto la gratificación correspondiente.

Desde el mes de abril de 1947, Ledón se desempeña como profesor auxiliar y jefe de laboratorio, por enfermedad del propietario del cargo Dr. Antonio Estévez Seguí. En enero del 48 obtiene dicho cargo por derecho a ascenso, al fallecer el profesor Estévez y renunciar el otro agregado a dicha plaza.



*Título de Profesor Auxiliar*

Ya como Profesor Auxiliar, Ledón redacta en colaboración con el Dr. Francisco de la Carrera, un libro de prácticas de laboratorio,<sup>6</sup> y un libro de problemas numéricos de cálculos químicos.<sup>7</sup> También escribió un folleto de prácticas de laboratorio para alumnos de cuarto año de Bachillerato.

En 1948 es nombrado miembro de la Comisión de Planes de Estudio de la Facultad de Ciencias, por la sección de Química. En esta misma época, según refiere el Dr. Juan Castillo,<sup>8</sup> Ledón trabaja junto al Dr. Francisco de la Carrera y al Dr. Francisco Vargas en el diseño del nuevo edificio de la sección de Química de la Facultad de Ciencias.

Durante los primeros años de la década del 50 Ledón es nombrado o electo para diversos cargos como: suplente en la Junta de Gobierno del Balneario Universitario, miembro de grupo de trabajo técnico científico de la Junta Nacional de Economía, miembro de la Comisión Atlética Universitaria, miembro de la comisión de estudio para la organización de un instituto de segunda enseñanza anexo a la Facultad de Ciencias, y miembro de la comisión para proyectar el nuevo plan de estudios de la carrera de Farmacia.



*Ledón en clases. Cortesía MC Melo*



*En una práctica de Laboratorio  
Cortesía MC Melo*

El panorama político universitario después del golpe de estado de Batista en 1952 es sumamente complejo y convulso, está

<sup>6</sup> Curso Práctico de Química Inorgánica. E Ledón y F de la Carrera. Ed López y Fábrega. La Habana. 1956

<sup>7</sup> Problemas de Química. E Ledón y P. Vazquez. Ed. Erleca 1953

<sup>8</sup> Dr. Juan Castillo. Dr. En Ciencias Químicas. Fue director del laboratorio de Inorgánica del CNIC y colaborador del Dr. Ledón

caracterizado por la lucha estudiantil, manifestaciones y protestas, suspensiones de clases, enfrentamientos con la policía, estudiantes asesinados y detenidos, violación de la autonomía universitaria, creación del Directorio Revolucionario, el ataque al Palacio Presidencial y la toma de Radio y el asesinato de José Antonio Echevarría, los hechos de Humboldt 7 y culminando con el cierre de la Universidad de La Habana entre marzo del 57 y 1959.

Este período de dos años Ledón lo calificó irónicamente como de “*vagancia útil*”, porque le permitió dedicar tiempo a perfeccionar prácticas de laboratorio, redactar nuevos programas y realizar investigaciones. En 1958 también trabaja en el Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas, junto al Dr. Emiliano Ramos y donde contribuyó a formar al personal químico que allí laboraba.

Durante la tiranía batistiana Ledón colaboró activamente con las fuerzas revolucionarias vinculadas a la Universidad, Según Castillo,<sup>9</sup> “*El golpe de estado de Batista no pasa inadvertido para Ledón que desde el mismo 10 de marzo de 1952 se incorpora a la resistencia junto con Marcelo Fernández y Faustino Pérez, y se mantiene como cooperante del Directorio Revolucionario hasta el triunfo de la Revolución*”

Julio García Olivera, dirigente del movimiento estudiantil, se refiere a la oposición de Ledón al desgobierno de Cuba de este modo:<sup>10</sup>

*“En medio de la agitación reinante nos llamaron la atención los trajines del profesor de Química, Ernesto Ledón, que en compañía de otras personas cargaba unos botellones de gasolina con el propósito de preparar cocteles molotov. Recordábamos que años antes, en el colegio donde estudiábamos nos había sorprendido con sus críticas a los vicios de los gobiernos auténticos asegurando que, de seguir así, sobrevendría una nueva dictadura en el país. Al verlo aquel día, en tan decidida actitud recordamos sus palabras”*

Al triunfo revolucionario y según consta en su expediente, Ledón fue nombrado parte de la comisión que debía estudiar la reforma integral universitaria.<sup>11</sup> El 10 de febrero, al promulgarse la Ley Fundamental, Ledón interviene ante los medios de comunicación y en sus declaraciones apoya la necesidad de una reforma universitaria y la depuración de algunos decanos y profesores como sigue:<sup>12</sup>

*“El Consejo Universitario como institución tiene todo mi respeto y no desconozco su autoridad, asimismo, el Rector, Doctor Clemente Inclán, es un símbolo glorioso de la universidad erguida en contra de la tiranía. En el Consejo Universitario hay Decanos dignísimos, cuya conducta es inobjetable, y deben, por tanto, permanecer como tales, hay también Decanos que han desmerecido su alta investidura y que deben ser expulsados de sus cargos...”*

También aduce en relación con la reforma:

*“Se ha afirmado que sin recursos económicos no hay posibilidades de reforma;*

<sup>9</sup> Conferencia presentada por J.A. Castillo, M.C. Melo y R. Bellot. III Congreso de la Sociedad Cubana de Química. La Habana (1998).

<sup>10</sup> García Olivera J. José Antonio Echevarría, la lucha estudiantil contra Batista. Ed. Política 1979. Pág. 27.

<sup>11</sup> En el marco de este trabajo resulta imposible resumir la compleja situación que enfrentaba la UH al triunfo de la Revolución. Existían contradicciones entre el Consejo Universitario (CU), la Sección Estudiantil del Movimiento 26 de Julio y la dirigencia de la FEU<sup>11</sup>. En el mes de enero de 1959, el CU crea una comisión de profesores para que adecue

el proceso de depuración del personal universitario vinculado a la tiranía batistiana y para que se creen las bases para una reforma académica docente y administrativa en la UH. El CU aspiraba a contar con la participación estudiantil en ese proceso, participación que no se concretó de inmediato y condujo a toma por la FEU de los edificios universitarios, lo cual fue censurado por el Movimiento 26 de julio. El Gobierno Revolucionario promulga, 10 de febrero, la Ley Fundamental donde en su artículo 53 reconoce los estatutos Universitarios que le conferían al CU el gobierno de la UH. (Para mayor información consultar el libro Historia de la UH.)

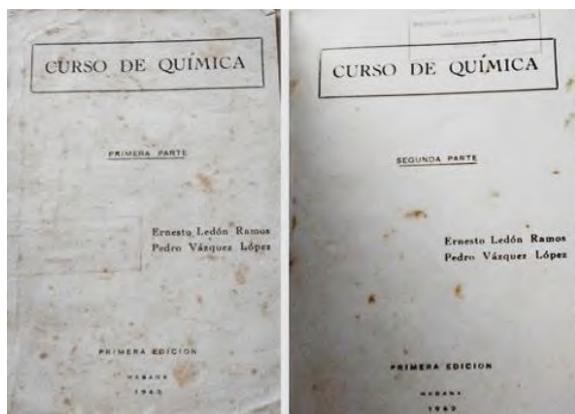
<sup>12</sup> Periodico Información. 11 de febrero de 1959. pág. B-9

*¿tendrá algo que ver el aumento de presupuesto universitario con que los profesores pongan programas al día, asistan bien y puntualmente a clases, califiquen con un criterio objetivo, y en general demuestren por la docencia el interés que quieren los alumnos?*

A raíz de estas declaraciones y a petición de algunos miembros del Consejo Universitario, a Ledón se le radica un expediente disciplinario, ya que consideraron sus juicios como falta grave y atentatoria a la dignidad del consejo, pero finalmente se acuerda, por el juez instructor del proceso y el claustro de la Facultad de Ciencias, declararlo no culpable de los cargos imputados.

En octubre del 60, Ledón vuelve a la palestra en defensa de la reforma universitaria, solicitando una moción ante la dirección de la Facultad de Ciencias a fin de convocar un claustro especial sobre la reforma, apoyando así las orientaciones de la Comisión Mixta y reconociéndola como única representación genuina de los factores universitarios.

Durante el periodo 1959-1962, Ledón trabaja junto al Dr. Héctor Touza en el perfeccionamiento de los programas de Química de la enseñanza media y en 1963 se publica el libro "*Curso de Química*"<sup>13</sup> del cual existen 4 ediciones en Cuba y por cual estudiaron varias generaciones de bachilleres.



*Portadas del libro Curso de Química 1ra y 2da parte*

Reanuda los estudios fitoquímicos con el Dr. Juan Tomás Roig en la Estación Experimental, ahora con mejores condiciones para desarrollar las investigaciones. En la UH trabaja como delegado de la Facultad de Ciencias ante el Consejo Económico, en la comisión editora de la Facultad, asume las funciones de profesor titular de la Cátedra E, y es nombrado en diciembre de 1961 Director del Departamento de Química General e Inorgánica.

En 1961, se le abre al profesor otro expediente para analizar la denuncia realizada por un grupo de estudiantes de la carrera de Agronomía por una prueba de Química Inorgánica demasiado exigente que provocó un importante número de desaprobados en la misma. Los estudiantes aducen que Ledón no había sido el profesor de la asignatura y que el examen no se ajustaba al nivel de la enseñanza recibida. Su temperamento y personalidad lo hacen enfrentarse con palabras irónicas ante estas situaciones.

Aunque no aparece en ninguna fuente oficial se cuenta también que Ledón tuvo una fuerte discusión con un bedel de la Escuela de Química que le exigió ser registrado a la entrada del edificio a lo cual el profesor se negó rotundamente, respondiendo que el "*vivía ahí*", que esa era su casa y que nadie debía registrarlo al entrar a su casa.

### **Colaboración con el Che y el Ministerio de Industrias.<sup>14</sup>**

En 1961, el Comandante Ernesto Che Guevara, entonces Ministro de Industrias, crea en el Plan de Ayuda a la Formación de Técnicos (PAFT), donde Ernesto Ledón imparte un curso de Química a un grupo de técnicos de empresas farmacéuticas. También imparte clases de Química en el tecnológico José Martí durante el proyecto del Che de crear carreras cortas de

<sup>13</sup> Curso de Química. E. Ledón, P. Vázquez. 1ra ed. Ed. Neptuno. La Habana 1960.

<sup>14</sup>La labor de Ledón después de su salida de la UH no está prácticamente documentada. Ha sido necesaria su reconstrucción a partir de fuentes orales

subingenierías en Mecánica, Química, Electrónica y Construcción.

Ledón intenta abandonar ilegalmente el país en 1962.<sup>15</sup> El Che, al conocer por uno de sus asesores de su detención, propicia su liberación, argumentando: “*hombres como usted nos hacen falta*”,<sup>16</sup> y lo lleva a trabajar al Ministerio de Industrias. Ledón confesó años más tarde haberle dado al Che su palabra de no abandonar Cuba. Siempre guardó un gran afecto y respeto hacia la persona de Ernesto Guevara y sintió profundamente su muerte.

En una etapa de escasez de diversos artículos y antes de que se normaran los productos en la libreta de abastecimiento, el Che le pide a Ledón una solución para evitar el acaparamiento de la pasta de dientes. Ledón recomienda añadir a la mezcla de la pasta una determinada proporción de carbonato de calcio inocua para la salud. Esta sal provocaba que al cabo de un cierto tiempo la pasta se endureciera y resultase imposible su almacenamiento prolongado.

Cuando el Che funda en mayo de 1963 el Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar, ICIDCA, Ledón comienza su labor investigativa en el mismo.

La colaboración con el Ministerio de Industrias se mantuvo por años, aún después de la desaparición física del Che y estando Ledón laborando en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC).

### Ledón en el CNIC<sup>17</sup>

En 1964 comienza un curso de postgrado de tres años en Ciencias Básicas en el Hospital Fajardo al cual asiste un seleccionado grupo de médicos de experiencia. Ese grupo fue el

germen del Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC), que se creó en 1965 para iniciar investigaciones biomédicas en Cuba. Ledón fue el profesor de Química de ese curso inicial, que se mantuvo con posterioridad en el CNIC hasta 1978.

En el CNIC a partir del 65, Ledón no se limitó a impartir docencia, sino que tuvo una importante participación en la formación de doctores en la rama Química. Sus colaboradores refieren que participaba en las predefensas y defensas con sugerencias y acertadas preguntas, pero que también ayudaba a cualquier aspirante que se acercara a él durante el trabajo experimental con dudas o dificultades. Por ejemplo, el Dr. Illnait<sup>18</sup> refiere que en una ocasión necesitaba un colorante especial para tinter una proteína y fue a preguntarle a Ledón si disponía del reactivo (Se dice que Ledón tenía en el laboratorio casi cualquier cosa). Ledón respondió: *Yo no lo tengo pero tu mismo lo puedes hacer*, y de inmediato le señaló como obtenerlo.



Si alguna persona le preguntaba algo que el desconocía, Ledón con la modestia que lo caracterizaba respondía: *Yo no lo sé, pero pregúntale a...*

<sup>15</sup> 10 de abril de 1962. Su renuncia como profesor universitario es aceptada por la Junta de Gobierno de la UH omitiendo el trámite reglamentario dada la premura del caso. Archivo UH.

<sup>16</sup> Según el propio Ledón le relatará a la técnica y estrecha colaboradora, María Cristina Melo

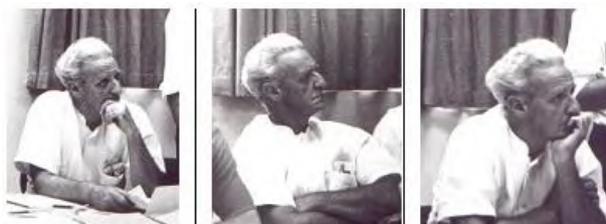
<sup>18</sup>Dr. José Illnait Ferrer, Doctor en Ciencias Biológicas, Especialista de Segundo Grado de Bioquímica Clínica e Investigador Titular. Formó parte del segundo grupo de médicos que se formaron como investigadores en el CNIC en los 60. Alumno y continuador de los trabajos de Ledón sobre el Anamú.



*Seminario del CNIC exponiendo su investigación. Cortesía de MC Melo.*



*En tribunal de doctorado. Cortesía de MC Melo*



*En tribunal de doctorado  
Foto Cortesía de C. Núñez*

En el CNIC, Ledón trabajó en el Laboratorio de Química Inorgánica del Dpto de Química Analítica perteneciente a la rama Química que dirigía el Dr. Juan Castillo. Allí, en un sótano conocido por “la cueva del humo” su labor fundamental era la realización de trabajos de aplicación o servicios. Diversas instituciones e industrias se dirigían a Ledón para obtener a solución problemas relacionados con la Química.

Entre estas tareas se puede mencionar el aprovechamiento de minerales cubanos como lateritas y piritas, problemas que se presentaban en las plantas de sulfometales tanto de Pinar del Río como en Moa y Nicaro.<sup>19</sup>

También realiza trabajos de aplicación o de servicio a otras instituciones como fue el trabajo realizado en la recuperación y mantenimiento de acumuladores para el Ministerio de Transporte y el trabajo para la fábrica de pilas Yara.

Resolvió una situación de aguas contaminadas que planteó el MININT, determinados problemas de corrosión, la obtención de plata en minas de Pinar del Río, la síntesis de hidroxapatita solicitada por el MINSAP, entre otros.

Uno de los trabajos más complicados llevado a cabo en el laboratorio fue el compromiso con el Ministerio de Comunicaciones de obtener 1 g de indio a partir de las cenizas de la planta de Santa Lucía. Cuando fue solicitada esta tarea, Ledón la catalogó como difícil pero posible. Ledón empleó su auto para transportar las grandes cantidades de material que se requirió para esta labor.



*Ledón con su grupo de investigaciones  
Cortesía de MC. Melo*

Sus colaboradores del laboratorio refieren que cuando a Ledón le llegaba un trabajo de servicio, reunía a su equipo de laboratorio y planteaba el problema y asignaba las tareas de investigación e indicaba que realizaran la búsqueda bibliográfica imprescindible para comenzar el trabajo. Generalmente cuando el investigador o técnico venía con la técnica para resolver la situación propuesta, Ledón ya tenía sugerencias a realizar que permitían modificar

<sup>19</sup> El Ingeniero químico Demetrio Presilla quien echó a andar la fábrica de níquel Pedro Soto Alba en Moa, era amigo de Ledón y lo consultaba regularmente.

o mejorar la vía encontrada. Plantean que Ledón intuía de antemano la respuesta o la vía de solución pero obligaba que los investigadores o técnicos buscaran y analizaran.

La mayoría de estos trabajos de aplicación no fueron publicados pero gracias al Dr. Castillo se conoce de algunos que sí se tradujeron en publicaciones o patentes, como los que se señalan a continuación:

### Artículos en revista CNIC

- Sobre el carbonato de hexa-amino níquel II tetrahidratado: nuevo método de cristalización. Aportes sobre su estructura. J. A. Castillo Hernández, J. Fernández Beltrán, E. Ledón.
- Un método para la cristalización de carbonatos de amino-Níquel II. J. A. Castillo Hernández, E. Ledón, L. Nuñez.
- Sobre el acetato ferroso anhidro, síntesis y caracterización. J. A. Castillo Hernández, E. Ledón, Z. N. Prozarovskaya, I. V. Arjangliski, N. Torres.

### Patentes

- Procedimiento para obtener plata metálica. J. A. Castillo Hernández, E. Ledón, N. Torres, Aláez.
- Empleo del cloruro de sodio para separar indio de cobre y hierro mediante resinas de intercambio aniónico.

En 1981, la Academia de Ciencias de Cuba le otorga al profesor Ledón la categoría de Investigador Titular debido a sus múltiples aportes en el área de la Química Inorgánica.

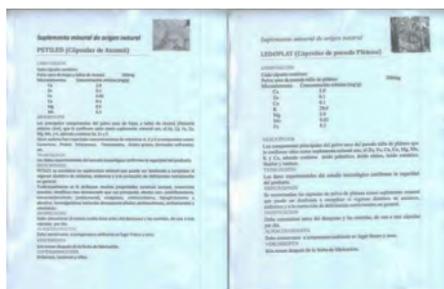


*Título Investigador Titular. Con Rosa Elena Simeón. Presidenta de la ACC*

En el CNIC, desde finales de los años 70, Ledón comenzó a desarrollar investigaciones fitoquímicas sobre las aplicaciones medicinales del anamú y la cáscara del plátano. Muchas personas se acercaron en esos años al CNIC para obtener de manos de Ledón las cápsulas que mejoraban la calidad de vida en pacientes aquejados de asma o cáncer. “*Los estudios de Ledón sobre el anamú, aunque poco difundidos, han servido de fundamento y estímulo a otros investigadores del CNIC gracias a los cuales, se han registrado patentes y obtenido registros sanitarios*”.<sup>20</sup> Actualmente, las cápsulas de Anamú se utilizan como medicamento herbolario para diferentes enfermedades y se comercializa por varias firmas como suplemento nutricional o como inmunomodulador. Las cápsulas de fibras de la cáscara de plátano y conocidas como polvo de *musa paradisiaca* han demostrado su efectividad en su uso contra el asma en ensayos clínicos. Hay otros efectos medicinales documentados. Según la información obtenida en el CNIC, estas cápsulas continúan fabricándose en pequeña escala bajo los nombres Petiled (Anamú) y Ledoplat (Pseudoplátano).

<sup>20</sup> Illnail J. Principales referencias etnomédicas sobre el anamú (*Petiveria Alliacea Linn*) y principios activos

encontrados en la planta. Un acercamiento. En *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 38, No. 1, 2007



*Prospectos de las cápsulas de anamú y plátano*

Hacia fines de la década de los 80, Fidel visitaba con frecuencia el CNIC, parte del Polo Científico del Oeste e inmerso en importantes investigaciones biomédicas. En muchas de esas visitas Fidel y Ledón sostuvieron encuentros conversando sobre los resultados de los estudios de este último. En 1989 Fidel inquirió qué hacía falta para aumentar la producción de las cápsulas de anamú y plátano, y Ledón contesta que requería de una encapsuladora. La encapsuladora llega, con presteza pero tarde para Ledón, unos días después de su fallecimiento.

El conocimiento químico de Ledón trascendió las fronteras cubanas y no solo por sus libros de Química, los que han sido empleados en diferentes países latinoamericanos en el campo de Investigaciones biomédicas.



*Fotos de Fidel con Ledón  
Cortesía de MC Melo*



*Fotos de Fidel con Ledón  
Cortesía de MC Melo*

El premio Nobel de Química, Linus Pauling y el profesor Ledón mantuvieron correspondencia durante varios años. Pauling visita La Habana en ocasión de celebrarse en 1978, el IV Congreso de Oncología de La Habana y solicita reunirse con “his friend Dr. Ledón”. Ambos se encuentran en más de una ocasión dentro y fuera del CNIC para intercambiar sobre diferentes temas científicos, entre ellos el uso e importancia de la vitamina C.



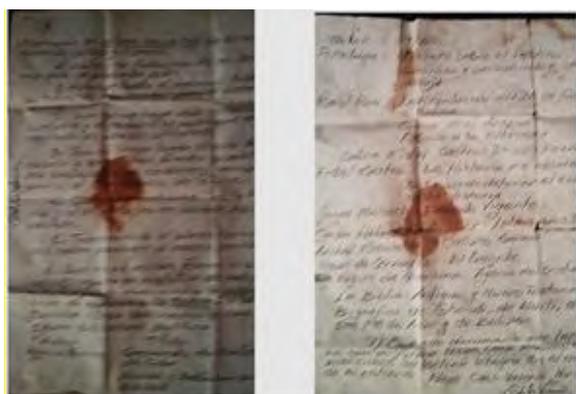
*Con Linus Pauling. Cortesía MC Melo*

El Dr. Castillo, en su trabajo, menciona la conferencia impartida por Ledón en el Capitolio, y que ha sido nombrada por otros profesores como “En defensa de la Regla de Tres”. Me atrevo a afirmar que esta conferencia fue pronunciada en rechazo al uso indiscriminado de fórmulas en los cálculos matemáticos y estequiométricos, y en favor del razonamiento y el pensamiento lógico.

Ledón fue hemofílico y durante sus últimos años padeció de serios problemas cardiacos que

condujeron a la implantación de un marcapaso. Fallece el 5 de mayo de 1989, un mes antes de cumplir los ochenta años de edad.

En su testamento, expresión de su última voluntad, pide que no haya velorio, que se le realice una necropsia y que si de ella surge un resultado de utilidad, éste sea publicado, que se le entierre “en la tierra”, que no se envíen flores y que estos tributos en metálico se dediquen a la compra de libros para alguna biblioteca. Entre los libros sugeridos se hallan: Ramiro Guerra, *Compendio de Historia de Cuba, Azúcar y población en las Antillas, La expansión territorial de los Estados Unidos*; Pittaluga, *Diálogos sobre el destino, Grandeza y servidumbre de la mujer*; Raúl Roa, *La Revolución del 30 se fue a bolina, Quince años después, y Retorno a la alborada*; Fidel Castro, *La historia me absolverá y Nada podrá detener el curso de la historia*; de Jorge Mañach, *Pasado Vigente*; Carlos Rafael Rodríguez, *Letra con filo*; Miguel de Cervantes, *El Quijote*; Miguel de Unamuno, *Agonía del Cristianismo*; *La Biblia Antigua y el Nuevo Testamento*; *Biografías de Gandhi, Martí, San Francisco de Asís, y Bolívar*.



Testamento ológrafo. Albacea Dr. Juan Castillo

### Algunas anécdotas sobre Ledón

Algunos alumnos o conocidos han relatado anécdotas sobre Ledón, que ciertas o no, forman parte de su recuerdo, y dan a conocer su personalidad, más allá de datos biográficos.

Un estudiante de Química se atrevió a preguntarle en una ocasión qué páginas del libro iban al examen de su asignatura, a lo que Ledón contestó con su voz atronadora: “*el libro de tapa a tapa*”. Otro refiere: Las “*pruebas*” que hacía eran siempre ingeniosas y con la intención de “*hacerte pensar*”.

Se dice también que a las defensas de maestrías o doctorados se presentaba con la misma “*apariencia modesta*” con la que iba habitualmente a trabajar, generalmente “*vestido de caqui*”, dándole al acto importancia científica y no social. Pero que cuando hacía preguntas, estas eran “*demoledoras*”, centrándose en el punto más importante del trabajo.

También se ha reiterado la historia de que “*un día el auto se le quedó sin gasolina frente al garaje de 146 y Quinta Avenida. Después de infructuosas gestiones con el empleado de la gasolinera para conseguir algo de combustible que le permitiera llegar a su casa, Ledón pidió un poco de agua y con gesto grandilocuente le añadió una pastilla que sacó del bolsillo de sus gastados pantalones. Acto seguido arrancó el auto y se fue manejando ante la mirada atónita del pistero*”.

Refieren sus colaboradores que Ledón le gustaba dar “*botella*” en el auto a sus conocidos donde quiera que los tropezaba, pero muchas veces las personas evitaban montarse. El asiento del acompañante había sido retirado y en su lugar había colocado una silla y el trasero estaba lleno de trastes, papeles, equipos, libros y cajas de reactivos. Ledón decía que ese era su almacén.

Al profesor Ledón le apasionaba la lectura. Leía sobre disímiles temas: ciencia, historia, religión, política... Un día llevó, de su casa para el laboratorio, un desvencijado sillón, que en lugar de rejilla tenía tiras de tela y que uno de los balances estaba partido. Allí Ledón leía hasta que de pronto exclamaba: “*Es hora de*

cambiar de actividad” y comenzaba a hacer algo en el laboratorio o en el bioterio.



Sillón de Ledón restaurado

Ledón era creyente y conocedor profundo de la religión católica. En una ocasión, durante un curso a investigadores del Centro de Sanidad Vegetal (CENSA) los alumnos intentaron criticar sus creencias planteando que no podía probarse la existencia de Dios, a lo que Ledón respondió: *“Es verdad que no hay pruebas de que exista, pero tampoco puede probarse que no exista”*, y de inmediato empezó una charla sobre teología, argumentando de tal modo su opinión, que nadie pudo rebatir.

Se cuenta asimismo que en medio de apagones su casa era la única iluminada de su cuadra a partir de una pequeña planta montada con la batería de su auto. La gente del barrio se refería a este hecho como: *“ahí vive un químico famoso que sabe hacer luz buena y barata”*.

### Opiniones sobre Ledón

El Dr. Pedro (Peter) Valdés<sup>21</sup> apunta: *“Hubo muchos profesores verdaderamente consagrados en el CNIC. Uno de ellos fue Ernesto Ledón, fundador que enseñaba con su ejemplo y sus conocimientos de la química”*.

El Dr. Wilfredo Torres<sup>22</sup> en una entrevista a Granma, con motivo del 50 aniversario de la fundación del CNIC, refiere: *“Todavía muchos de los antiguos alumnos sienten orgullo de*

*haberse formado allí, bajo la guía de brillantes profesores cubanos y de varios países, como fueron los casos de Ernesto Ledón, (...)”*.

El Dr. Autie, en su artículo *Carbones activados a partir de anamú (Petiveria alliacea L)*, publicado en el 2011, escribe: *“Dedicamos este modesto trabajo a la memoria del Dr. Ernesto Ledón Ramos (1909-1989), eminente químico que contribuyó a la formación de generaciones de científicos cubanos. Con su iniciativa de producir las cápsulas de anamú en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, el Dr. Ledón contribuyó a la curación y al mejoramiento de la calidad de vida de muchos de nuestros ciudadanos. Quienes tuvimos la suerte de conocerlo y tratarlo, lo recordamos con gran cariño”*.

El Dr. Illnait, investigador del CNIC, refiere que recibió clases de Química Inorgánica impartidas por Ledón cuando se incorporó al segundo grupo de médicos que se formaron como investigadores en el CNIC en el 65, y lo califica como un *“profesor extraordinario, con gran capacidad de llegar a los alumnos y entusiasmarlos con la materia”*. Ya después trabajó con él en el laboratorio y *“sus habilidades y conocimientos de la Química hacían que pudiera resolver cualquier problema en el mismo laboratorio del CNIC”*. En otra entrevista el Dr. Illnait<sup>23</sup> planteó: *“(…) Ernesto Ledón Ramos, connotado químico y sencilla persona”*, y continúa *“(…) los estudios del profesor Ledón han sido poco difundidos, sin embargo, es recordado como el eficiente y consagrado investigador que siempre fue, y que son, sin dudas, el punto de partida de las sucesivas generaciones de colegas que han mantenido esa línea, ya que sus seguidores han logrado -- tomando como base y fundamento su*

<sup>21</sup> Pedro Valdés. Director de Neurociencias. De la primera computadora cubana al desarrollo de la neurociencia. <http://cubainformacion.tv/index.php/cultura/72911>

<sup>22</sup> Wilfredo Torres. Director del CNIC. Forja de un visionario sueño. En: *Periódico Granma*. 2015-03-06

<sup>23</sup> ANAMÚ, medicamento herbolario de alto valor inmunestimulante. Entrevista al Dr. José Illnait. En: *Revista 16 de abril*. Revista Científico Estudiantil de las Ciencias Médicas de Cuba. 5/11/2010.

teoría y práctica--, registrar patentes y obtener registros sanitarios de varios productos”.

La Dra. Ruth Daisy Enríquez Rodríguez<sup>24</sup> dijo en una entrevista: “(...) me interesaban la investigación científica, la posibilidad de conocer, de descubrir, y por fortuna, tuve magníficos profesores como Ernesto Ledón (...), quienes me fueron conduciendo hasta llegar a la Química y otros muchos saberes”.

El Dr. Ismael Clark<sup>25</sup>, presidente de la Academia de Ciencias de Cuba se refirió a Ledón del siguiente modo: “Otra persona que tuvo una influencia clarísima en mi modo de pensar y en hacerme ver que la ciencia es uno de los campos más hermosos en los cuales puede adentrarse un ser humano, fue Ernesto Ledón Ramos. Me impartió clases durante dos años en el bachillerato. Era un profesor de Química eminente y autor de libros de texto que han sido de mucha utilidad en Cuba y América Latina. Años después tuve la suerte de volver a tenerlo como profesor de posgrado, en la materia de Química General, en el Centro de Investigaciones Científicas (CENIC). Allí ese pedagogo especial de la Química tenía su cátedra; y fue donde adquirí mi especialidad en Bioquímica Clínica”.



Dr. Ernesto Ledón Ramos (1909-1989)

## Agradecimientos

Gracias a los colaboradores de Ledón, a profesores de la Facultad de Química, al personal del CNIC y del Archivo UH, ya que sin su ayuda, sugerencias y aportes hubiera sido imposible escribir este artículo.

## Bibliografía

- Entrevistas al Dr. Juan Castillo, Tec. Ma. Cristina de Melo, Dra. Bárbara Luna, Dr. José IllnaitCastillo J.A, Melo M.C. y Bellot R. Conferencia Ernesto Ledón Ramos. III Congreso de la Sociedad Cubana de Química. La Habana (1998).
- De Armas R., Torres-Cuevas E, y Cairo A. Historia de la Universidad de La Habana. Tomo II. Ed. Ciencias Sociales. La Habana (1984).
- Expediente Académico 18648. Archivo UH
- Expediente Personal Facultativo 1110. Archivo UH
- Expediente Administrativo 10856. Archivo UH

<sup>24</sup> Ruth Daisy Enríquez Rodríguez. Química y Farmacéutica. Profesora Titular y de Mérito de la UH. En: La primera decana de Cuba quisiera volver a ser una alumna. Blog Isla al Sur. 01/02/2008

<sup>25</sup> En: <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2011-06-04/laciencia-no-se-hace-sola-fotos>

# Dr. Luis Felipe Le Roy y Galvez ¿Químico o Historiador?

Historia de la  
Química

Departamento de Química General e Inorgánica  
Facultad de Química, Universidad de La Habana



**Rebeca Vega Miche**  
[vega@fq.uh.cu](mailto:vega@fq.uh.cu)



**Loreley Morejón**  
[lmorej@fq.uh.cu](mailto:lmorej@fq.uh.cu)

Aunque la revista *Encuentro con la Química* en su sección *Tributo* (No 3, Vol I, 2015) publicó una breve reseña sobre el Dr. Luis Felipe Le Roy hoy, a tenor de la celebración del **I Taller Historia de la Química**<sup>26</sup> nombrado en honor a dicha personalidad y organizado por la Sociedad Cubana de Química hemos considerado importante ampliar la biografía de este importante científico cubano.

## Algunos datos personales sobre su formación

Luis Felipe Le Roy y Gálvez nació en La Habana el 24 de agosto de 1910. Hijo de Jorge Le Roy y Cassá<sup>27</sup> y María Gálvez y Guillem cursó estudios en el Colegio la Salle de La Habana y posteriormente en el St. Paul's College de Covington, Louisiana, Estados Unidos. En 1927 se gradúa de bachiller en el Instituto de Segunda Enseñanza de La Habana e ingresa en la Universidad de la Habana donde matrícula para optar por los títulos de Ingeniero Civil Electricista y Doctor en Ciencias Físico

Químicas, Físico Matemáticas y Ciencias Naturales.

En 1930, con el cierre de la Universidad por el gobierno de Machado y la situación política imperante, después de haber cursado el tercer año de la carrera de Ingeniería y faltarle solamente las asignaturas de Química Orgánica y los ejercicios de grado para culminar el Doctorado en Ciencias Físico Químicas; Le Roy continúa su preparación de forma autodidacta para la culminación de los trabajos de grado.



*Diploma de Bachiller en Letras y Ciencias*  
Archivo UH

<sup>26</sup> I Taller sobre Historia de la Química, 10, 11 y 12 de enero, 2018.

<sup>27</sup> Doctor Jorge Le Roy (1867-1934), destacado médico y cirujano cubano, miembro de la Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales de La Habana, y su secretario por

más de dos décadas. Colaborador del Dr. Carlos J. Finlay en la Junta Superior de Sanidad. Orden Carlos J. Finlay con el grado de Gran Oficial.



Luis F. Le Roy (Ingreso al Bachillerato)  
Archivo UH

En 1933 renuncia a concluir la carrera de Ingeniero Electricista debido a la enfermedad y fallecimiento de su padre; sin embargo, en diciembre de ese año obtiene el título de Doctor en Ciencias Físico Químicas, con la tesis titulada: *Conducción de la Electricidad por las Soluciones Electrolíticas*. Ejerce como Profesor Titular Interino de Física del Instituto de Segunda Enseñanza de Pinar del Río, cargo que ocupó recién graduado de la Universidad y el cual tiene que abandonar a finales de 1934<sup>28</sup> al quedar cesantes los profesores de todos los institutos de la Isla. Al reabrir la Universidad en 1937, examina y aprueba las asignaturas pendientes y realiza los ejercicios de grado para obtener los títulos de Doctor en Ciencias Físico Matemáticas<sup>29</sup> y Doctor en Ciencias Naturales.<sup>30</sup>



Expediente estudiantil Archivo UH (1927), (1929)



Expediente estudiantil Archivo UH (1933) y (1934)

### Su desempeño como químico

Una vez graduado, Le Roy solicita el cargo de Profesor Agregado Interino de la Cátedra L de Análisis Químico de la Escuela de Ciencias, el cual obtiene mediante la Resolución Rectoral el 9 de abril de ese año. Ya trabajando como profesor en dicha cátedra, realiza estudios acerca de los métodos y la organización de los laboratorios de análisis químicos en universidades radicadas en la ciudad de Nueva York, como miembro de una comisión especial científica de carácter honorífico (1938). Paralelamente toma un curso de Análisis Químico en la Universidad de Columbia.

Durante el periodo lectivo 1940-1941 dicta por vez primera un curso de Análisis Cuantitativo y realiza los ejercicios de oposición como Profesor Agregado de la Cátedra L (1942), y los de Profesor Auxiliar (1943), desempeñándose además como Jefe del Laboratorio. Con la puesta en marcha en ese mismo año del nuevo plan de estudios y la creación de la asignatura de Química Analítica Instrumental para doctores en Ciencias Físico-Químicas, Le Roy es designado para impartirla, a la vez que se desempeña como profesor principal del curso de Análisis Químico Cuantitativo en la Facultad de Ingeniería Agronómica. En 1954 se le otorgó la categoría de Profesor Titular de la Cátedra L de la

<sup>28</sup> Hay contradicción en la fecha ya que en su curriculum para optar como profesor titular de la cátedra L aparece que dictó clases en el Instituto de segunda Enseñanza de Pinar del Río entre 1933 y 1937.

<sup>29</sup>No aparece su trabajo de grado como Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas aunque sí la constancia de su título.

<sup>30</sup>Tesis de grado en Ciencias Naturales: “*Sobre la Generación DE NOVO de Microorganismos*”

Facultad de Ciencias por derecho de ascenso al fallecer el Dr. Francisco Vargas.

Le Roy recibe los cursos de Microscopía Química y Cristalografía Aplicada e Introducción al Método Psicodiagnóstico de Rorschach en las escuelas de verano de 1946 y 1947, y entre 1948 y 1951 toma varios cursos de verano de la especialidad de Policiología terminando en el primer lugar del escalafón en esa especialidad. En la misma fecha recibió un curso de Bioquímica en el Colegio de Belén.

El Dr. Luis F. LeRoy obtuvo el Primer Premio de la sección educacional en la Primera Exposición Nacional de Química, celebrada en La Habana en 1947 con su trabajo *Demostraciones Redox*; y en 1950 obtuvo el prestigioso premio "Conde de San Esteban de Cañongo", otorgado por la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana por su trabajo sobre *Bioquímica de los Terpenos*.

Entre 1947 y 1949, Le Roy fungió como vice-secretario del Colegio Municipal de Doctores en Ciencias y en Filosofía y Letras, y en 1948 fue delegado ante la Junta de Gobierno de la Sección de Ciencias Físico-Químicas ante la Facultad de Ciencias, cargo que ocupó hasta la disolución de este órgano.

El 30 de enero de 1951 fue electo Académico de Número de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, en la sección de Química y Farmacia; de la cual fue vicesecretario entre 1954 y 1962. Además fue Miembro de la Sociedad Económica de Amigos del País y secretario de su Sección de Literatura, Historia y Bellas Artes (1952), así como miembro de la Academia de Historia de Cuba (1953) y fundador de la Sociedad Cubana de Historia de la Medicina (1956). Fue socio numerario de la Sociedad Cubana de Botánica (1945), y de la Sociedad Geográfica de Cuba (1956).

Como académico presentó numerosas ponencias entre las que se pueden mencionar: Oración Finlay, El centenario de Svante

Arrhenius, Precursores del movimiento científico cubano, y Progresos recientes en la técnica de análisis cromatográfico.



*Expediente del Archivo del Museo Nacional de Historia de la Ciencias Carlos J. Finlay. Fondo "Académicos"*

En 1958 fue designado en Comisión Científica por el Rector de la Universidad de La Habana para dictar un curso en la Universidad de Puerto Rico y realizar además estudios e investigaciones en relación a su cátedra. Ya en 1961, con la recién creada escuela de Química de la Universidad de La Habana, se desempeña como Director del Departamento de Análisis Químico, cesando en dicho cargo en 1965, fecha en la que se produce su salida del claustro

y pasa a ocupar otras funciones dentro de la Universidad por necesidades del centro.<sup>31</sup>

### Su desempeño como historiador

El interés de Luis Felipe Le Roy por la historia comienza desde fines de la década del 40 cuando participa de forma sistemática en los Congresos Nacionales de Historia, desde 1948 hasta 1951. En el 7mo Congreso Nacional de Historia en Santiago de Cuba (1948) presenta los trabajos “*Historia de la Facultad de Ciencias de la UH*”; y en coautoría con el Dr. Ponce de León y Ayme la ponencia, “*Un personaje olvidado en la Historia del Jardín Botánico de La Habana*” referido a Don Pedro Le Compte y Vere. En el 8vo Congreso celebrado en Trinidad en 1949, presenta el trabajo titulado “*Historia de la Medicina en Cuba*” realizado en conjunto con los doctores Ponce de León, Carlos G Aguayo y J.A. Martínez Fortún. De su única autoría presenta en el mismo evento el trabajo “*Historia de los inicios de las Ciencias Físico Químicas en nuestro país*”. Ya en 1950 en el IX Congreso celebrado en Cárdenas presenta “*Historia de la primera cátedra de Química*” trabajo basado en documentos inéditos hallados por Le Roy en el Archivo de la Sociedad Económica de Amigos del País y en el Archivo Nacional.

Los documentos que Le Roy fue levantando constan en el expediente 2109 A y 2109 B del Archivo Universitario, entre los que aparece la Real Cédula de Su Majestad con fecha de 6 de febrero de 1830, donde el Rey Fernando VII demanda establecer en La Habana una cátedra de Química con su correspondiente laboratorio. Asimismo, aparecen las reales órdenes para su cumplimiento. En esa cédula se expresa “*Vuestra Majestad manda establecer en la ciudad de La Habana una Cátedra de Química y que ejecute lo demás que se expresa para*

*organizar la Universidad Literaria del modo más conveniente a la Isla de Cuba.*

Le Roy continúa sus investigaciones históricas acerca de la Universidad de La Habana, dilucidando que la misma fue fundada mediante un Breve y no por Bula Papal. Tras dos años de búsqueda, en 1951, Le Roy dona a la UH una copia auténtica del “*Breve de Fundación de la Universidad de La Habana*” firmado por Su Santidad, el Papa Inocencio XIII, mediante el cual se autorizó en 1721 a los religiosos de la Orden de Predicadores erigir una Universidad en su convento de San Juan de Letrán. En 1952 Le Roy entrega al Rector la documentación sobre la fundación de la Universidad de La Habana existente en el Archivo de Indias de Sevilla, y que consta de un rollo de microfilms, 1994 fotografías positivas y 914 copias mecanografiadas debidamente compulsadas. En 1953, y debido a su fecunda labor como historiador, se acepta su ingreso a la Academia de Historia de Cuba.



Copia auténtica del Breve de Fundación de la Universidad de La Habana



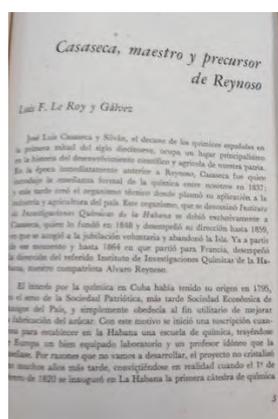
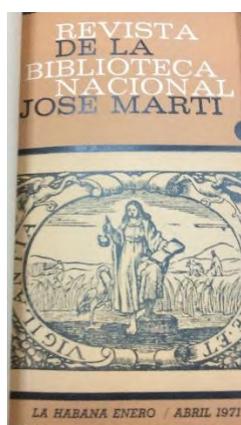
Foto del Acto de Ingreso en la Academia de la Historia (1953)

<sup>31</sup> En el expediente laboral de Le Roy aparece un certificado, expedido en 1975 por Sinesio Santos Gutiérrez, Secretario General de la UH, donde se acredita que en

1966 Le Roy pasa a ocupar el cargo de Asesor e Investigador del Archivo Histórico de la UH por necesidades del centro.

En 1954 participa en la comisión que viaja a Estados Unidos para verificar que los restos traídos a Cuba en 1911 desde San Agustín en la Florida, y que reposan en la urna del Aula Magna de la Universidad, eran los de Félix Varela.<sup>32</sup>

Igualmente es de destacar sus investigaciones realizadas sobre José Estévez y Cantal<sup>33</sup>, José Luis Casaseca,<sup>34</sup> Juan M. Sánchez de Bustamante,<sup>35</sup> Carlos Theye.<sup>36</sup> Fray Tomas Linares del Castillo<sup>37</sup> entre otras muchas personalidades históricas.



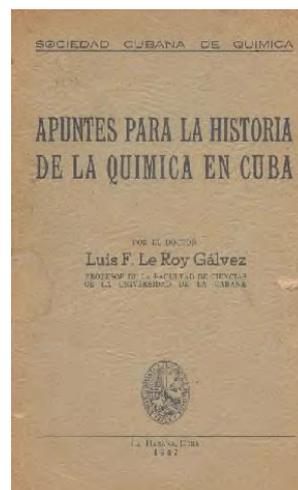
A lo largo de su vida colaboró con innumerables revistas científicas entre las cuales pueden citarse: Vida Universitaria, Revista Universidad de La Habana, Revista de la Sociedad Cubana de Historia Nacional, Revista de la Sociedad Cubana de Botánica, Revista de Medicina y Cirugía de la Habana, Anales de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, Revista Agrotecnia, Revista Bimestre Cubana, Revista de la Biblioteca Nacional José Martí, Patria, Boletín del Archivo Nacional, y en Humanismo (México) y Journal of Chemical Education (Estados Unidos), así como en periódicos y

<sup>32</sup> El informe con las actividades realizadas y las conclusiones de la investigación están en el expediente administrativo.

<sup>33</sup> José Estévez y Cantal (1771-1841) Químico y Botánico cubano, primero en recibir formación científica en Europa.

<sup>34</sup> José Luis Casaseca y Silván (1800-1869). Químico español que ocupó la primera cátedra de Química en Cuba, creada por la Junta de Fomento de La Habana.

revistas nacionales como Mar y Pesca, Verde Olivo, Revista Santiago.



Le Roy, colaboró también con la revista de la Sociedad Cubana de Química (1945-1947) aunque hasta el momento no ha podido confirmarse la existencia real de dicha sociedad en fecha tan temprana.



Foto de Luis F. Le Roy en su expediente laboral (1975)

En 1954 Luis Felipe Le Roy y Gálvez fue condecorado con la Orden *Carlos J. Finlay* y en 1971 recibió la Orden Nacional Frank País. El 21 de julio de 1977 se acogió a la jubilación por

<sup>35</sup> Juan M. Sánchez de Bustamante y García del Barrio (1818-1882). Médico español imprescindible en la historia de la medicina cubana.

<sup>36</sup> Carlos Theye y Lhoste (1853-1928). Químico y Pedagogo cubano, fundador del primer Laboratorio Químico del Círculo de Hacendados 1880.

<sup>37</sup> Fray Tomas Linares del Castillo. Primer rector de la Universidad de la Habana.

solicitud propia, con lo cual legaba al país más de 4 décadas de una fructífera vida profesional.

Luis Felipe Le Roy y Gálvez fallece en La Habana el 12 de noviembre de 1978.

### Publicaciones del Dr. Luis F. LeRoy Gálvez

1. A device to demonstrate electronic transfer in redox reactions. *Journal of Chemical Education* 19(5):236 (1942).
2. Antonio Estévez Seguí y Luis F. Le Roy. Contribución a la Historia de la Química en Cuba. Biografía de Químicos Cubanos: Carlos Theye Lhoste (1853-1928). *Publicaciones de la Sociedad Cubana de Química* 1:16 (1945).
3. Apuntes para la historia de la Química en Cuba, *Publicaciones de la Sociedad Cubana de Química* 1-83(1947).
4. A quantitative demonstration of Graham's law of diffusion. *Journal of Chemical Education* 25(4):215 (1948).
5. Historia de la primera cátedra de química en Cuba. *Revista Bimestre Cubana*. 66: 65-93 (1950).
6. Luz Caballero y la enseñanza de la Química en Cuba. Publicación separada de la Revista Universidad de La Habana No 82-87 (1950).
7. Gastón Alonso y Cuadrado en la Academia de Ciencias Médicas, Física y Naturales. Trabajo leído en la Academia de Ciencias el 13 de mayo de 1950 y publicado en *Anales*, t XCIII fasc. II.
8. Estudio sobre el curare. Trabajo leído en la Academia de Ciencias el 10 de febrero de 1950.
9. Curso de Análisis Químico Cuantitativo. Francisco Vargas Gómez, Fernando A. Zayas Glez, Luis F. LeRoy. Universidad de La Habana, Facultad de Ciencias (1950)
10. Curso de Química Analítica para alumnos de la carrera de ciencias físico-químicas Luis F. LeRoy, Fernando A. Zayas, Luis E. Vidaurrieta.
11. Trabajos científicos de José Estévez y Cantal, 1771-1841. El primer químico cubano. Publicaciones del Ministerio de Educación, Dirección de cultura Primera edición, La Habana (1951).
12. Don José Estévez y Cantal. Primer Químico Cubano (1951).
13. Hallado en el Vaticano el original en latín del documento básico en la historia de la Universidad de La Habana. *Universidad de La Habana* 97-99:221-232, (1951).
14. Breve reseña histórica sobre la primera cátedra de Química en Cuba y el primer Químico cubano. La Habana (1951).
15. Completó la Universidad de La Habana los documentos de la fundación. *Vida Universitaria* Año II No 10:17-18, (1951).
16. Más documentos importantes en relación con nuestra Universidad (conclusión) *Vida Universitaria*, 9-10, May-Jun (1952).
17. Precusores del movimiento científico cubano. Trabajo leído en la Academia de Ciencias el 21 de noviembre de 1952.
18. Apuntes para un retrato del padre José Agustín Caballero. *Vida Universitaria*, Año III No 24:3 (1952).
19. Sobre la muerte del capitán Francisco Gómez Toro. La Habana: Cárdenas y Cia.; Primera Edición (1952).
20. El escudo de la Universidad: su simbolismo. *Vida Universitaria* No 25:5, (1952).
21. Breves consideraciones alrededor de la acción de San Pedro. *Revista de la Biblioteca Nacional* tomo IV, no 2, Abril-Junio (1953).
22. Cuenta la Universidad de La Habana con un edificio de Química que es orgullo para Cuba y América. *Vida Universitaria* Año IV No 35: 1,10-14, Jun (1953).
23. Bosquejo histórico del Hospital San Francisco de Paula. La Habana, Impr. "El Siglo XX," (1953).
24. Breve reseña del origen y desarrollo de la Química en Cuba. Impreso en la Universidad de la Habana, La Habana, (1954).
25. Breve reseña histórica sobre la primera cátedra de química en Cuba y el primer químico cubano 11(2) Separata (1954).
26. En el sexagésimo tercer aniversario de la muerte de Felipe Poey. *Vida Universitaria* No 17:3-4, (1954).
27. Identificados los restos del Padre Félix Varela. *Vida Universitaria* Año V, No 52-53:3-4, Nov-Dic, (1954).
28. Una visita a la capilla del Padre Varela en el antiguo Cementerio Católico de San Agustín de la Florida. *Vida Universitaria* Año V, No 52-53:4-7, Nov-Dic, (1954).

29. Historia de los sillones de la Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de la Habana. Raimundo Castro, Luis F. LeRoy. (1956).
30. Relación de las tesis de grado de los doctores en ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad de La Habana (1956).
31. Partidas de bautismo y asientos de enterramiento de los ocho estudiantes de medicina fusilados el día 27 de noviembre de 1871. La Habana (1957).
32. Oración Finlay. Trabajo leído en la Academia de Ciencias el 3 de Diciembre de 1957, (1957).
33. Conservación de documentos básicos de la Universidad laminados por el archivo nacional, *Vida Universitaria* 82-83:1,3-4,22-23 (1957).
34. El Archivo General de la Universidad. *Vida Universitaria* Año VIII, No 84-85-86: 7-9, Jul-Ag-Sep (1957).
35. Carlos J. Finlay. Consideraciones sobre sus estudios y el lugar de nacimiento. Separata de la Revista Bimestre Cubana, Vol LXXIII, Jul-Dic (1957).
36. Máximo Zertucha y Ojeda: el último médico de Maceo. *Separata de la Revista de la Biblioteca Nacional José Martí*, Año IX, No1 (1958).
37. Notas sobre el establecimiento de la primera cátedra de Química en el antiguo Hospital Militar de San Ambrosio en esta capital. *Revista de la Sociedad Cubana de Historia de la Medicina* 1(1):20-35, (1958).
38. Rectores de la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 98-99 (1958)
39. La estatua del Alma Mater en nuestra Universidad. *Vida Universitaria* Año X, 108-110, Ag-Oct:3-7, (1959).
40. La Universidad de La Habana en los primeros lustros de su actual emplazamiento. *Vida Universitaria* 111-112:33, Nov-Dic, (1959).
41. Grados Mayores de la Real y Pontificia Universidad de La Habana *Vida Universitaria* 102-103:20-21, 41-42 104-15:39-41 (1959)
42. La Universidad de La Habana. El escudo de la Universidad: su simbolismo. La Habana, Imprenta de la Universidad de La Habana, p23 (1960).
43. La Universidad de La Habana. Síntesis Histórica. La Habana. *Vida Universitaria* 113-115:3-20, (1960).
44. El breve de Inocencio XIII de 12 de Septiembre de 1721, Piedra angular en la historia de la Universidad de La Habana, *Vida Universitaria* 119-120: 23-26, Jul-Ag (1960).
45. Laminado por el Archivo Nacional del ejemplar original de la real cédula y estatutos primitivos de la Universidad de La Habana, *Vida Universitaria* 121-122:14-17 (1960).
46. Fray Tomas de Linares, Primer Rector de la UH. *Vida Universitaria* 123-124:12-13(1960).
47. Datos pocos conocidos sobre la Quinta de los Molinos y el Jardín Botánico de la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 32-34:3-7, (1960).
48. La Universidad de La Habana. Síntesis histórica. Imprenta de la Universidad de La Habana, 3-20, (1960).
49. Historia abreviada de la Academia de Ciencias de la Habana Jorge Le Roy y Cassá; Luis Felipe LeRoy y Gálvez., Universidad de la Habana, Departamento de Información, Publicaciones e Intercambio Cultural (1961).
50. Intervención del OBISPO VALDÉS en la fundación de la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 148-150: 93-118; En-Jun (1961).
51. Desenvolvimiento de la Academia de Ciencias de La Habana desde el año 1928 hasta su centenario en 1961. *Separata de la Revista de la Sociedad Cubana de Historia de la Medicina* 4(2):15-20, (1961).
52. Dominicanos habaneros en la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 158:143-170 Sept-Dic(1962).
53. Fray Gerónimo Valdés, obispo de Cuba: Su vida y su obra (1963).
54. La Facultad de Ciencias de la Universidad de la Habana en el centenario de su creación. La Habana: Imprenta de la Universidad de La Habana, (1963).
55. El plan de estudios de 1863 en la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 166-167:107-149; Mar-Jun (1964).
56. En el centenario de Svante Arrhenius (1859-1927). Trabajo leído en la Academia de Ciencias el 12 de febrero de 1960. *Revista Finlay* (2):67-77 (1964).

57. Las memorias-anuarios y la historia de la Universidad. *Vida Universitaria* 173:149-157; Mayo-Jun (1965).
58. La Real y Pontificia Universidad de San Jerónimo: Síntesis histórica. *Revista de la Biblioteca Nacional José Martí* 1-2: 77-100 (1965).
59. La Real y Literaria Universidad de la Habana: Síntesis histórica. *Separata de la Revista de la Biblioteca Nacional José Martí* 56(4) (1965).
60. La Real y Literaria Universidad de la Habana: Síntesis histórica. *Separata de la Revista de la Biblioteca Nacional José Martí* 57(1) (1966).
61. Historia Documentada de la Universidad de La Habana (1966).
62. Curso elemental de Análisis Químico Cuantitativo. Editorial Universitaria, La Habana (1966).
63. Bicentenario de John Dalton (1766-1844). *Revista Finlay* (6):5-15 (1966).
64. Los orígenes de los estudios universitarios de las Ciencias Médicas en Cuba. *Revista Finlay* 7:39-46 (1966).
65. La Universidad de La Habana en su etapa republicana: síntesis histórica. *Separata de la Revista de la Biblioteca Nacional José Martí* 57(2-3), (1966).
66. Recensión de libros: Tomás Romay. Obras Completas. Academia de Ciencias de Cuba. La Habana, 1965. (8):86-7 (1967).
67. Sellos oficiales usados por la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 183:79-92; En-Febr (1967).
68. La Universidad de La Habana en la Guerra de 1868. *Vida Universitaria* 190:47-61; Abr-Jun (1968).
69. Dr. Juan M. Sánchez de Bustamante y García del Barrio. *Consejo Científico, Ministerio de Salud Pública* 42:1-138 (1969).
70. La correspondencia de Reynoso en la Biblioteca Nacional de Cuba. *Separata de la revista de la Biblioteca Nacional José Martí* Año 60 No 2 (1969).
71. Plagios en dos monumentos universitarios de Felipe Poey. *Vida Universitaria* Año XXI, 220, Jul-Ag, (1970).
72. Luis Felipe. Casaseca, maestro y precursor de Reynoso. *Revista de la Biblioteca Nacional José Martí* 13(7): 5-57 (1971).
73. La inocencia de los estudiantes fusilados en 1871. Universidad de La Habana, Centro de Información Científica y Técnica (1971).
74. Despachos del vicecónsul norteamericano Henry C. Hall sobre el fusilamiento de los estudiantes el 27 de noviembre de 1871. Universidad de La Habana, Centro de Información Científica y Técnica (1972).
75. Petición del dominico Fray Diego Romero en 1670 para que se establezca en La Habana una Universidad. *Vida Universitaria* 195: 155-157; (1972).
76. Pase del breve de creación de una universidad en La Habana a través del Consejo de Indias *Vida Universitaria* 196-197: 300-306; Febr-Mar (1972).
77. Acto de fundación de la Universidad de La Habana. *Vida Universitaria* 198-199: 217-220; (1973).
78. Diligencia por la cual el Gobernador y Capitán General aprueba la fundación de la Universidad *Vida Universitaria* 200:158-164 (1973).
79. Bartolomé de la Casas: solo en la pelea. *Vida Universitaria* 202: 119- 133; En-Dic (1975)
80. Requisitos para graduarse en la Universidad de La Habana para su etapa Real y Pontificia 1782-1842. Centro de información Científico Técnica Universidad de La Habana, Colección de Documentos No 6, La Habana (1972).
81. Dos conferencias sobre el 27 de noviembre de 1871. Universidad de la Habana, Centro de Información Científica y Técnica (1975).
82. Bio-Bibliografía del doctor Jorge LeRoy y Cassá. Cuad Hist Sal Pub. No. 61. Inst. Cub. Libro. La Habana, 112-214 (1976).
83. Aristóteles en la Universidad de la Habana *Revista de la Biblioteca Nacional José Martí* 67(1):27-78 (1976).
84. La vida y obra del Dr. Jorge Le Roy y Cassá. Trabajo leído en la Academia de Ciencias el 26 de Marzo de 1975. Centro de Estudios de la Historia y la Organización de la Ciencia, **CEHOC** (2):1-15 (1978).
85. La Universidad de La Habana en el 250 aniversario de su fundación. *Revista de la Biblioteca Nacional José Martí*, 2(69):5-42. (1978).
86. Friedrich Wohler (1800-1882) en el sesquicentenario de su síntesis de la urea (1978)

87. Profesores de Física de la Universidad de La Habana desde su secularización en 1842 hasta Manuel F. Gran. *Editorial Academia*, La Habana (1979) (Post-Mortem).

## Bibliografía

- De Armas R., Torres-Cuevas E, y Cairo A. Historia de la Universidad de La Habana. Tomos I y II. Ed. Ciencias Sociales. La Habana. **1984**.
- García Blanco R. Cien Figuras de la Ciencia en Cuba. Ed. Científico Técnica. La Habana. **2002**.
- Abascal H. Discurso de *contestación al trabajo de ingreso* del Dr. Luis F. Le Roy y Gálvez a la Academia de Ciencias. 9 de Febrero de 1954.
- López Espinosal J. A. *Un documento raro trascendental: el breve apostólico de creación de la Universidad de La Habana*. Scielo. ACIMED v.11 n.2 Ciudad de La Habana ene.-abr. **2003**.
- Puig-Samper M.A., Valero M., Auber y el Jardín Botánico de La Habana In: *Nouveau monde et renouveau de l'histoire naturelle*. Volume III, p. 281-295 © Presses Sorbonne Nouvelle, **1994**.
- Felipe Torres C. Patrimonio Cultural Universitario: valores y experiencias de gestión desde la Universidad de La Habana. Tesis Doctoral Universidad de Granada, **2015**.
- Sánchez Baena J.J., Chaín Navarro C. Origen y evolución de la Biblioteca de la Universidad de La Habana en el siglo XIX. *Anales de Historia Contemporánea*, 23, 467-484, **2007**.
- Pruna P.M. La Real Academia de Ciencias de la Habana 1861-1898. Ed CSIC **2002**.
- Historiografía y Líneas de Investigación en Historia de las Universidades: Europa Mediterránea e Iberoamérica. Eds. Luis E. Rodríguez y Juan López, Universidad de Salamanca **2012**.
- [https://www.ecured.cu/Luis\\_Felipe\\_Le\\_Roy\\_Gálvez](https://www.ecured.cu/Luis_Felipe_Le_Roy_Gálvez) .Consultado 26-10-2017

## Fuentes consultadas en el Archivo Central de la Universidad de La Habana

- Expediente Estudiantil (1927-1937), No.21830
- Expediente administrativo (1937-1965), No 12 400
- Expediente Informes, Correspondencia y Asuntos Varios (1938-1965), No 15355-A
- Expediente Laboral 15355.
- Expediente de la Real Cédula del 6 de febrero de 1830 para que se establezca en La Habana una Cátedra de Química, No. 2109-A, 2109-B, 2109-D.
- Expediente Laboratorio de Química, No 2110-A.
- ACC. Expediente de Luis F. Le Roy Gálvez como académico en la sección de Farmacia y Química de la Academia de Ciencias.

# De cómo el Laboratorio de Materiales Sintéticos se convirtió en el Centro de Biomateriales

Historia de la  
Química

**Rubén Álvarez Brito**

**Departamento de Química Física  
Facultad de Química  
Universidad de La Habana  
[ruben@fq.uh.cu](mailto:ruben@fq.uh.cu)**



En la década de los ochenta de pasado siglo, el entonces Jefe de Estado y Gobierno, Comandante en Jefe Fidel Castro, orientó a todas las instituciones relacionadas con la salud pública, convertir a Cuba en una Potencia Médica. Esta orientación rebasó el marco del Ministerio de Salud Pública y se convirtió de hecho en un Programa Científico-Técnico que abarcó mucho más que las áreas de salud y, por tanto, de dicho ministerio.

Hasta ese momento se carecía de una verdadera política científica a nivel nacional, apareciendo una diáspora de direcciones derivadas de los intereses de los diferentes ministerios y de la herencia que dejaba la formación de Máster y Doctores principalmente en los países del Campo Socialista y en menor medida en otros países desarrollados. La decisión de volcarse hacia la Medicina era respaldada por varias razones de mucho peso como por ejemplo, y en primer lugar, la tradición que nuestro país siempre tuvo en cuanto al prestigio de sus profesionales de la salud. En segundo, porque la Industria Médico-Farmacéutica tiene la propiedad de dar espacio investigativo y productivo a casi todas las ramas de la actividad científica. Por tanto, aquella orientación respondió a una visión estratégica de mucho alcance. Otras áreas de las ciencias están fuera del alcance de los países en

desarrollo, como se demostró en diferentes iniciativas que al final resultaron fallidas.

Se creó entonces el Polo Científico del Oeste con el actual CIGB y otros centros de no menos impacto que se mantienen como instituciones científico-productivas de alto prestigio internacional que ingresan al país millones de dólares. En la orientación del Comandante en Jefe estaba la decisión de “cerrar ciclo”, esto es, enlazar en una unidad la actividad investigativa con la productiva y la promoción comercial. El Comandante en Jefe también había llamado a las universidades a incorporarse a ese gigantesco esfuerzo, expresado claramente en una de sus visitas a la Universidad de La Habana.

En el año 1986 dentro de la Facultad de Química de la Universidad de La Habana, se conformó un pequeño grupo de docentes, estudiantes y técnicos que abandonaron las líneas de investigaciones que atendían y, siguiendo la idea de Fidel, buscaron el espacio donde las investigaciones orientadas a las Ciencias Médicas, pudieran ser útiles al país. Apareció una identificación con especialistas de la Facultad de Estomatología que mostraron necesidades perentorias que los químicos podían cubrir, en particular productos preventivos de las caries, altamente costosos y que con pequeñas cantidades se satisfacían

grandes demandas. En trabajo conjunto entre químicos y estomatólogos, y aprovechando una estancia en Europa, se obtuvo en poco tiempo el sellante de fosas y fisuras CUBRIDEM, el primer producto cubano de su tipo para prevenir la caries en los niños cubanos. El colectivo gestionó los envases primarios y los secundarios, así como el diseño de la presentación. Las pruebas clínicas arrojaron una reducción significativa en la incidencia de caries en niños de cuatro municipios de la Ciudad de La Habana y de Sancti Spíritus. El producto fue presentado en la Feria Internacional “Salud Para Todos 1987”, organizada por el MINSAP y ganó una Medalla de Oro por su calidad y resultados en la población infantil donde se probó satisfactoriamente.

todo el procesamiento estadístico de los resultados de las investigaciones. A mediados de 1989 un grupo de ingenieros químicos se incorporó al colectivo que tomó el nombre de Laboratorio de Materiales Sintéticos para la Medicina, LMS, como respuesta a la necesidad de una identificación que respaldara la promoción comercial. En la Feria “Salud Para Todos 1989”, ya el LMS podía presentar otro producto terminado denominado RETENDEN, material para lograr una óptima fijación de las prótesis dentales, listo para comercializar. El RETENDEN ganó también una MEDALLA DE ORO A LA CALIDAD. El Comandante en Jefe visitó el stand que el LMS preparó para esa ocasión y de nuevo se mostró interesado en los resultados del colectivo.



*Artículo en la prensa nacional del impacto que tuvo el sellante dental CUBRIDEM cuando se comprobó su eficacia en varias poblaciones infantiles de La Habana y Sancti Spíritus. (1987).*

Fue la primera ocasión donde el Comandante en Jefe conoció de las actividades del pequeño grupo integrado por personal de la Facultad de Química con la incorporación de algunos estomatólogos muy entusiastas. En 1989, se incorporaron otros químicos de la Facultad y un cibernético que se ocupaba de



*Rubén Álvarez conversa con Fidel en la “Feria Internacional Salud Para Todos 1989”. Aparece también el Dr. Ernesto Poussin, uno de los estomatólogos que se incorporó activamente al colectivo del entonces LMS.*

A fines de 1989, el LMS había logrado notables avances en la optimización de las tecnologías de producción de varios productos nuevos. La convergencia de especialistas del entonces Instituto superior de Ciencias Médicas de La Habana y del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echevarría”, con los químicos de la Facultad, aportaron una considerable fortaleza al LMS. En los Forums de Ciencia y Técnica se recibieron varios premios por el impacto social y económico que los productos desarrollados y producidos demostraron. La firma SEPTODONT de

Francia dio pasos concretos para la compra del CUBRIDEM o para adquirir su tecnología de fabricación. El resultado del protagonismo científico del LMS fue la visita a la Facultad de Química el Secretario Ejecutivo del Consejo de Ministros con la encomienda directa de Fidel de entrevistarse con el autor de este trabajo, jefe del LMS. El 6 de enero de 1990, la visita se realizó en el Departamento de Química-Física donde le expuso al enviado de Fidel las perspectivas del colectivo para llenar un espacio que el Polo Científico del Oeste había dejado libre en su proyecto. Ante la pregunta de cuanto se necesitaba para comenzar a trabajar “cerrando ciclo”, Rubén señaló que con \$40 000 USD se podía ya avanzar un poco. Por la tarde de ese día, Fidel asignó directamente \$200 000 USD para el LMS. La Universidad de La Habana, reservó las aulas de la parte izquierda de las naves, para acondicionarlas y ubicar allí al colectivo.



*Colectivo que integraba el LMS, aún en un laboratorio de Química-Física de la Facultad de Química, poco antes de su traslado para las áreas que se construyeron a partir de la asignación financiera del Comandante en Jefe. Aparecen a la izquierda, Rubén Álvarez y Dionisio Zaldívar.*

Durante la construcción de los laboratorios, el colectivo se incrementó en personal especializado y recibió la atención de un

compañero del llamado “Grupo de Coordinación y Apoyo” de Fidel. La Dirección de la Facultad aprovechó la atención que recibía el LMS y solicitó espacio para presentar a dicho grupo, los resultados y las potencialidades de otros grupos de la Facultad. A partir de esos encuentros, la dirección del país decidió atender a dichos grupos, convertidos en Laboratorios de Síntesis Orgánica (LSO), Bioinorgánica (LBI), Antígenos Sintéticos (LAGS) y Productos Naturales (LPN). Se asignó una compañera del Grupo de Coordinación y Apoyo.

El desarrollo del LMS con una estrategia de “cerrar ciclo” y atender los procesos de comercialización, además de haberse incorporado por el peso del desarrollo científico al quehacer de una ciencia novedosa en aquel momento, llevó a la necesidad de ser atendido directamente por la Dirección de la Universidad y a cambiar su denominación por la de Centro de Biomateriales, BIOMAT.

Hasta nuestros días se ha mantenido la atención del Consejo de Estado a los laboratorios mencionados de la Facultad de Química, así como también al Centro de Biomateriales.

Antes de concluir este texto que, en apretada síntesis, explica cómo fue el origen de la atención del Consejo de Estado a la Facultad de Química y al Centro de Biomateriales, procede señalar que cuando ya como Centro de Biomateriales, el colectivo había acumulado otros resultados de mucho mayor impacto social y económico como el TISUACRYL y el APAFILL-G, Fidel le ofreció a Rubén la posibilidad de construir un gran Centro de Biomateriales como parte del Polo Científico del Oeste. Rubén declinó este ofrecimiento por fidelidad a la Universidad de La Habana, donde ya había acumulado más de 30 años como su profesor y haberla defendido nacional e internacionalmente como ajedrecista. Esta decisión sigue siendo, hasta hoy en día muy controvertida.

El Centro de Biomateriales ha contribuido con mucha fuerza a la formación de los químicos. En sus áreas, se han dirigido innumerables trabajos de curso y diplomas. Su posicionamiento como Centro de excelencia, constituye un aporte al prestigio de la Química cubana, aunque en sus áreas las investigaciones tienen un carácter multidisciplinario.

Si se observa detenidamente el conjunto de los grandes Centros del Polo Científico del Oeste, estos son, el CIGB, el CIM, Inmunoensayos y otros, resulta evidente que la idea de Fidel fue complementar el Polo con el Centro de Biomateriales, que así completaría un frente cerrado de la Industria Médico Farmacéutica nacional.

En aquellos tiempos la mentalidad prevaleciente en los Centros de Educación Superior de los países en desarrollo, no habían aún asimilado la necesidad de otorgarle a las universidades un carácter empresarial. Aquí se infiere que Fidel también en esto se adelantó a su tiempo, porque ya hoy en día no son pocos los Centros de Educación Superior de los países en vías de desarrollo que han incluido incubadoras de empresas y dispositivos empresariales dentro de sus esferas de atención, provocando cambios en sus respectivas misiones.

# Culminaron las actividades de celebración por el 55 Aniversario de la Carrera de Química

Noticias



En este año 2017 la Facultad de Química de la Universidad de La Habana dedicó la mayor parte de sus actividades a celebrar el 55 aniversario de la creación de la carrera de Química. La revista *Encuentro con la Química* ha publicado algunos artículos que dan cuenta de esos actos durante el primer semestre. Merece entonces mencionar lo ocurrido en este curso escolar 2017-2018.

En septiembre, el inicio de curso y la bienvenida a los nuevos ingresos formó parte de estas celebraciones. Una vez que los nuevos universitarios ascendieron la escalinata, la Facultad de Química recibió a sus estudiantes en el anfiteatro, donde se les explicó las características de la carrera y de la vida universitaria en general.



Septiembre dio paso a octubre y los muchachos de la FEU decidieron adoptar una nueva tradición en la Facultad. El 23 de octubre se celebró el Día del Mol, desde las 6:02 AM a las 6:02 PM, fecha escogida en honor a Amadeo Avogadro, a quien se le debe el concepto actual de mol y el número que lleva su nombre.



$$N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$$

Durante todo el día la Facultad abrió sus puertas a estudiantes de primaria y de la enseñanza media que pudieron observar experimentos y conocer, en la voz de los futuros licenciados en Química, cual es el objeto de estudio de esta ciencia y sus múltiples aplicaciones.



*Encuentro con estudiantes de primaria y enseñanza media*

También se exhibió un video realizado por los muchachos de la FEU con entrevistas a estudiantes y profesores acerca de por qué estudiar Química.

En este día también se realizó un panel sobre la historia de la Facultad donde participaron los profesores Carlos Peniche, Raúl Mocelo, Leslie Yáñez y Rebeca Vega, quienes compartieron sobre la creación de la carrera, sus experiencias como estudiantes, el comienzo de las investigaciones en el campo de los polímeros y la participación de la Facultad en las tareas del Polo Científico del Oeste y los logros más importantes obtenidos en las investigaciones. El día finalizó con una fogata alrededor de la cual los estudiantes realizaron un juramento a la química.



*Panel sobre Historia de la Facultad de Química*

El 4 de noviembre se conmemoró el Día del Químico Cubano, aniversario del natalicio del Dr. Alvaro Reynoso y Valdés. Se impartió una breve conferencia sobre la vida y la obra de este eminente científico cubano y al concluir la misma se realizó un concurso de conocimientos sobre Química y cultura con equipos representativos de los diferentes años de la carrera.



La clausura de la jornada por los 55 años de la carrera se celebró el 22 de noviembre en el Aula Magna, donde se reconoció a personalidades e instituciones científicas que han estado estrechamente vinculadas a la Facultad de Química. Presidieron la actividad el decano Dionisio Záldivar, la vicerrectora Rita Rial, el vicedecano docente Armando Paneque, la presidenta de la Comisión Nacional de la Carrera Marianela González y la presidenta de la FEU de la Facultad Ariadna Valdés. En el acto el profesor Charles Atwood, de la Universidad de Utah, Estados Unidos, impartió una conferencia que dio inicio al taller sobre enseñanza de la Química auspiciado por la Sociedad Cubana de Química.



*Momentos del Acto de Clausura realizado en el Aula Magna de la Universidad de la Habana*



# Olimpiada Nacional Universitaria de Química

Noticias

Margarita Villanueva Tagle  
[villa@fq.uh.cu](mailto:villa@fq.uh.cu)

El 18 de noviembre de 2017 a las 9:00 am tuvo lugar la *VI Olimpiada Nacional Universitaria de Química, Bioquímica e Ingeniería Química* con sedes en La Universidad de La Habana, La Universidad Central de las Villas y La Universidad de Oriente. Esta convocatoria se extendió a todos los estudiantes de Ciencias Naturales de estas universidades y del Instituto de Ciencia y Tecnología Aplicada (InsTEC).

El Comité científico que elaboró el temario de examen estuvo integrado por los profesores:

## **Química**

Dra. Margarita Villanueva

Dr. Carlos Núñez

MSc. Oneyda Fernández

MSc. Gerardo Manuel Ojeda

Lic. Leonardo González

## **Ingeniería Química**

Dra. Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas

Dr. Julio Dusdet

## **Bioquímica**

Dra. Isel Pascual

Lic. Laura Rivera

Lic. Mario Ernesto Valdés

Lic. Yarini Manuel Arrebola

Lic. Julio Perez

Se examinaron un total de 26 estudiantes en Química, 9 en Bioquímica y 10 en Ingeniería Química, para un total de 45 estudiantes, en las tres sedes (23 de la carrera de Química, 9 de Bioquímica, 3 del InsTEC y 10 de Ingeniería Química). Se seleccionaron dos premios (1er y 2do lugar) para cada examen y un reconocimiento a un 3er lugar en los casos de Ingeniería Química y Bioquímica.

Los estudiantes premiados fueron:

## **Química**

- *1er Lugar:* Álvaro Lagar Sosa (4to año, Facultad de Química, UH)
- *2do Lugar:* Marco Conde González (3er año, Facultad de Química, UH)

## **Bioquímica**

- *1er Lugar:* Dovie Gutierrez Góngora
- *2do lugar:* Erick Pérez Rivera
- *3er Lugar:* Ernesto Bermúdez Abreu

## **Ingeniería Química**

- *1er Lugar:* Ruberth Rivera Pérez
- *2do Lugar:* Roberto Eloy Hernández Regalado
- *3er Lugar:* Arian Febles Rodríguez



Álvaro Lagar



Ruberth Rivera



Roberto  
Hernández



Arian Febles



*Algunos de los estudiantes participantes en la Olimpiada*

# Taller de I + D + i de Síntesis Química



Noticias

El pasado 15 de diciembre en el Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM) se realizó el *Taller de I + D + i de Síntesis Química* con el objetivo de establecer proyectos entre la Universidad de La Habana y BioCubaFarma para el desarrollo de investigaciones en la búsqueda de nuevos compuestos para su uso como medicamentos.

En el Taller estuvieron presentes el Dr. Rolando Pérez, representante de BioCuba Farma; el Dr. Alejandro Saul Padrón, Director del CIDEM; la Dra. Vilma Hidalgo de los Santos, Vicerrectora de la UH.

En el mismo, directivos del CIDEM, del Instituto Finlay y del Centro de Ingeniería

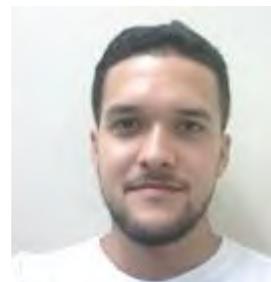
Genética y Biotecnología presentaron las demandas de BioCubaFarma en síntesis química. También fueron expuestas las capacidades de investigación en síntesis de la Facultad de Química por el Dr. Dioniso Zaldívar Silva, decano de la Facultad de Química, el Dr. Daniel García Rivera, la Dra. Margarita Suárez Navarro y el Dr. Rubén Álvarez Brito; así como las potencialidades en síntesis química del Centro de Biomateriales (Dra. Lissy Wong) y las capacidades analíticas que posee el IMRE para enfrentar proyectos en síntesis química (Dra. Tania Farías)



Departamento de Química General e Inorgánica  
Facultad de Química, Universidad de La Habana



**Claudia Iriarte Mesa**  
[ciriarte@fq.uh.cu](mailto:ciriarte@fq.uh.cu)



**David Hernández Castillo**  
[dhernandez@fq.uh.cu](mailto:dhernandez@fq.uh.cu)

En el marco de las actividades desarrolladas por el 290 Aniversario de La Universidad de La Habana, el pasado 6 de enero tuvo lugar en el prestigioso centro de altos estudios el Simposio *HOT TOPICS' 2018*. El objetivo principal del evento, celebrado por dos años consecutivos, es reunir a destacados científicos del mundo para mostrar e intercambiar resultados novedosos sobre algunos de los aspectos más llamativos de la química y su estrecho vínculo con otras ciencias como la física, la biología, la matemática y la medicina, así como la informática, las ciencias de materiales y la nanotecnología, esferas que constituyen pilares fundamentales de la ciencia cubana actual.

Dos años atrás Mark Green, profesor de Química de Materiales de la Universidad de Kent, agrupó a prestigiosos científicos norteamericanos que estaban interesados en venir a Cuba y dar a conocer los resultados de sus más recientes investigaciones. Green, a través de un amigo en común, se puso en contacto con el profesor Luis Alberto Montero Cabrera, jefe del Laboratorio de Química Computacional y Teórica (LQCT) de la Facultad de Química de la Universidad de La Habana, quien estuvo dispuesto a organizar el encuentro dado el impacto positivo que ello traería para nuestra comunidad científica. El evento se planificó para desarrollarse en un solo

día, donde se ofrecerían conferencias abiertas en las cuales los expositores extranjeros tendrían la posibilidad de divulgar sus resultados, debatir sobre temáticas de interés y confraternizar con los participantes.

Por la novedad, versatilidad y calidad de las presentaciones anunciadas, se decidió que el simposio tomara el nombre de *HOT TOPICS*, no podía ser de otra manera dado el elevado rigor científico de los temas que se abordarían, así como las personalidades altamente distinguidas que formarían parte de la actividad. La fecha acordada para el *HOT TOPICS* fue el 6 de enero de 2017, que en su primera edición contó con el apoyo financiero de la Universidad de Kent y la Sociedad Cubana de Química.

El evento contó con la presencia de Alejandra Palermo en representación de la Real Sociedad de Química (*Royal Society of Chemistry*), así como de Angela K. Wilson, directora de la División de Química de la Fundación Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos (*National Science Foundation*) y además, presidenta saliente de la División de Química Física y Biofísica de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC, por sus siglas en inglés).

El *HOT TOPICS' 2017* constituyó un éxito en términos de divulgación científica, en un

ambiente de confraternización ameno, abierto al debate y a la discusión de novedosas y diversas temáticas que en la actualidad se desarrollan en los más prestigiosos laboratorios del mundo y de las cuales Cuba se ha nutrido en los últimos años, pretendiendo ganar un espacio reconocido en materia de ciencia.



*HOT TOPICS´ 2017*

Con el antecedente de un simposio que marcó un hito para la comunidad científica cubana, el pasado 6 de enero se desarrolló el HOT TOPICS´ 2018, actividad que contó con el mismo formato de su edición anterior. El evento estuvo auspiciado fundamentalmente por la Sociedad Cubana de Química y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Cuba (CIGB).

En esta oportunidad participaron prestigiosos científicos extranjeros de Estados Unidos, Alemania y Suiza, lo cuales abordaron temáticas relacionadas con la biología molecular, el empleo de la síntesis orgánica para la obtención de péptidos, así como el desarrollo de productos naturales de interés en biomedicina. En ese sentido el Dr. Agustín Lage, director del Centro de Inmunología Molecular de La Habana (CIM) presentó los principales resultados que ha obtenido el centro, enfatizando en los retos que hoy en día enfrenta la industria biofarmacéutica cubana. Asimismo, el Dr. Glay Chinae Santiago, del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Cuba (CIGB), expuso novedosos resultados de la institución relacionados con el diseño de inhibidores de péptidos antivirales. Las presentaciones de ambos investigadores,

pusieron en alto el nombre de la ciencia cubana, que a pesar de sus limitaciones económicas ha logrado desarrollar la Biotecnología, colocándola en un lugar cimero en el mundo.

A la actividad asistieron más de 130 cubanos de las más diversas áreas del conocimiento, algunos procedentes de centros e instituciones tanto del interior del país como de la capital. Se destacó la presencia de La Universidad de La Habana, La Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Cuba (CIGB), el Centro de Neurociencias de Cuba (CNEURO), el Instituto Finlay de Vacunas, la Universidad de Ciencias Pedagógicas "Enrique José Varona", entre otras.

Si bien esta edición tuvo un enfoque menos multidisciplinario que la de 2017, abordando fundamentalmente aspectos relacionados con la biomedicina y la biotecnología, estuvo caracterizada por el elevado impacto científico de los temas expuestos, mérito indiscutible de las dos ediciones celebradas.

Se espera que el HOT TOPICS se convierta en un evento tradicional y esperado por la comunidad científica cubana, caracterizado por la calidad en su organización, su poder de convocatoria y la participación de prestigiosos científicos de varias latitudes del mundo.

A solo unos días de culminada su segunda edición, el Laboratorio de Química Computacional y Teórica de la Facultad de Química (LQCT), principal organizador de la actividad, se propone como reto que el HOT TOPICS´ 2019, además de habilitar el acceso a la información en su estado del arte, contribuya a mejorar la colaboración científica con académicos internacionales, convirtiéndose en un puente asequible y accesible entre investigadores, estudiantes y académicos de todos los países asistentes.

*Nota de los autores: Ambos autores agradecen al Prof. Dr. Luis Alberto Montero Cabrera, por su enorme contribución en la realización de esta reseña.*



# I Taller de Historia de la Química “Luis Felipe Le Roy”

Noticias

El *Taller de Historia de la Química Luis Felipe Le Roy* fue convocado por la Sociedad Cubana de Química (SCQ) a mediados de 2017, con el objetivo de promover la necesidad de conservar y divulgar el patrimonio químico en forma de historias orales, documentos, fotografías, instrumentos o cualquier otro bien tangible o intangible en relación con el desarrollo de la Química en Cuba.

El taller se celebró el viernes 12 de enero de 2018 en el Salón 300 del Edificio Varona de la Universidad de La Habana y contó con la presencia de 67 personas entre profesores, investigadores y estudiantes de diversas instituciones como La Universidad de La Habana, La Universidad Pedagógica “Enrique José Varona”, La Universidad Tecnológica “José Antonio Echevarría”, el Archivo Nacional, y la Sociedad Cubana de Historia de la Ciencia y la Tecnología.

La sesión de trabajo comenzó con las palabras de introducción de la Dra. Margarita Suárez Navarro, Presidenta del Comité Organizador y la sesión fue dirigida por la Dra. Rebeca Vega Miche y la Dra. Julieta Coro Bermello, ambas profesoras de la Facultad de Química de La Universidad de La Habana.

En el taller se presentaron un total de 12 ponencias (se adjunta el programa) que abarcaron diversos temas:

1. *Vida y obra de Luis Felipe LeRoy y Gálvez*, por Rebeca Vega y Loreley Morejón, UH.
2. *La Química y la Ciencia cubana actual*, por Luis Montero, UH
3. *Un acercamiento a la Historia de la Química en Cuba*, por Rebeca Vega, UH.
4. *Primeras etapas de la Química en Cuba: gestión y conservación de la evidencia documental en la Universidad*, por Sissy Guirola, Archivo de la UH.
5. *Aportes de Felipe LeRoy a la Historia y Patrimonio de la Universidad de La Habana*, por Mabis L. Guzmán, Archivo de la UH.
6. *La Historia de la Química en la formación de los Profesores de Química*, por Mercedes García, Universidad de las Ciencias Pedagógicas “Enrique José Varona”.
7. *Historia de la Bioquímica en Cuba*, por Georgina Espinosa, Olimpia Carrillo, Claudina Zaldívar, María Cristina Pico, Facultad de Biología, UH.
8. *La Historia de los Polímeros en Cuba*, por Norma Galego y Chavati Rocza, Facultad de Química, UH.
9. *Algunos comentarios sobre la Historia de la Caña y la Industria Azucarera*, por Dr. Jorge Lodos, AZCUBA.
10. *El sueño cubano de Milton Hershey: la ciudad azucarera caribeña*, por Orlando Ortiz, Facultad de Química, UH.
11. *La Sociedad Cubana de Química: 40 años de Historia*, por Loreley Morejón, UH.

Además, el Dr. José Altshuler expuso su experiencia en el rescate la historia de la Física en Cuba y presentó algunos documentos que obran en su poder sobre la historia de la Química, y cuyas copias donó a la SCQ.

Finalmente se realizó una discusión y exposición de ideas de los participantes y se realizaron las conclusiones del Taller.

Durante el desarrollo de la actividad se realizaron preguntas y se debatieron importantes cuestiones como:

- La necesidad de hacer más visible los resultados de la Química en Cuba en revistas de amplia circulación internacional y en idioma inglés.
- La importancia de continuar las investigaciones históricas sobre el

desarrollo de la Química en Cuba, los resultados más relevantes, los grupos y centros de investigación, las personalidades destacadas, y la necesidad de preservar esta información a través de publicaciones. Se pone de ejemplo el premio Academia obtenido por el trabajo sobre la historia del ICIDCA.

- La necesidad de implementar proyectos que apoyen los trabajos de los archivos históricos y se destaca la riqueza documental que existe en el archivo de la Universidad de La Habana.
- La importancia de recoger en pasajes o breves reseñas, historias orales, historias de vida, fotos, etc. de personas vinculadas al desarrollo de la Química en Cuba y que puedan ser conservadas para su posterior empleo en trabajos sobre historia de la Química.

#### Acuerdos del taller

- Sugerir a la SCQ la creación de un grupo de trabajo con un plan o proyecto sistemático que documente la Historia de la Química en Cuba y continúe el trabajo realizado hasta el momento involucrando a otras instituciones

y regiones del país, priorizando la historia de la propia SCQ y de ser posible, nombrando un historiador.

- Abrir comisiones de Historia de la Química en los próximos congresos auspiciados por la SCQ.
- Propiciar la realización de trabajos sobre Historia de la Química entre los estudiantes y su presentación en las Jornadas Científicas Estudiantiles.
- Escribir y publicar la historia de la Facultad de Química y del Centro de Investigaciones Científicas (CNIC), cuyos resultados son imprescindibles para construir la Historia de la Química en Cuba.
- Recomendar a la SCQ el aumento de la visibilidad de la Revista Cubana de Química.
- Recomendar a los autores de las ponencias expuestas en el taller, la confección de reseñas o pasajes para ser publicados en la Revista *Encuentro con la Química*.
- Recomendar la confección de una reseña sobre la primera mujer química en nuestro país.





# 33° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA (33-CLAQ)

X CONGRESO DE CIENCIAS QUÍMICAS, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN (QUIMICUBA'2018)





## INVITACIÓN

Estimados colegas:

En nombre de La Sociedad Cubana de Química (SCQ) y de la Federación Latinoamericana de Asociaciones Químicas (FLAQ), me complace invitarlos al

### 10<sup>mo</sup> CONGRESO DE CIENCIAS QUÍMICAS, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN, QUIMICUBA'2018, y 33<sup>o</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA (33-CLAQ),

que se efectuará del 9 al 12 de Octubre del 2018 en el Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.

Como en ediciones anteriores, este congreso será una oportunidad para divulgar los avances más recientes de la Química pura y aplicada, incluyendo sus ramificaciones a las Ciencias Biológicas, Farmacéuticas, de Materiales y la Ingeniería Química. Los asistentes tendrán la oportunidad de conocer la cultura, historia y vida social de nuestro pueblo, en un clima cálido de hospitalidad y belleza, lo que hará de su estancia una fructífera y agradable experiencia.

A nombre del Comité Organizador, esperamos recibirlos en La Habana en 2018,

**Dr. Daniel García Rivera**

*Presidente de la Sociedad Cubana de Química*

## CUOTAS DE INSCRIPCIÓN

En Euros (€) o equivalente en CUC	Antes del 1 de Agosto de 2018	Después del 1 de Agosto de 2018
Delegados extranjeros	350 €	400 €
Acompañantes y estudiantes no graduados	250 €	300 €

Nota: El CUC es el peso convertible cubano: 1 Euro - 1,05-1,10 CUC

No se aceptan Dólares Americanos. Los pagos deberán ser preferencialmente por tarjeta de crédito, por favor ver instrucciones en el sitio web:

<http://www.chemistrycuba.cu>

## COMITÉ ORGANIZADOR

<b>Presidente</b>	Prof. Dr. Daniel García Rivera	Facultad de Química, Universidad de La Habana
		Presidente Sociedad Cubana de Química. E-mail: <a href="mailto:dgr@fq.uh.cu">dgr@fq.uh.cu</a>
<b>Secretario General</b>	Dr. José Antonio González Lavaut	Facultad de Química, Universidad de La Habana
		E-mail: <a href="mailto:josea.lavaut@infomed.sld.cu">josea.lavaut@infomed.sld.cu</a>
Prof. Dra. Loreley Morejón		Facultad de Química, Universidad de La Habana
Dr. David Marrero Delange		Centro de Bioproductos Marinos (CEBIMAR)
Dr. Jorge L. Gómez Pascual		Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET)
Dr. Oscar Ledea Lozano		Centro Nacional de Investigaciones Científicas (CNIC)
Dra. Elisa Aznar García		Centro Nacional de Biopreparados (BIOCEN)
Lic. María Isabel Domínguez Mesa		Instituto Finlay de Vacunas
Lic. David Hernández Castillo		Facultad de Química, Universidad de La Habana.

## TEMÁTICAS Y COMITÉ CIENTÍFICO

Enseñanza de la Química	Prof. Dra. Leslie Yáñez	<a href="mailto:leslie@fq.uh.cu">leslie@fq.uh.cu</a>
Química Analítica y Ambiental	Prof. Dr. Ana Margarita Esteva	<a href="mailto:anam@fq.uh.cu">anam@fq.uh.cu</a>
Química Física	Prof. Dr. José Manuel Nieto	<a href="mailto:nieto@fq.uh.cu">nieto@fq.uh.cu</a>
Química Computacional y Teórica	Prof. Dr. Ramón Alain Miranda	<a href="mailto:rmiranda@fq.uh.cu">rmiranda@fq.uh.cu</a>
Química Inorgánica	Prof. Dr. Armando Paneque	<a href="mailto:aapaneque@fq.uh.cu">aapaneque@fq.uh.cu</a>
Química de Materiales	Dra. Tania Farias	<a href="mailto:tania@imre.uh.cu">tania@imre.uh.cu</a>
Química de la Iniciativa e innovación	Dr. Dionisio Zaldivar	<a href="mailto:dzs@fq.uh.cu">dzs@fq.uh.cu</a>
Química Nano y supramolecular	Dra. Alicia Díaz	<a href="mailto:adg@fq.uh.cu">adg@fq.uh.cu</a>
Química Orgánica	Prof. Dra. Margarita Suárez	<a href="mailto:msuarez@fq.uh.cu">msuarez@fq.uh.cu</a>
Procesos Industriales e Ingeniería	Prof. Dra. Lourdes Zumalacarregui	<a href="mailto:lourdes@quimica.cujae.edu.cu">lourdes@quimica.cujae.edu.cu</a>
Productos Naturales, Farmacéuticos y Alimentos	Dr. José Antonio. González	<a href="mailto:josea.lavaut@infomed.sld.cu">josea.lavaut@infomed.sld.cu</a>
Radioquímica	Dra. Zalua Rodríguez	<a href="mailto:zalua@instec.cu">zalua@instec.cu</a>
Simposio Proteínas y Péptidos en Biotecnología y Biomedicina	Prof. Dra. Isel Pascual	<a href="mailto:isel@fbio.uh.cu">isel@fbio.uh.cu</a>
Simposio Materiales para Bioingeniería y Nanomedicina	Prof. Dr. Carlos Peniche	<a href="mailto:peniche@fq.uh.cu">peniche@fq.uh.cu</a>

## FECHAS MÁS SIGNIFICATIVAS PARA RECORDAR DE ESTE CONGRESO

20 de Julio, 2018	Envío de resúmenes y solicitud de inscripción
15 de Agosto, 2018	Aceptación de trabajos y comunicación a los autores
9 de Octubre, 2018	Apertura del Congreso
12 de Octubre, 2018	Ceremonia de clausura



## **¿CÓMO ORGANIZAR SU VIAJE A NUESTRO CONGRESO?**

Por favor, contactar a la agencia de viajes HAVANATUR S.A.

### **Organizadora Profesional del Congreso:**

Ing. Caridad Sagó Rivera

Ejecutiva Comercial, Evento Havanatur

E-mail: [sago@havanatur.cu](mailto:sago@havanatur.cu)

Teléfono: (537) 2019780

LA HABANA-CUBA



**Cuba**, oficialmente la **República de Cuba**, es un país soberano insular del Caribe, asentado en un archipiélago del mar de las Antillas. El territorio está organizado en quince provincias y un municipio especial con La Habana como capital y ciudad más poblada. Es una nación en vías de desarrollo que adopta para sí una economía planificada, cuyas principales actividades son las exportaciones de azúcar, tabaco, café, productos farmacéuticos y mano de obra especializada. Ocupa el puesto 67º en el Índice de desarrollo humano elaborado por la Organización de las Naciones Unidas, y el 5º entre los latinoamericanos, solo por detrás de Argentina, Chile, Uruguay y Panamá. En 2015, Cuba tenía el 3º IDH en Latinoamérica

**La Habana** (fundada en 1514) es la capital de la República de Cuba, su urbe más grande, el principal puerto, su centro económico-cultural y su principal polo turístico. Es la ciudad más poblada del país, con una población de 2 106 146 habitantes según datos de 2012, y la tercera más poblada de la región del Caribe. Como capital de Cuba, la ciudad es la sede oficial de los órganos superiores del Estado y el Gobierno cubano, de todos los organismos centrales y de casi la totalidad de empresas y asociaciones de ámbito nacional. Además, reúne la mayor cantidad de sucursales y casas matrices de las entidades extranjeras radicadas en Cuba.

Su patrimonio histórico, arquitectónico y sobre todo cultural, expresado en la fusión entre europeos, africanos y aborígenes en un inicio, junto a otros componentes étnicos y culturales más contemporáneos, convierten a la ciudad en una importante receptora de turismo internacional y en el centro de la vida nacional. Su centro histórico, declarado Patrimonio de la Humanidad por la Unesco en 1982, es hoy uno de conjuntos arquitectónicos mejor conservados de América Latina. Entre sus monumentos más representativos se encuentran la Catedral de la Habana, la Plaza de Armas, el Castillo del Morro, el Museo de la Revolución, el Palacio Nacional de Bellas Artes, el Gran Teatro de La Habana, el Capitolio, la Plaza de la Revolución y el Malecón, quizás el símbolo más reconocido a nivel internacional de la ciudad.



Encuentre los apellidos de químicos famosos en el acertijo. Pueden estar de forma progresiva, hacia atrás o en diagonal

K	P	E	Y	S	A	U	V	A	J	E
J	R	R	W	H	O	L	E	R		H
P	R	O	M	A	N	C	C	C	A	O
R	A	W	T	G	H	U	F	U	N	F
D	C	K	S	O	S	R	V	B	P	F
A	E	M	M	D	P	I	F	Y	L	M
V	T	R	I	S	F	E	V	L	N	A
O	W	H	L	K	Q	L	L	O	M	N
G	S	T	Y	E	O	V	B	M	A	S
A	G	Y	H	Q	N	E	Q	E	O	D
D	Z	X	T	F	L	M	K	F	Z	X
R	W	L	E	H	N	V	E	J	U	M
O	E	L	U	K	E	K	Z	Y	P	Y
X	F	Y	T	D	Y	B	I	Q	E	G
E	L	I	E	L	N	G	A	K	M	R
Z	Q	G	R	I	G	N	A	R	D	C
L	A	V	O	I	S	I	E	R	Q	E

**AVOGADRO**, Amadeo (1766-1856, introdujo el concepto actual de mol y el número que lleva su nombre)



**CURIE**, Maria (Premio Nobel de Física en 1903 por su contribución al estudio de la radioactividad. Premio Nobel de Química en 1911 por el descubrimiento del radio y el polonio)



**ELIEL**, Ernest (1921-2008, contribuyó al desarrollo de la estereoquímica)



**ERLENMEYER**, Emil (1825-1909, diseñó y creó el matraz que lleva su nombre, estableció la tautomería ceto-enólica)



**GRIGNARD**, Victor (Premio Nobel en 1912 por el desarrollo de los compuestos organo-magnesianos de amplio uso en química orgánica)



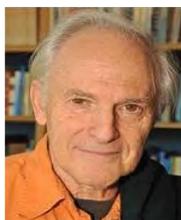
**HOFFMAN** Félix (1868-1946, sintetizó el ácido acetilsalicílico, la aspirina).



**KEKULE**, Friedich (1829-1886, definió la química orgánica como la química de los compuestos del carbono, descubrió la estructura cíclica de los compuestos aromáticos)



**KROTO**, Harold (1939-2016, Descubridor de los Fullerenos, Premio Nobel de Química en 1996)



**LAVOISIER**, Laurent (1743-1794, Químico francés, se conoce como el padre de la Química Moderna, enunció la ley de la conservación de la masa)



**LEHN**, Jean M. (Premio Nobel de Química 1987 Por su contribución al desarrollo de la química supramolecular)



**NOBEL**, Alfred (1833-1896, sintetizó un explosivo seguro, la dinamita, patrocinador de los premios que llevan su nombre)



**PAULING**, Linus (1901-1994), Premio Nobel de Química en 1954 por sus investigaciones sobre la naturaleza del enlace químico.



**SAUVAGE**, Jean Pierre (1944, Premio Nobel de Química 2016, por el diseño y síntesis de máquinas moleculares)



**WHOLER**, Friedich (1800-1882, se le conoce como el padre de la síntesis orgánica, sintetizó la urea a partir de una sal inorgánica)



## RESPUESTA

E	Ò	R	E	S	I	O	V	V	L
C	D	R	V	N	G	R	G	Ò	Z
R	M	K	V	G	N	L	E	L	E
G	E	Ò	B	I	D	Y	L	F	X
Y	P	Y	Z	K	E	K	L	E	O
M	U	J	E	V	N	H	E	L	R
X	Z	F	K	M	L	F	L	X	Z
D	O	E	Ò	E	N	Ò	H	Y	G
S	V	M	B	V	O	E	Y	T	S
N	M	O	L	L	Ò	K	L	H	W
V	N	L	V	E	F	I	S	R	T
M	L	Y	F	I	P	D	M	M	E
F	P	B	V	R	S	O	S	K	C
F	N	F	U	F	U	H	G	T	W
O	V	C	C	C	N	V	M	O	R
H		R	E	R	O	H	W		R
E	J	V	V	A	U	S	Y	E	P



### 2.-Dibuje una línea que conecte el elemento químico correcto con la descripción que se hace:

- |   |              |
|---|--------------|
| 1.-Metal que se encuentra en la sangre                          | A.- CLORO    |
| 2.-Se emplea para hacer joyas                                   | B.- NEÓN     |
| 3.- Ayuda a purificar el agua de las piscinas                   | C.- OXÍGENO  |
| 4.- Posibilita que los globos floten.                           | D.-FLUOR     |
| 5.- Se emplea para hacer aeroplanos.                            | E.-PLATINO   |
| 6.- Importante mineral que se encuentra en la leche             | F.- HIERRO   |
| 7.-Se encuentra en la pasta de dientes para prevenir las caries | G.-HELIO     |
| 8.- Se usa en tubos incandescentes                              | H.- ALUMINIO |
| 9.- Es necesaria su presencia para que algo se queme            | I.-CALCIO    |

### RESPUESTA

- 5.-H  
4.-G 9.-C  
3.-A 8.-B  
2.-E 7.-D  
1.-F 6.-I

# Normas de publicación de la revista *Encuentro con la Química*

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, **García<sup>1</sup>**) y, si procede, después de las marcas de puntuación (por ejemplo, **Soto.<sup>2</sup>**). 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](http://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.

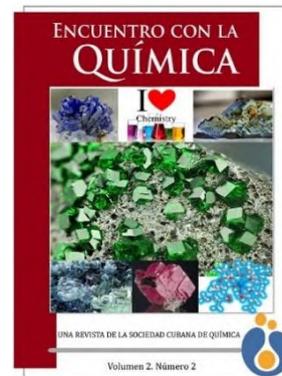
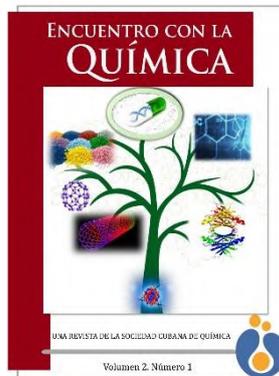
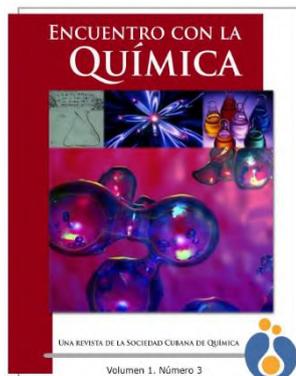
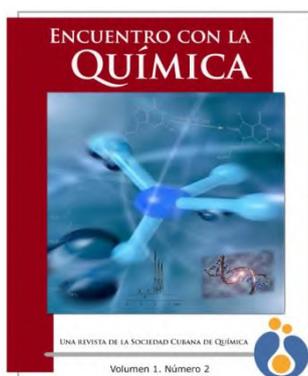
2.-V. Polshettiwar, R. S. Varma, *Chem. Soc. Rev.* **2008**, 37, 1546–1557.

## 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 [msuarez@fq.uh.cu](mailto:msuarez@fq.uh.cu) con la indicación de en cual sesión desea ser publicado. Después de revisado, se le informará la aceptación al autor principal.



*Encuentro con la Química* es una revista electrónica divulgativa de la Sociedad Cubana de Química.

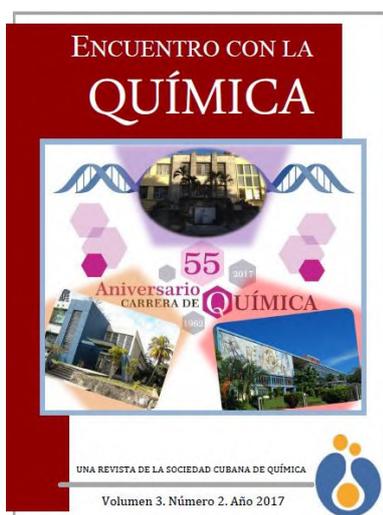
Su distribución es gratuita y su frecuencia es cuatrimestral.

Todos los números de *Encuentro con la Química* pueden descargarse desde el sitio web:

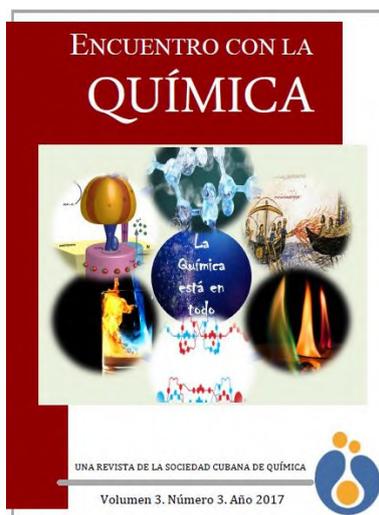
[http://www.scq.uh.cu/encuentro\\_con\\_la\\_quimica](http://www.scq.uh.cu/encuentro_con_la_quimica)

## Últimos números

Volumen 3 Número 2  
Mayo-Septiembre de 2017



Volumen 3 Número 3  
Septiembre-Diciembre de 2017



Volumen 4 Número 1  
Enero-Abril de 2018

