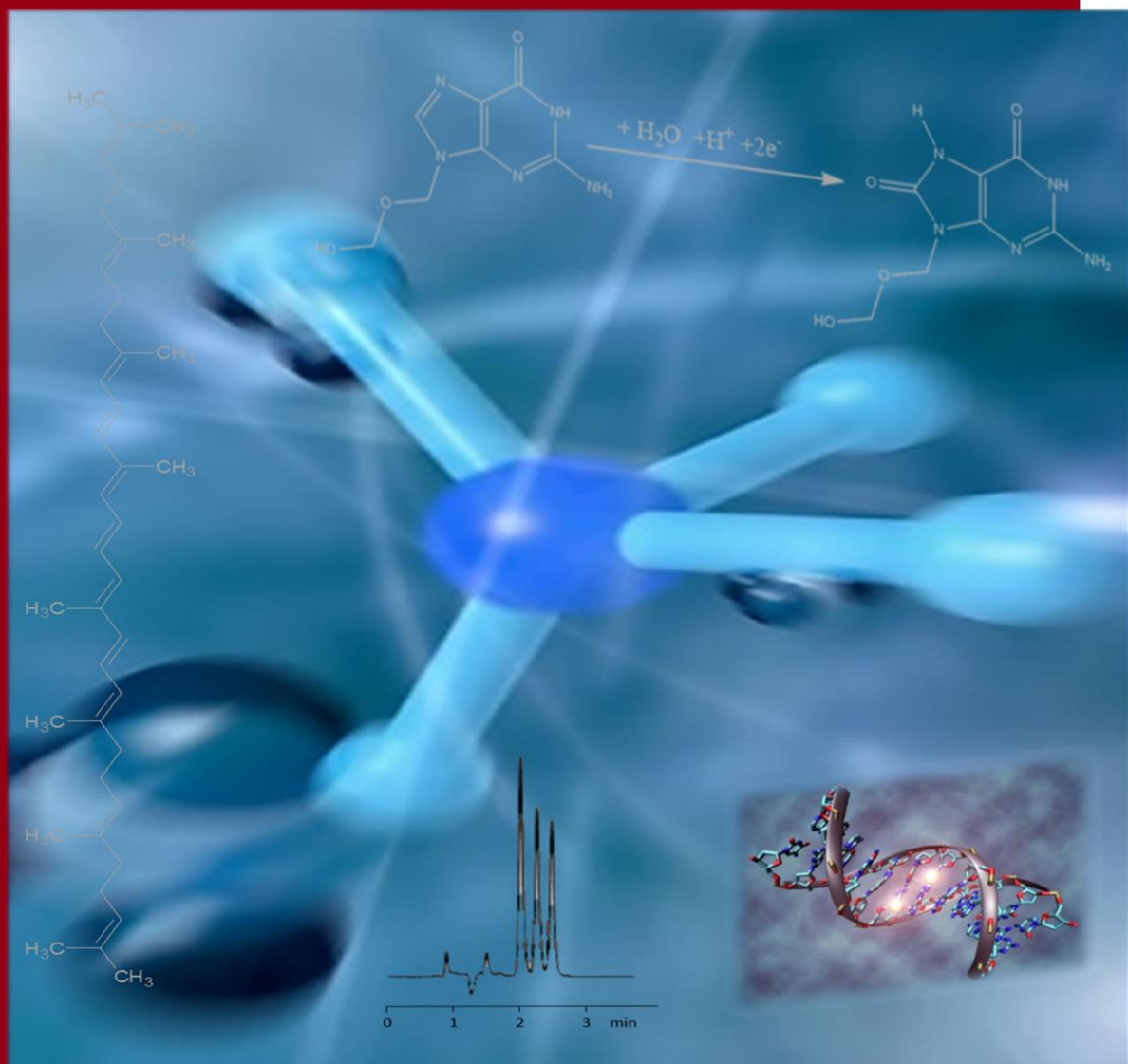


# ENCUENTRO CON LA QUÍMICA



UNA REVISTA DE LA SOCIEDAD CUBANA DE QUÍMICA

Volumen 1. Número 2



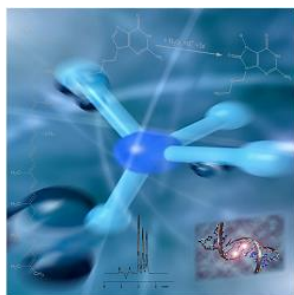
# Encuentro con la Química

Volumen 1- Número 2

Mayo-Septiembre 2015

## Índice

### FOTO PORTADA



Elaborada por



Lic. Juan Jesús Piña  
Leyte-Vidal

### GRUPO EDITORIAL

Editora:

Prof. Dr. Margarita  
Suárez Navarro

Colaborador:

Prof. Dr. Jorge Lodos

Composición y producción:

Msc. Aldrin Vasco Vidal

Editorial .....	1
Química, Ciencia y Sociedad	
Ciencias y Creencias <i>Luis A. Montero Cabrera</i> .....	3
Los Premios Nacionales de 2014 que otorga la Sociedad Cubana de Química .....	7
Investigación en Química	
El polietileno y la importancia de la masa molecular en sus aplicaciones <i>Ricardo Martínez Sanchez</i> .....	9
Biomateriales de fosfatos de calcio para aplicaciones biomédicas <i>José Ángel Delgado García-Menocal</i> .....	13
Las magnetitas en las nanociencias <i>Alicia M. Díaz García</i> .....	19
La Química Verde vs la Contaminación Ambiental <i>Margarita Suárez Navarro</i> .....	24
Nuevas estrategias computacionales y experimentales aplicadas al desarrollo de medicamentos genéricos y productos farmacéuticos de avanzada <i>Miguel Ángel Cabrera-Pérez; y colaboradores</i> .....	30
Química y Gastronomía	
La tecnología del ron, cómo se preparan sus cocteles <i>Jorge T. Lodos Fernández</i> .....	34
Enseñanza de la Química	
Sobre los errores frecuentes en el uso del lenguaje científico <i>Roberto Cao Vázquez</i> .....	35
Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 1 <i>Manuel Alvarez Prieto</i> .....	38

## Historia de la Química

Universidad de La Habana, Química Intramuros. Parte I, de 1800 a 1959.  
*Rebeca Vega Miche* ..... 42

## El cuento

El día del gran descubrimiento.  
*Jorge T. Lodos Fernández*..... 49

## Perfiles

Entrevista al Prof. Dr. Carlos A. Peniche Covas..... 51

## Tributo

Dedicado a las Dras. Zaida Trimiño Ayllón y Caridad Yolanda Ruiz  
Sastre..... 54

## Nuestra Comunidad

50 Años dedicados a la docencia: Carlos A. Núñez Valdés.  
*Margarita Suárez Navarro*..... 56

III Olimpiada Nacional Universitaria de Química 2014 ..... 58

Concurso “*Diseño de un sistema de reacción que produzca químicamente los colores de la bandera cubana: azul, blanco y rojo*” ..... 59





## Editorial

Con este nuevo número de la revista de la Sociedad Cubana de Química continuamos divulgando el quehacer de las químicas y los químicos en nuestro país.

Un aspecto importante que queremos destacar en este número es la cruzada que debemos hacer los científicos para defender la ciencia. El reconocido investigador Carl Sagan planteaba que *la primera gran virtud del hombre fue la duda y el primer gran defecto la fe*. Traigo esta frase a colación debido a que no está de más insistir como científicos que somos, en la diferencia que hay entre la ciencia y la pseudociencia. Según este autor, *la ciencia plantea hipótesis de modo que puedan refutarse. Se confronta una sucesión de hipótesis alternativas mediante experimento y observación. Desde luego, cuando se descarta una hipótesis científica se ven afectados los sentimientos de propiedad, pero se reconoce que este tipo de refutación es el elemento central de la empresa científica. La pseudociencia es justo lo contrario. Las hipótesis suelen formularse*

*precisamente de modo que sean invulnerables a cualquier posibilidad de refutación, por lo que en principio no pueden ser invalidadas. Los practicantes se muestran cautos y a la defensiva. Se oponen al escrutinio escéptico. Cuando la hipótesis de los pseudocientíficos no consigue cuajar entre los científicos se alegan conspiraciones para suprimirla.* En este número publicamos el artículo “*Ciencias y Creencias*” escrito por el presidente de la SCQ relacionado con este tema.

También podrán leer artículos relacionados con los premios Nacionales de 2014 que otorga la SCQ, el empleo de los polímeros en diferentes campos de la ciencia, la contribución de la Química a disminuir la contaminación ambiental, el empleo de materiales inorgánicos para la obtención de nanopartículas y algunas estrategias para el desarrollo de medicamentos genéricos y productos farmacéuticos de avanzada. Aparecen artículos relacionados con la enseñanza y la historia de la química, la química en la gastronomía, entre otros.

Se mantienen las sesiones Tributo para recordar a los profesionales que ya no están y Perfiles con el objetivo de conocer aún más a nuestros químicos.

Queremos, para los próximos números proponer nuevas sesiones. Nuestro entusiasta colaborador, el Prof. Jorge Lodos nos ha sugerido las siguientes sesiones:

### SECCIÓN ¡A DEBATE!

La Redacción de “Encuentro con la Química” invita a sus lectores a participar de una nueva sección: ¡A Debate! que presentará trabajos cortos con temas abiertos, cuyo objetivo es propiciar una discusión especializada a partir de los cuestionamientos y soluciones que propongan los autores. Se aceptarán trabajos de hasta 2 páginas, en el mismo formato establecido, aunque se estimula que el texto tenga un contenido más dinámico y polémico.

Les pedimos a los lectores que nos envíen sus propuestas sobre cualquier tema que quieran abrir ¡A Debate!

### SECCIÓN “CARTAS A LA REDACCIÓN”

Invitamos a los lectores a participar de una nueva sección: “¡Cartas a la redacción” que recibirá comentarios, cuestionamientos y preguntas que les hayan surgido a los lectores a

partir de la lectura de los trabajos publicados, y dará pie, también, a explicaciones o réplicas por sus autores.

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 disfruten de este material.

Margarita Suárez Navarro  
Editora

**Luis A. Montero Cabrera**

[lmc@fq.uh.cu](mailto:lmc@fq.uh.cu)

**Departamento de Química Física. Facultad de Química. Universidad de La Habana.**

Químico nacido en La Habana en 1947 y graduado como licenciado en 1968. Profesor de química física de la Universidad de La Habana (1983), Dr. rer. Nat (1980), Dr. Cs. (2012). Presidente de la Sociedad Cubana de Química desde 2012. Ha recibido varios premios y condecoraciones, entre ellos la Orden Carlos J. Finlay en 1999 y la Orden Frank País de 1er. grado en 2012. Es Profesor de Mérito de la Universidad de La Habana (2015).



Las creencias de los seres humanos son intrínsecas a nuestra propia existencia. Creemos en todo aquello en lo que queremos y consideramos adecuado creer. Para creer en algo basta con desear hacerlo, no se requiere demostración independiente alguna. Los amores, por ejemplo, suelen ser buenos modelos de creencias. Nos enamoramos de una posible pareja y nos parece perfecta, o casi. El amor se suele aceptar sin demostraciones previas que indiquen su veracidad porque prima el deseo y la creencia.

Una característica definitoria de las creencias es que se constituyen como un patrimonio personal. Son válidas y lo seguirán siendo porque responden a la libertad individual de una persona para dedicar su interés o atención a aquello en lo que cree. Eso es también algo que para muchos convierte a las creencias en pasiones. Una creencia no tiene que ser compartida por todos, o al menos no compartirse de la misma forma. Aquí el amor carnal nos vuelve a ayudar como paradigma de creencia: dentro de nuestros patrones culturales los amores no se suelen compartir, al menos en los

sentimientos. La devoción por la pareja que sea objeto de nuestro amor, o por el dios o los dioses que nos resulten cercanos, o por las ideas que consideramos más correctas según nuestros propios principios, es tan válida como nuestro derecho a profesarla. Esto siempre que se limite a nuestros intereses, exclusivamente, y no se vulnere los de otros que tienen sus propios derechos.

No obstante, el avance de la civilización ha ido requiriendo que muchas creencias dejen de ser un atributo de libertad de decisión o sentimientos personales y se conviertan en patrimonio de todos. Esto es importante en muchos aspectos, sobre todo aquéllos en los que un colectivo o sociedad humana está en juego. La Segunda Ley de Newton es un postulado que se ha demostrado por la experiencia práctica de todos, en todas partes, en nuestras escalas de espacio y tiempo. Se puede creer en ella sin reservas porque su demostración es común a cualquier individuo y por ello es verificable independientemente de quien lo haga y donde se haga. Esto es lo que identifica a las ciencias con respecto a las creencias. Se puede tener pasión o

no por las leyes científicas comprobadas, pero nadie puede negarlas.

La ciencia ha ido creando mecanismos irrenunciables para ser confiable por todos. En primerísimo lugar todo hallazgo científico debe ser público, aunque en algunos casos el universo de los que lo conocen deba ser limitado, al menos temporalmente. Si no se hace público, mediante un soporte informativo permanente y comprobable en el tiempo, carece de sentido, porque no pasa de ser una veleidad individual aunque fuera cierta. Y si es cierta y se queda en la mente del que lo dedujo o encontró, la humanidad pierde una oportunidad, como tantas que se perdieron antes de que los hallazgos se publicaran. ¿Es imaginable cuantas veces se descubrió la forma de hacer fuego? ¿O cuantas veces se inventó la rueda por nuestros ancestros? En aquellas épocas las informaciones no quedaban grabadas en soportes escritos, al alcance de otros, sino que el hombre usaba sus cualidades físicas de poder hablar un lenguaje y entenderlo para transmitirlos de unos individuos a otros, en forma presencial. Por eso la ciencia moderna ha hecho de la publicación de sus resultados un requisito de validez.

Una importante característica de la ciencia ya la hemos insinuado: una verdad científica debe poderse verificar independientemente del que la encontró por vez primera y la publicó. Para ello, el anuncio de un nuevo descubrimiento que sea merecedor de la confianza de otro ser humano debe publicarse con la suficiente claridad y detalle como para que otras personas, sin interactuar con el autor original, puedan encontrarla igualmente o reproducirla por si mismas.

Por supuesto que la ciencia también tiene espacios para lo no demostrado, aunque pueda

ser demostrable. No siempre los fenómenos pueden ser explicados en su primera aproximación. Si un científico imagina o cree que algo puede ser cierto sin demostrarlo, debe hacerlo público indicando los indicios que conducen sus creencias en esa hipótesis, pero declarando sin ambages que es una creencia inducida por ciertos indicios confiables y no una verdad científica comprobada. Muchas teorías se han postulado sin una demostración inmediata pero con una fundamentación correcta. Se han aceptado como tales, como hipótesis o teorías. En muchísimos casos, como es el de la famosa Teoría de la Relatividad, fue así y después se comprobaron para bien, aunque también para mal.

En el campo del bienestar físico y emocional de las personas existe mucha ciencia y también muchas creencias. La ciencia es de alta confiabilidad por todos, si está bien hecha y demostrada. Las creencias suelen mostrar o aparentar efectividad hasta para sanar enfermedades si se confía individualmente en ellas. Una de las razones radica en que 3500 millones de años de evolución de la vida sobre la tierra han conducido a un sistema muy complejo como el cuerpo humano vivo, cuyos detalles solo se están empezando a conocer por la ciencia. Entre ellos está nuestra capacidad de resolver por nosotros mismos muchos desarreglos que suelen llamarse enfermedades. Esta capacidad se activa de muchas formas posibles y puede que también gracias a nuestra voluntad. Para muchos este es el llamado “efecto placebo” donde la confianza en una determinada acción específica pero intrínsecamente inocua puede conducir al autoremedio del problema.

Los químicos saben bien que cualquier sustancia disuelta en un líquido suele disminuir



la exposición de sus propiedades en la medida en la que su concentración es menor. Un vaso de agua salada es cada vez menos salado mientras más agua pura se le añade. Esta es una verdad científica y comprobable por científicos y no científicos, por químicos y no químicos. También se ha demostrado que el agua, o cualquier disolvente líquido, está constituida por un conjunto muy numeroso de moléculas con la composición  $H_2O$  que en su perpetuo movimiento se ordenan entre ellas según sus interacciones mutuas y las que puedan tener con sustancias extrañas disueltas. El escenario de estos hechos se encuentra en escalas nanoscópicas (milésimas de micrómetros) del espacio. Existen muchos procedimientos experimentales y reproducibles que arrojan esto como una verdad científica, incontrovertible hoy en día. Consecuentemente, si la probabilidad de encontrar sustancias (como la sal o moléculas de cualquier tipo) disueltas en el agua se acerca cada vez más a ser nula en la medida en la que se adiciona más agua pura a una disolución, igualmente se tenderá a ser nula la posibilidad de acción de las sustancias disueltas, porque irremediablemente su ausencia será reemplazada por moléculas que interactuaran entre ellas como lo que son: moléculas de agua o del disolvente que se haya usado. Hasta aquí un simple y demostrable pensamiento científico.

Nos referiremos como ejemplo de relación de la ciencia con las creencias a una serie de procedimientos que se suelen denominar con una palabra ciertamente llamativa: homeopatía. Lo esencial de tales procedimientos de la llamada “medicina alternativa” se basa en una doctrina que data del siglo XVIII en Europa acerca de que lo “similar cura lo similar”. Esto se traduce en que una sustancia que causa los

síntomas de una enfermedad en personas sanas deberá sanar los mismos síntomas en los enfermos. Hasta aquí resulta evidente que aunque este razonamiento pueda haber sido inducido por algunos hechos aislados, y hasta pueda resultar lógicamente atractivo, la demostración científica del mismo no existe y por lo tanto esta doctrina entra en el campo de las creencias, no de la ciencia. Es muy probable que un vaso de un vino que provoque un dolor de cabeza no le quite el dolor de cabeza a un paciente de migraña.

Los remedios de esta doctrina se preparan mediante la llamada “dilución homeopática” que implica la dilución sucesiva de la sustancia seleccionada en alcohol o agua, seguida por golpes sistemáticos contra un cuerpo elástico. Las “normas” indican que se debe seguir diluyendo hasta el punto en que prácticamente no queden moléculas de la sustancia original, sino del disolvente. La selección de las sustancias sometidas a tales procedimientos se realiza por parte de los practicantes. Se hipotetiza que el disolvente mantiene la “memoria” de la sustancia que estaba disuelta en él y que gracias a eso se cura la dolencia con un mínimo o nada de influencia de sustancias extrañas.

Si una persona que inspira confianza afirma que una cierta sustancia manifiesta sus propiedades curativas cuando una disolución de la misma se hace más diluida y algún aquejado de una enfermedad logra sanarse previa utilización de tal disolución, eso puede generar una creencia circunstancial. La complejidad de las capacidades humanas de autosanación así como todos los factores ambientales que actúan sobre un paciente en el proceso de una enfermedad impiden establecer una relación

confiable entre el uso de la mencionada solución ultradiluida y la curación. Si la curación ha ocurrido se ha debido a las circunstancias de su aplicación y, probablemente, a la creencia del paciente de que iba a ser curado. Para ser ciencia se requeriría que las curaciones se evaluaran con procedimientos estadísticos adecuadamente diseñados para identificar la acción del remedio entre todos los demás factores. “Una golondrina no hace verano”, dice un refrán popular que se basa en leyes estadísticas irrefutables y comprobadas.

Como es de esperar, puede afirmarse que la literatura científica mundial no ha reportado un solo resultado reproducible independientemente que permita confiar en estas formas de sanación. Dados los razonamientos hechos anteriormente acerca de las propiedades de las soluciones, no debe extrañarnos esta falta de confirmación científica.

Es obvio que la libertad de cada persona de creer lo que estime impide censurar a los que escojan sanaciones “tradicionales” no comprobadas, así como otras tantas basadas estrictamente en las creencias. Y si además consideran que han obtenido el deseado bienestar y felicidad individual gracias a estas prácticas, merecen también la aceptación. Lo censurable es que las personas que promuevan estas ideas y procedimientos usen recursos que no les pertenezcan para ello, o para su lucro personal, o que engañen de forma que los enfermos dejen de acceder a los procedimientos científicamente probados por usar estas riesgosas “medicinas alternativas” en casos graves, donde la vida del paciente esté en juego. El camino para mejorar al ser humano ha pasado siempre por aumentar su cultura. Cuando se conoce más se es más libre, se decide mejor, se

evitan errores costosos. Intentar atacar las creencias de nuestros congéneres suele ser estéril y hasta contraproducente. Ya hemos mencionado que las creencias se pueden convertir en pasiones y casi siempre llegan a ser parte de la identidad que las personas reconocen en sí mismas. Si se ataca una creencia de alguien se puede considerar como un ataque a la identidad de esa persona y no se suele tolerar, provocando reacciones imprevisibles. Por otra parte, en la mayoría de los casos se observa que el ataque a las creencias las reafirma en los que las profesan.

La vía de perfeccionar nuestras conciencias debería ir más cerca del conocimiento y apropiación de la ciencia moderna que de las creencias y eso solo se adquiere con aprendizaje responsable de todo lo comprobado y aceptado científicamente, con respeto ajeno y sobre todo con la promoción social de todo lo confiable y honrado. Y, ¿por qué no?, alentando también la creencia en el amor y en las ideas de justicia para todos, y también la tolerancia de todo aquello que haga feliz a las personas individualmente sin afectar a su entorno ni a su prójimo.

# Los Premios Nacionales de 2014 que otorga la Sociedad Cubana de Química

En acto efectuado el pasado viernes 16 de enero de 2015 en el Aula Magna de la Universidad de la Habana, se entregaron los Premios Nacionales que otorga la Sociedad Cubana de Química del año 2014 (Fig. 1).



**Fig. 1.** Acto de premiación realizado en el Aula Magna de la Universidad de La Habana

En esta ocasión, el jurado que evaluó las propuestas estuvo formado por cinco personalidades que ya fueron galardonados anteriormente con un Premio Nacional. Ellos fueron:

**Presidente:** Dr. Jorge Pino Alea

**Miembros:** Dra. Lourdes Zumalacárregui de Cárdenas

Dra. Claudina Zaldívar Muñoz

Dr. Ricardo Martínez Sánchez

Dra. Isel Pascual Alonso

**Los Premios otorgados fueron:**

## PREMIO NACIONAL DE QUÍMICA



**Dra. María de los Ángeles Arada Pérez**

Es Profesora Titular de la Facultad Ciencias Naturales en la Universidad de Oriente. Su trabajo de investigación está relacionado con la química analítica, fundamentalmente trata sobre el desarrollo de sensores electroquímicos y electrodos selectivos.

## PREMIO NACIONAL DE BIOQUÍMICA



**Dr. Eduardo A. Ortega Delgado**

Es Profesor Titular de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. Su trabajo de investigación está centrado en el aporte de

métodos químicos al estudio de la Fisiología y Bioquímica Vegetal.

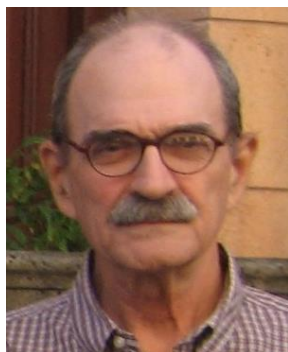
**PREMIO NACIONAL DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**Beatriz Pérez Barcala**

Es Investigadora Auxiliar de la UCTB Refinación de Petróleo en el CEINPET y reconocida como una autoridad en el campo de los aceites básicos donde ha realizado un amplio trabajo tecnológico.

**PREMIO NACIONAL DE ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA**



**Dr. Carlos Andrés Núñez Valdés**

Es Profesor Titular/Consultante de la Facultad de Química de la Universidad de La

Habana. Sus investigaciones se centran en el uso de las TIC en la docencia universitaria.

**PREMIO NACIONAL AL JOVEN MÁS DESTACADO**



**Dr. Pedro Alberto Valiente Flores**

Profesor auxiliar e investigador auxiliar de la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. Su actividad científica se ha concentrado fundamentalmente en la aplicación y desarrollo de herramientas bioinformáticas para el estudio de la interacciones proteasa:inhibidor y proteína:membrana.

Las propuestas a premio presentadas mostraron una alta calidad aunque desafortunadamente fueron muy pocas, por lo que exhortamos a que para las próximas ediciones, los socios de la Sociedad Cubana de Química hagan sus propuestas para reconocer el trabajo de los compañeros que día a día, desde sus diferentes trabajos, contribuyen al desarrollo de la Ciencia cubana.

# El polietileno y la importancia de la masa molecular en sus aplicaciones

Investigación  
en Química

**Ricardo Martínez Sanchez**

[ricardo@imre.oc.uh.cu](mailto:ricardo@imre.oc.uh.cu)

División de Química y Tecnología de Materiales.

Instituto de Ciencias y Tecnología de los Materiales. Universidad de La Habana.

Licenciado en Química (1968), Doctor en Ciencias Químicas (Ph D, 1975), Doctor en Ciencias (1992). Profesor de Merito de la Universidad de La Habana (2014), Profesor Titular del IMRE. Ha recibido numerosos premios como investigador-docente en la Universidad de La Habana. En cuatro ocasiones recibió el Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba (2004, 2005, 2008 y 2013). Ha sido Distinción Especial del Ministro de Educación Superior en dos ocasiones por los resultados en la investigación. Recibió el Premio Nacional de Química en 2012. Ostenta las Medallas Frank País y Carlos J. Finlay.



## Introducción

En el siglo XIX se produjo una gran demanda de marfil para la producción de diversos artículos entre los que se encontraban las bolas de villar, un juego que había alcanzado mucha popularidad. El mercado del marfil incentivó la caza anual de alrededor de 100.000 elefantes en pos de sus colmillos. En 1868 una compañía productora de las bolas de villar, la Pheland and Collendar de Albany, New York, ofreció un premio de **\$10.000** a quien desarrollara un material que sustituyera al marfil para la producción de las bolas. El premio lo ganó John Wesley Hyatt al crear el primer material que podía sustituir al marfil. Hyatt partió de una disolución de nitrocelulosa en etanol y éter etílico, llamada colodión, que modificó con alcanfor. Después de 7 años de trabajo creó el primer plástico moldeable, un dinitrato de celulosa plastificado al que llamó celuloide.<sup>1</sup>

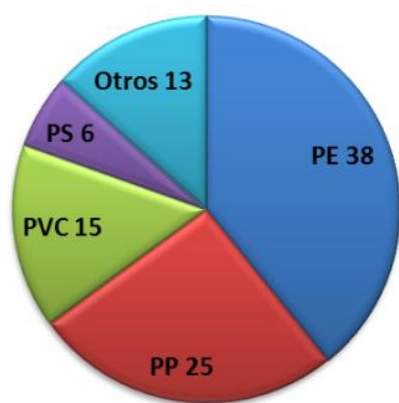
Al igual que el celuloide otros plásticos como la bakelita, se fueron desarrollando de manera empírica pues el reconocimiento teórico del concepto de macromoléculas no se produjo hasta

1929, cuando Carother publicó su trabajo sobre la policondensación.<sup>2</sup> A partir de ese momento la vinculación del desarrollo teórico y las tecnologías para el procesamiento de los plásticos condujeron a la producción de múltiples materiales poliméricos que sustituían ventajosamente los materiales tradicionales, como la madera, el vidrio y los metales, en la fabricación de diversos objetos.

Las aplicaciones de los polímeros son casi ilimitadas. Para obtener un material con propiedades determinadas se pueden emplear varias vías, entre ellas: a) la polimerización de diferentes monómeros (formación de homopolímeros); b) la polimerización de una combinación de dos monómeros (obtención de copolímeros); c) la obtención de materiales híbridos formados por un polímero o un copolímero que recubre a un material inorgánico u orgánico (composite).

La primera de las vías sirve para ilustrar la magnitud del uso de los polímeros. El 87 % de los artículos plásticos que se consumieron en el mundo en el 2010 (ver figura 1) se obtuvieron

solamente con cuatro monómeros: etileno, propileno, cloruro de vinilo y estireno. El primero puede polimerizarse empleando iniciadores radicálicos y de coordinación<sup>3</sup> que producen diferentes tipos de polietileno (PE) con densidades que varían entre 0,910 y más de 0,959 g/cm<sup>3</sup> y masas moleculares promedios entre los órdenes de 10<sup>4</sup> y 10<sup>6</sup>. Ello convierte al PE en el plástico más popular del mundo, que puede emplearse para fabricar desde un simple envoltorio de prendas de vestir hasta un chaleco antibalas.

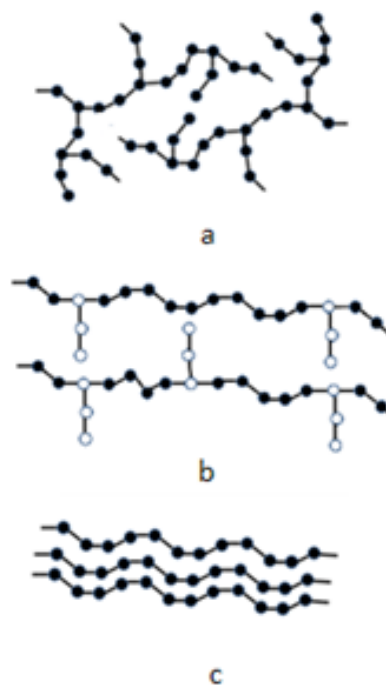


**Fig. 1.** Porcentaje de la producción de plásticos en el año 2010. PE: polietileno; PP: polipropileno; PVC: cloruro de polivinilo PS: poliestireno.

### La iniciación de la polimerización y la estructura del polietileno.

La diversidad de los usos del PE está relacionada con los cambios que se producen en la formación de sus macromoléculas en dependencia del iniciador o el catalizador empleado para obtenerlas. La figura 2 ilustra las diferencias entre las configuraciones de las macromoléculas de los tres tipos de PE que más se venden en el mercado: a) el de baja densidad (LDPE, por sus siglas en inglés), b) el lineal de baja densidad (LLDPE, por sus siglas en inglés) y c) el de alta densidad (HDPE, por sus siglas en inglés). El primero se obtiene por polimerización radicálica y los otros dos por polimerización de coordinación. La presencia o no de

ramificaciones en las cadenas y la variación de las masas moleculares de los polímeros, que pueden obtenerse en ambos procesos, varía sustancialmente las propiedades físicas del material y permite introducir en el mercado un conjunto de polietilenos de múltiples prestaciones.



**Fig. 2.** Representación de las macromoléculas del PE. a) Polietileno de baja densidad (LDPE), obtenidos por polimerización radicálica. b) Copolímero del etileno (círculos negros) y el 1-buteno (círculos blancos), denominado polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y c) Polietileno de alta densidad (HDPE), obtenidos por polimerización de coordinación

### La polimerización radicálica del etileno.

El polietileno de baja densidad fue descubierto por la Imperial Chemical Industries Ltd. en 1933. El etileno se polimeriza a presiones entre 120 y 300 MPa y temperaturas comprendidas entre 405 y 605 K en reactores tubulares o de autoclave.<sup>4</sup>

Como iniciador se emplean cantidades pequeñas de oxígeno ( $\leq 300$  ppm) que se combina frecuentemente con un peróxido de alquilo o acilo o un hidroperóxido. El control de la masa

molecular se logra mediante el empleo de un agente de transferencia como el propano, butano, ciclohexano, propeno, 1-buteno, isobutileno, acetona, 2-propanol y propanal. La polimerización se efectúa en masa, sin el empleo de disolventes.

El grado de polimerización del PE obtenido por esta varía entre 20,000–100,000, con dispersiones de la masa molecular de 3 a 20. El polímero posee muchas ramificaciones, tanto cortas como largas, que provocan que tenga poca cristalinidad (40–60%) y una densidad baja (0.91–0.93 g/cm<sup>3</sup>).<sup>3</sup>

Entre las principales aplicaciones del LDPE se encuentran el soplado de películas para la fabricación de bolsas y embalajes, juguetes, baldes y recubrimiento de cables eléctricos.

### La polimerización de coordinación.

Un cambio importante en la producción del PE fue la posibilidad de sintetizar polímeros estereo regulares con la consecuente eliminación de las ramificaciones y el incremento de la cristalinidad y la densidad.

A principios de la década de 1950 se realizaron los descubrimientos que dieron lugar a la producción del polietileno de alta densidad a baja presión (1.4–6.9 MPa) mediante los catalizadores de Ziegler-Natta y del tipo Phillips. En la década de 1980 surgió un nuevo grupo de catalizadores de Ziegler-Natta, los metallocenos, que son solubles y permiten realizar la polimerización en un medio homogéneo

Los catalizadores de Ziegler Natta se forman por la combinación del cloruro de un metal de transición con un compuesto órgano metálico, por ejemplo TiCl<sub>4</sub> y Al(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>. El catalizador de Phillips se obtiene impregnando un

compuesto de Cr en sílice y calentando posteriormente entre 500 y 900°C.

Ejemplos de metallocenos son el dicloruro de bis(ciclopentadienil)titanio y el dicloruro de bis(indenil)zirconio. Los metallocenos requieren también de la activación mediante un coiniador. El más empleado por su eficacia es el metilaluminoxano (MAO).

La polimerización del etileno con los catalizadores de coordinación produce

El HDPE cuya cristalinidad aumenta con relación a la del LDPE de 40–60% a 70–90% y cuya densidad crece de 0.91–0.93 g/cm<sup>3</sup> a 0.94–0.96 g/cm<sup>3</sup>. Se incrementan además la resistencia a la tracción, la dureza, la resistencia química, la temperatura superior de uso, la resistencia al impacto a temperaturas bajas y otras propiedades físicas.

### La masa molecular.

La masa molecular es otro factor determinante de las propiedades físicas de los polietilenos explotados industrialmente.

La mayor parte de los HDPE tiene una masa molecular promedio entre 50,000 y 250,000. Las dos aplicaciones que consumen más HDPE son: 1) el moldeo por soplado (alrededor del 40%) que produce botellas, útiles del hogar, juguetes y baldes y 2) el moldeo por inyección (alrededor del 30%) que produce objetos similares. El resto del consumo se emplea en la extrusión para producir películas para la confección de bolsas para las tiendas y embalajes de alimentos, tuberías y otros productos.

La preparación del HDPE con mayor masa molecular redundará en una mejora de las propiedades físicas aunque su procesamiento se torna más caro al aumentar la viscosidad del polímero fundido. El PE con una masa

molecular de 0.25 a 1.5 millones se denomina polietileno de alta densidad de alta masa molecular (HMWPE, por sus siglas en inglés). Se usa para las instalaciones de tuberías de presión en la minería, la industria, el alcantarillado, el gas, el petróleo y el agua. Además se usa en la producción de grandes objetos por moldeo de soplado como los tanques de almacenamiento.

El polietileno de masa molecular > 1,5 millones se conoce como polietileno de alta densidad de ultra alta masa molecular (UHMWPE, por sus siglas en inglés). Es el material termoplástico de mayor resistencia a la abrasión y a la fuerza del impacto. Algunos de sus usos son la fabricación de cojinetes de baja velocidad y de tolvas para la minería; la construcción de parte de las articulaciones de los implantes para los reemplazos de la cadera y la rodilla. Con el UHMWPE se producen fibras que compiten con la aramida en la confección de chalecos antibala.

Con el empleo de los metalocenos es posible también obtener un PE con baja densidad. En realidad es un copolímero del PE con una  $\alpha$ -olefina de cadena corta como el 1-buteno. La densidad del polímero es de 0.915 a 0.925 g/cm<sup>3</sup> y se conoce como polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). Supera al LDPE en la fuerza de tracción y la resistencia al impacto y a la perforación. Se usa principalmente para fabricar películas que pueden ser más finas que las obtenidas con el LDPE.

#### **A modo de conclusión.**

El uso creciente de los materiales poliméricos se justifica por las posibilidades de desarrollar materiales con diferentes prestaciones aún a partir de un monómero. La polimerización del etileno es el mejor ejemplo. El desarrollo

científico y tecnológico actual ha permitido “diseñar” las macromoléculas. Por una parte, la obtención de cadenas donde se encuentren ramificaciones largas o cortas conduce a materiales de poca cristalinidad y baja densidad. La eliminación de las ramificaciones lleva aparejado el incremento de la cristalinidad y la densidad. Los cambios en las propiedades físicas de estos materiales producidos al variar la cristalinidad diversifican las aplicaciones del PE. Por otra parte, los avances tecnológicos han permitido el procesamiento de polímeros de alta masa molecular, que al fundir tienen una viscosidad elevada. Al pasar las masas moleculares del orden de 10<sup>5</sup> a 10<sup>6</sup> se produce un salto adicional en las propiedades físicas de los PE, cuyo máximo exponente es el UHMWPE considerado el material termoplástico de mayor resistencia a la abrasión y a la fuerza del impacto.

#### **Referencias.**

1. C. E. Carraher, Jr. Giant Molecules: Essential Materials for Everyday Living and Problem Solving, Second Edition ed., John Wiley & Sons, Inc. **2003**.
2. W. H. Carothers, An Introduction to the General Theory of Condensation Polymers, *J. Am. Chem. Soc.* **1929**, 51, 2548.
3. G. Odian, Principles of Polymerization, John Wiley & Sons, Inc., New York. **1981**.
4. A. Prasad, Polymer Data Handbook, Oxford University Press, Inc. **1999**.



# Biomateriales de fosfatos de calcio para aplicaciones biomédicas

Investigación  
en Química

José Ángel Delgado García-Menocal

[jadelgado@biomat.uh.cu](mailto:jadelgado@biomat.uh.cu)

Centro de Biomateriales. Universidad de La Habana

Graduado de Licenciatura en Química en 1992. Doctor en Química por la Universidad Autónoma de Barcelona, España en 1999. Investigador Titular. Académico Titular de la Academia de Ciencias de Cuba. Ha publicado 43 artículos científicos en revistas especializadas con arbitraje. Es autor de dos productos basados en cerámicas de fosfatos de calcio (APAFILL-G<sup>®</sup>, BIOGRAFT-G<sup>®</sup>) que cuentan con Registro Médico. Autor de 3 Premios Nacionales de la Academia de Ciencias de Cuba. Premio Anual de Salud año 2006. Premio Nacional a Jóvenes Investigadores de Ciencias Naturales, Exactas y de la Vida año 2005. Miembro del Consejo Científico de la Universidad de La Habana.



El primer reporte disponible, de acuerdo a la literatura especializada, del empleo de un fosfato de calcio en la sustitución del tejido óseo apareció en 1920 cuando un material sintético basado en fosfato tricálcico (TCP siglas del inglés *tricalcium phosphate*) ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) se utilizó para la reparación de defectos creados artificialmente en huesos de conejos.<sup>1</sup>

La razón fundamental del interés por los fosfatos de calcio está justificada por su similitud en composición química con la fase mineral del tejido óseo de los organismos vertebrados.<sup>2,3</sup> El hueso es un tejido vivo que está constituido aproximadamente por un 25% de agua, 45% de sales minerales principalmente fosfato y carbonato de calcio, alrededor de un 30% de materia orgánica, principalmente colágeno tipo I y otras proteínas; además de diversos tipos de células óseas.<sup>4</sup> No obstante, transcurrieron más de 50 años para que aparecieran los primeros resultados sistemáticos del empleo de fosfatos de calcio como rellenos de defectos periodontales y del uso de cerámicas densas de hidroxiapatita (HA) de fórmula

química  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  como sustitutos de raíces dentales.<sup>5</sup> A partir de la década de los ochenta las cerámicas de HA tanto de origen natural como sintéticas se convirtieron en una referencia en el campo de los materiales de fosfato de calcio para aplicaciones biomédicas.

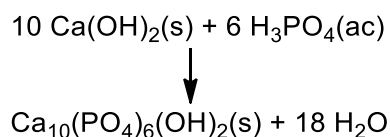
Según establece la norma ISO 10993-9 (1994) el término biocerámica se refiere a un “material cerámico diseñado para lograr un comportamiento fisiológico específico al ser usado en la construcción de prótesis u órganos artificiales internos”. En el concepto más amplio, dentro del grupo de las biocerámicas se incluyen no solo a los materiales cerámicos (cristalinos) y los vidrios (amorfo) ambos consolidados por la acción del calor, sino también a los cementos de fosfatos de calcio que fraguan a temperatura ambiente.

## Biocerámicas de fosfato de calcio

Las biocerámicas de fosfatos de calcio son materiales biocompatibles y bioactivos lo que significa que se enlazan directamente al tejido

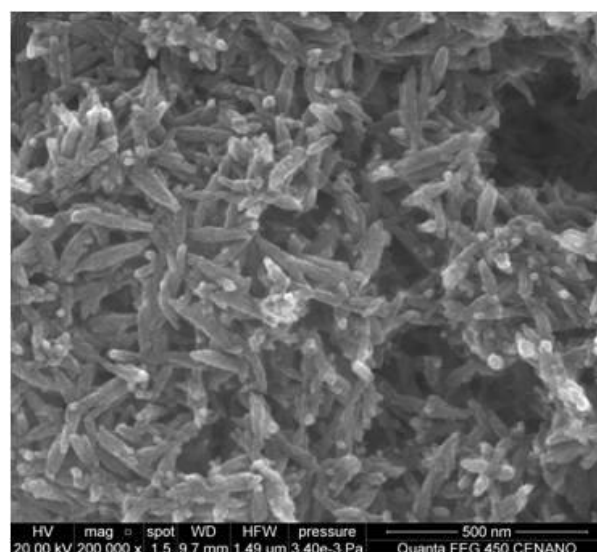
que sustituyen, en este caso el tejido óseo, a través de una capa de carbonatoapatita biológicamente activa sin la interposición de una cápsula fibrosa. Esta propiedad las diferencia de las cerámicas bioinertes como la alúmina ( $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y la circonita ( $\text{ZrO}_2$ ) que si bien son aceptadas por el organismo no se unen directamente al hueso. Desde el punto de vista de su composición química la mayoría de las biocerámicas de fosfato están basadas en HA,  $\beta$ -TCP,  $\alpha$ -TCP y/o fosfato de calcio bifásico que es una mezcla íntima de HA+  $\beta$ -TCP. De estas fases cristalinas la HA es la más estable en condiciones fisiológicas y también es la menos soluble por lo cual exhibe una reabsorción lenta cuando es implantada. Los TCP son fases de alta temperatura, son inestables desde el punto de vista termodinámico en disolución acuosa a temperatura ambiente por lo que obtienen por calentamiento de un fosfato de calcio deficiente en calcio. A diferencia de las biocerámicas de HA los materiales basados en TCP son materiales biodegradables que se van disolviendo a medida que favorecen la consolidación del sitio de implantación,<sup>6</sup> esta particularidad ha incrementado el interés por el empleo de cerámicas de  $\beta$ -TCP en los últimos años, principalmente en la implantología dental.

Entre los métodos de síntesis por vía húmeda para la obtención de polvos de HA estequiométrica (relación molar Ca/P = 1,67) se encuentra la precipitación:



En este caso es necesario ajustar el pH final a 10,5 con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) para garantizar la precipitación de la

HA pues la misma es estable a pH básico. Existen otros métodos para la obtención de polvos de fosfatos de calcio como el sol-gel, la combustión, el método hidrotermal y las reacciones en fase sólida. En los últimos tiempos algunos de estos métodos también se han empleado para la preparación de nanopartículas de fosfato de calcio (Fig.1) para lo cual es necesario el empleo de agentes dispersantes y del ultrasonido con el objetivo de evitar la formación de aglomerados.



**Fig. 1.** Imagen SEM de nanopartículas de HA obtenidas por precipitación. (cortesía de la Dra. Lizette Morejón)

Para la preparación de las cerámicas los polvos son compactados dentro de moldes apropiados, este proceso se puede realizar por prensado uniaxial, isostático o prensado isostático en caliente, siendo este último menos utilizado por lo costoso del equipamiento. Posterior al prensado, la pieza obtenida también denominada cuerpo verde se sinteriza a temperaturas entre los 1000-1200°C durante un período de tiempo que puede oscilar, generalmente, entre las 3 y las 6 horas. De esta manera se obtienen las cerámicas que se ofertan en formas de bloques densos y porosos y como granulados.

Las cerámicas de  $\beta$ -TCP son fabricadas de manera similar pero los polvos de partida son fosfatos de calcio deficientes en calcio (relación molar Ca/P  $\approx$  1,5) que por efecto del calor se transforman a  $\beta$ -whitlockita o  $\beta$ -TCP. En este caso es probable que a temperaturas superiores a los 1150°C y a tiempos largos estos materiales se transformen a  $\alpha$ -TCP.

Las cerámicas de HA sintética además de ser estequiométricas presentan una alta cristalinidad lo que las diferencia del fosfato de calcio presente en la fase mineral del tejido óseo (apatita biológica) que es una apatita de baja cristalinidad, con sustituciones iónicas y deficiente en calcio. Por esta razón se han desarrollado otros materiales de fosfato de calcio, que serán tratados en otra parte de este trabajo, los que intentan mimetizar esta fase mineral del hueso.

Si bien las cerámicas de fosfato de calcio son materiales frágiles lo cual limita su aplicación clínica a zonas del organismo donde el material no esté sometido a esfuerzos mecánicos importantes estas se han aplicado con mucho éxito en varias especialidades clínicas. Dos productos basados en cerámicas de fosfatos de calcio en forma de granulados, el Apafill-G<sup>®</sup> (HA) y el Biograft-G<sup>®</sup> ( $\beta$ -TCP) fueron desarrollados por investigadores del Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana, ambos cuentan con Registro Médico y se han empleado con excelentes resultados en el tratamiento de diversas afecciones al tejido óseo en la estomatología y la cirugía máxilo-facial.<sup>6</sup>

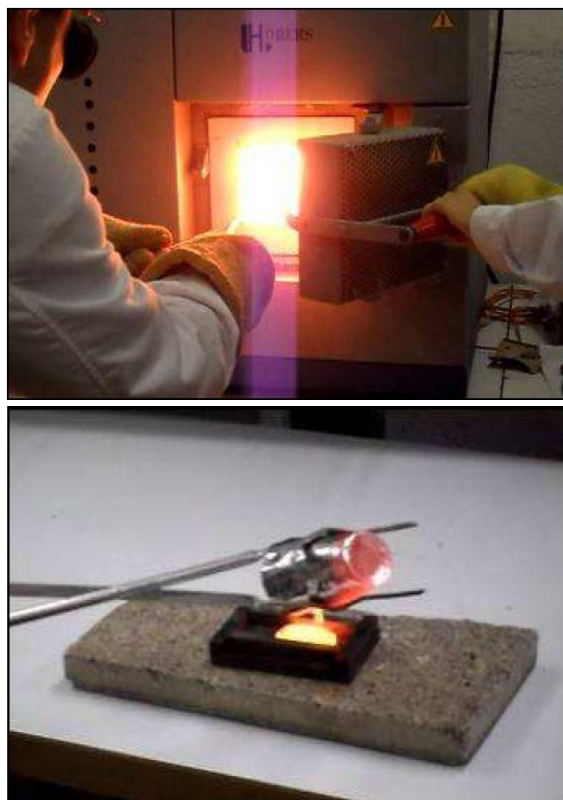
### Biovidrios

Un concepto amplio de vidrio incluye a los sólidos amorfos obtenidos por enfriamiento de una masa fundida, cualquiera que sea su composición química y la zona de temperatura

en la que tiene lugar su solidificación. Aunque ese concepto no comprende a otra familia de vidrios como los obtenidos por el método de sol-gel que se tratarán más adelante. Los vidrios utilizados como sustitutos del hueso se denominan biovidrios y estos han jugado un papel muy importante en el desarrollo de los materiales para implantes óseos. El primer material artificial que demostró unirse directamente al hueso fue un vidrio con una composición química en % en peso: 45% SiO<sub>2</sub>, 24,4% CaO, 24,5% Na<sub>2</sub>O y 6% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, al cual se le denominó *Bioglass*<sup>®</sup> 45S5 y fue desarrollado por Larry Hench y un grupo de colaboradores.<sup>7</sup> Tradicionalmente los vidrios se obtienen por fusión de la mezcla de materias primas de alta pureza utilizando crisoles de Pt, Pt/Rh. Dependiendo de la composición, las temperaturas de fusión pueden variar entre 1200 y 1450°C, el fundido se cuela en moldes de grafito o de acero inoxidable (Figura 2). El recocido del vidrio es una etapa importante del proceso, se realiza a una temperatura cercana pero inferior a la temperatura de transición vítrea y sirve para relajar las tensiones presentes en el material por el brusco proceso de enfriamiento. En los comienzos del desarrollo de los biovidrios y los ensayos de bioactividad *in vitro* se pensaba que la presencia de fósforo (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) en la composición era esencial para que el vidrio manifestara comportamiento bioactivo. Sin embargo se ha demostrado que vidrios sódico-cálcico del sistema SiO<sub>2</sub>-CaO-Na<sub>2</sub>O exentos de iones fosfato son bioactivos en estudios por inmersión en soluciones fisiológicas simuladas (SBF siglas del inglés *simulated body fluid*).<sup>8</sup> La mayoría de los vidrios bioactivos contienen silicatos los que le confieren una baja solubilidad en el medio fisiológico.

Por su parte los vidrios basados en fosfatos de calcio del sistema CaO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-Na<sub>2</sub>O

son solubles o biodegradables. Esta solubilidad puede ser regulada por la inclusión en su composición de óxidos de elementos más pesados como el titanio ( $\text{TiO}_2$ ) y puede resultar muy útil en la preparación de biomateriales parcialmente degradables.<sup>9</sup> Morejón y col. emplearon partículas de vidrios de fosfatos funcionalizadas en su superficie con agentes silanzantes para conferirle cierta bioactividad a cementos óseos acrílicos de los que utilizan para la fijación de prótesis ortopédicas a la estructura ósea.<sup>10</sup>



**Fig. 2.** Proceso de obtención de un biovidrio por fusión de la mezcla vítrea. (foto del autor)

Como se mencionó anteriormente, los biovidrios también se pueden obtener mediante la técnica sol-gel. Los vidrios obtenidos por este método presentan superficies específicas y porosidades muy altas lo que aumenta su reactividad en medio fisiológico y favorece el potencial bioactivo de los mismos.<sup>11</sup>

En cuanto a sus propiedades mecánicas los vidrios también resultan ser materiales duros y frágiles por lo que su uso está restringido a zonas del organismo donde el material de implante no se encuentre sometido a esfuerzos mecánicos importantes. Para intentar suplir esta deficiencia se han desarrollado las vitrocerámicas, en las cuales se induce la nucleación y crecimiento de determinadas fases cristalinas que quedan inmersas dentro de una matriz vítrea.

### Cementos óseos de fosfato de calcio

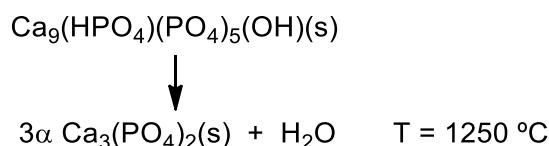
Los cementos de fosfatos de calcio (CFC) están compuestos por una fase sólida en polvo que puede estar constituida por uno o más fosfatos de calcio y una fase líquida que puede ser agua o una solución acuosa de una sal derivada del ácido orto-fosfórico. Al mezclar estos componentes la pasta resultante adquiere características plásticas que le permite ser moldeada. Con el tiempo va aumentando la dureza y la resistencia mecánica hasta obtenerse una consistencia sólida dando lugar al fraguado y posterior endurecimiento del cemento. Las reacciones que provocan el fraguado y el endurecimiento se describen como reacciones de hidratación.<sup>12</sup>

La principal ventaja que presentan los CFC con respecto a las cerámicas de fosfato de calcio es la posibilidad de fraguar en el medio fisiológico (*in situ*) lo que facilita su adaptación a los requerimientos dimensionales del sitio a tratar. Esta propiedad también ha permitido preparar materiales inyectables que pueden colocarse en el lugar de implantación, por técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas con el consiguiente beneficio para los pacientes tributarios de los mismos. Además las reacciones de fraguado en la mayoría de los CFC son muy poco exotérmicas y no se producen

cambios volumétricos significativos en el material durante este proceso.

La reacción de fraguado de los CFC está basada en un mecanismo de disolución-precipitación, así, cuando los constituyentes de la fase sólida de un cemento (sales de fosfato de calcio) se mezclan con la fase líquida (solución acuosa) comienza la disolución de los primeros hasta que la composición del líquido alcance un punto invariante, produciéndose la precipitación de una o varias sales de fosfato de calcio, dependiendo de la solubilidad y estabilidad de las mismas bajo las condiciones de pH vigentes en el sistema.<sup>13</sup> El entramado de cristales de esta fase de fosfato de calcio que precipita es el responsable de la resistencia mecánica de los CFC. Al fraguar en condiciones fisiológicas hace que la composición química y la estructura del fosfato de calcio obtenido se asemeje más a la fase mineral (apatita biológica) del hueso que en el caso de los materiales cerámicos.

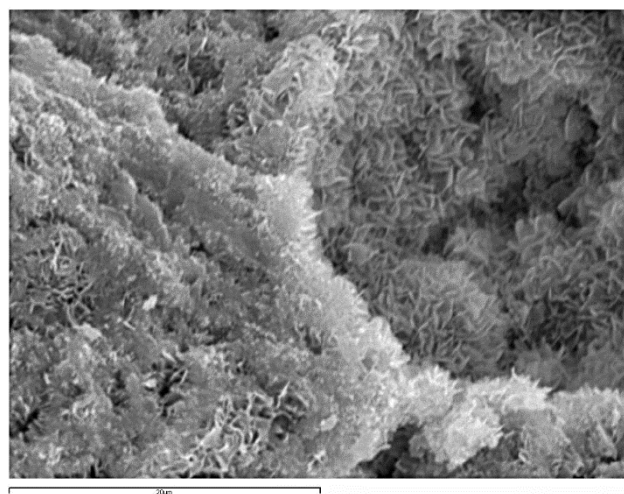
Si bien se han empleado otros fosfatos de calcio, el  $\alpha$ -TCP es el constituyente principal de muchos de los CFC. Como se ha comentado al inicio, los fosfatos tricálcicos (TCP) son fases de alta temperatura por lo que el  $\alpha$ -TCP se obtiene por tratamiento térmico de algún precursor como:



También se puede obtener por reacción en fase sólida o mediante la síntesis por combustión. En la reacción de hidrólisis (fraguado) de un cemento de  $\alpha$ -TCP se forma una hidroxiapatita deficiente en calcio ( $\text{Ca}_{10-x}(\text{HPO}_4)_x(\text{PO}_4)_{6-x}(\text{OH})_{2-x}$ ,  $0 \leq x \leq 1$ ) (CDHA, siglas del inglés *calcium deficient*

*hydroxyapatite*). Esta CDHA (Figura 3) es muy similar desde el punto de vista de su composición química y cristalinidad a la apatita biológica por lo que resulta un material biocompatible y que favorece la regeneración del tejido óseo.

Los CFC amplían el campo de aplicaciones de los fosfatos de calcio sobre todo en lo relacionado con el desarrollo de andamios (*scaffolds*) para la ingeniería de tejido óseo así como matrices para la liberación controlada de principios activos o fármacos.<sup>14</sup> Al igual que las cerámicas de fosfato de calcio estos biomateriales presentan una baja resistencia mecánica lo que limita las aplicaciones clínicas a las que pueden ser destinados. Este es uno de los campos en los que más se trabaja actualmente y varias han sido las vías propuestas para mejorar este comportamiento.



**Fig. 3.** Micrografía de SEM de una CDHA formada en la superficie de un cemento. (cortesía de la Dra. Amisel Almirall).

Entre estas se puede mencionar la incorporación de aluminatos de calcio ( $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{O}_6$ ) y silicatos de calcio ( $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$ ) a formulaciones de CFC basados en  $\alpha$ -TCP. Se ha reportado que con la adición de 10% en peso de  $\beta\text{-Ca}_2\text{SiO}_4$  al cemento de  $\alpha$ -TCP es posible mejorar la resistencia a la

compresión, la biocompatibilidad y se mantiene el comportamiento bioactivo del nuevo cemento cuando se compara con el cemento de  $\alpha$ -TCP sin aditivos.<sup>15</sup>

## Referencias

- 1- F. H. Albee, *Ann. Surg.* **1920**, *71*, 32-38.
- 2- S. Weiner, H. D. Wagner, *Ann. Rev. Mater. Sci.* **1998**, *28*, 217-98.
- 3- S. V. Dorozhkin, *J. Mater. Sci.* **2007**, *42*, 1061-95.
- 4- P. Fratzl, H. S. Gupta, E. P. Paschalis, P. Roschger, *J. Mater. Chem.* **2004**, *14*, 2115-23.
- 5- H. W. Denissen, K. de Groot, *J. Prosthet. Dent.* **1979**, *42*, 551-6.
- 6- M. C. Pérez, J. A. Delgado, A. Alfonso, J. Collins, A. Almirall, M. I. Fernández, D. Márquez, J. A. Rodríguez, O. Rodríguez, H. Somonte, R. M. Guerra, L. Morejón, *J. Oral Hygiene & Health* **2013**, *1*, 1-3.
- 7- L. L. Hench, R. J. Splinter, W. C. Allen, T. K. Greenlee Jr. *J. Biomed. Mater. Res. Symp.* **1972**, *2*, 117-41.
- 8- D. Correa, L Brito, R. García, A. Almirall, J. A. Delgado, *Revista Tecnología y Ciencia*, **2013**, *22*, 59-64.
- 9- M. Navarro, M. P. Ginebra, J. Clément, S. Martínez, G. Avila, J. A. Planell, *J. Am. Ceram. Soc.* **2003**, *86*, 1345-52.
- 10- L. Morejón, J. A. Delgado, M. Tarragó, J. A. Álvarez, M. García-Vallés, S. Martínez, M.P. Ginebra, *J. Biomed. Mater. Res.: Applied Biomaterials*, **2014**, *102*, 205–213.
- 11- M. Vallet-Regí, C. V. Ragel, A. J. Salinas, *Eur. J. Inorg. Chem*, **2003**, *6*, 1029-1042.
- 12- D. Correa, *Tesis Doctoral*, **2014**, Universidad de La Habana, Cuba.
- 13- L. C. Chow, *J Dent Mater* **2009**, *28*, 1-10.
- 14- A. Almirall, J. Larrecq, J. A. Delgado, S. Martínez, J. A. Planell, M. P. Ginebra, *Biomaterials*, **2004**, *25*, 3671-3680.
- 15- D. Correa, A. Almirall, R. G. Carrodeguas, L. A. dos Santos, A. H. De Aza, J. Parra, L. Morejón, J. A. Delgado, *J. Biomed. Mat. Res. Part B*, **2015**, *103B*, 72-83.

**Alicia M. Díaz García**

adg@fq.uh.cu

Departamento Química Inorgánica-Laboratorio Bioinorgánica.

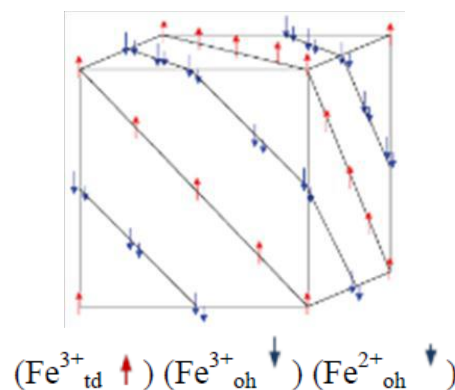
Facultad de Química. Universidad de La Habana

Graduada de Licenciatura en Química (1982). Dra. en Ciencias Químicas (1998) en la Universidad de La Habana. Trabajó en la Universidad de Matanzas (1982-1984). Es Investigadora Titular (2004) y Profesora Titular (2008) del Departamento de Química Inorgánica. Ha publicado alrededor de 30 artículos y más de 60 trabajos presentados en eventos científicos. Su trabajo de investigación principal en la actualidad se relaciona con síntesis de nanopartículas. Coautora de cuatro Premios de ACC.



La magnetita es un mineral de hierro. Los yacimientos más importantes se encuentran en Alemania, Suecia, Finlandia, Montes Urales, Rumania y Estados Unidos. Es un óxido mixto, en el cual el hierro se encuentra en estado de oxidación 2+ y 3+. Tiene una estructura tipo espinela inversa, donde los iones  $\text{Fe}^{3+}$  se distribuyen en huecos octaédricos y tetraédricos, mientras que los iones  $\text{Fe}^{2+}$  en huecos octaédricos, pudiendo representarse de la siguiente manera:  $[\text{Fe}^{3+}]_{\text{T}}[\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}]_{\text{O}}\text{O}_4$  (Figura 1). Ya en libros griegos del año 800 A.C. se hace mención a un material que denominaban magnetita, y que estaba compuesto por un óxido de hierro. Se ha planteado que la propiedad de la magnetita fue descrita por el griego Tales (640-650 A.C.). Aunque su descubrimiento no puede atribuirse a un solo lugar o pueblo, las leyendas más divulgadas, lo sitúan en la ciudad griega de Magnesia, en Macedonia.<sup>1</sup> Cayo Plinio Segundo (*Plinio El Viejo*, 23 - 79 D.C.), escritor latino, naturalista, filósofo y militar, atribuye el nombre de magnetita a su descubridor, un pastor llamado Magnes que al pastorear sus ovejas en el monte

Ida, la punta de su bastón (con punta metálica) y los clavos de sus zapatos se adherían a las rocas.



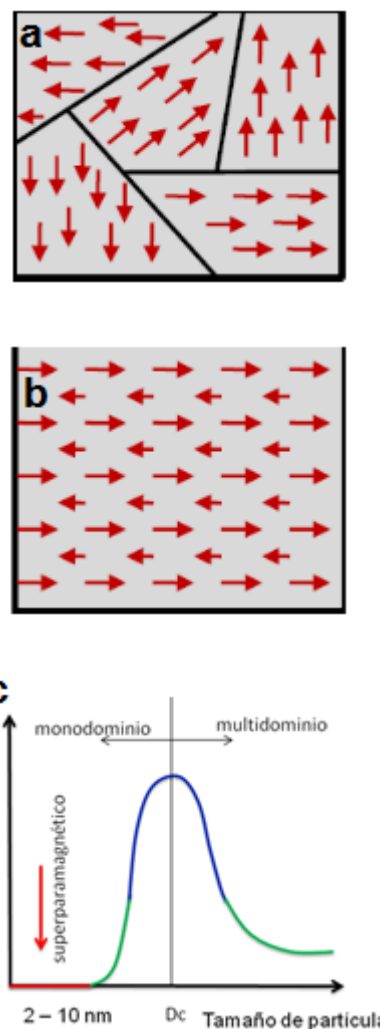
**Fig. 1.** Estructura ferrimagnética de la magnetita

El fenómeno por el cual la magnetita atraía el hierro fue llamado magnetismo. La primera aplicación de la magnetita fue en la brújula. Desde tiempos remotos los materiales magnéticos y los fenómenos relacionados con ellos han jugado un papel primordial en el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Hoy día son múltiples las aplicaciones de estos materiales, no sólo en la industria tecnológica sino también en la medicina.

El desarrollo de diferentes tipos de microscopios, capaces de observar y manipular la materia a nivel nanométrico en la década de los 80 conlleva a un auge en las investigaciones de materiales que al menos poseían una de sus dimensiones a escala nanométrica. Este interés no es solo motivado por las numerosas aplicaciones que son posibles encontrar en relación con el tamaño nanométrico, sino por la posibilidad de encontrar nuevas propiedades que no son observables en el material al estado masivo. Estos cambios se deben a la influencia del tamaño tanto en las propiedades estructurales como electrónicas de los materiales. Los materiales magnéticos y en especial la magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), encuentran un espacio predominante en diferentes aplicaciones que contemplan desde el almacenamiento de datos<sup>2</sup> y las aplicaciones biomédicas entre las que se encuentran agentes de contraste para resonancia magnética,<sup>3</sup> hipertermia para el tratamiento de cáncer, separación celular, liberación de drogas,<sup>4</sup> como biosensores, entre otras.<sup>5</sup> A las aplicaciones biomédicas también se une en importancia otro óxido de hierro, la maghemita ( $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ ). Un campo emergente lo constituye la teranóstica,<sup>6</sup> al tratar de individualizar las terapias para cada enfermedad, combinando el diagnóstico y el tratamiento específico en un mismo agente terapéutico de dimensiones nano.

En los materiales ferri o ferromagnéticos (Figura 2) los momentos magnéticos se alinean al aplicar un campo magnético y una vez retirado este, el sólido mantiene una magnetización remanente. Con la disminución del tamaño, las nanopartículas magnéticas, pueden convertirse en superparamagnéticas. En este tipo de material la presencia de dominios deja de ser energéticamente favorable y el sistema adopta de forma espontánea la configuración de monodominio. Esa barrera energética es

impuesta por la energía de anisotropía característica del material. Por debajo de un diámetro determinado inferior al límite monodominio, las fluctuaciones de la energía térmica son capaces de superar las fuerzas de anisotropía, por lo que permite el cambio de una dirección a otra, resultando en la pérdida de magnetización neta del material en ausencia de un campo magnético.<sup>7</sup> Esta propiedad es de gran utilidad en aplicaciones biomédicas.



**Fig. 2.** Representación de la estructura magnética de un material ferromagnético (a) y ferrimagnético (b),  $H_c$  versus tamaño de partícula.

El interés en los materiales magnéticos en la medicina está dado en que estos pueden ser



manipulados mediante un campo magnético externo, pudiéndose controlar la trayectoria de la partícula hacia un objetivo determinado. Al mismo tiempo estas partículas pueden responder de forma resonante a un campo magnético alterno y al confinar el magneto fluido alrededor de un tumor, se podría inducir calor localmente en respuesta al campo magnético oscilante provocando la muerte celular por apoptosis, proceso que es conocido como hipertermia.<sup>8</sup>

Uno de los problemas que se presentan en la síntesis de magnetita es que la misma se oxida con facilidad y más aún cuando su tamaño es nanométrico.<sup>9</sup> Esta tendencia a la oxidación pudiera ser evitada recubriendo la superficie de la partícula, impidiendo así también la posible agregación espontánea en un medio líquido. Estas aglomeraciones pueden ocurrir debido a las interacciones que tiene lugar entre el ion magnético y su entorno, pudiendo ser interacciones dipolo-dipolo o interacciones de canje magnético, de ahí la importancia que adquiere manipular adecuadamente la superficie de la partícula. Para llevar a cabo la protección de la superficie existe de las nanopartículas se puede hacer de diversas maneras, usando óxidos, metales, ligandos orgánicos y polímeros.<sup>9</sup> Para llevar a cabo una efectiva estabilización de las nanopartículas magnéticas en un medio líquido es necesario un equilibrio entre las fuerzas de atracción y repulsión que componen el sistema.

El método de síntesis que se escoja, así como el recubrimiento que se emplee repercutirá en el tamaño y la forma de las nanopartículas que se obtengan. De esta forma, hasta el presente existen dos grandes divisiones, la denominada top-down, que consiste en crear nano-objetos a partir de entidades de mayor tamaño y la aproximación bottom-up, que se basa en fabricar nanoestructuras partiendo de sus componentes más básicos, los átomos.<sup>9</sup> En cualquiera de las

dos metodologías, no cabe duda de que la alta relación superficie-volumen de las nanopartículas, proporciona una gran funcionalidad química que permite incorporar moléculas específicas con el fin de diseñar nanodispositivos.

En la actualidad numerosas son las investigaciones que abordan diferentes vías sintéticas de nanopartículas de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{NPs}$ ). A continuación se mencionan los más comúnmente empleados: métodos físicos,<sup>10</sup> microbianos (son por lo general relativamente simples, versátiles y eficientes en el control de la composición y la geometría de las partículas y los químicos en disolución, donde se incluyen el método de síntesis sol-gel, los métodos de oxidación, métodos electroquímicos, descomposición térmica, las reacciones de coprecipitación, entre otros.<sup>9,11</sup>

La síntesis química en disolución ofrece la posibilidad de obtener nanopartículas con características morfológicas uniformes. El éxito en la obtención de nanopartículas monodispersas viene dado a través del control de las diferentes etapas de cristalización del sólido. Este proceso comienza con las etapas de nucleación y crecimiento y finaliza con la maduración y aglomeración de los núcleos formados con anterioridad. La evolución de las concentraciones de las especies en disolución durante las etapas de formación de las partículas del sólido, se describe a través del modelo de LaMer y Dinegar<sup>12</sup> (Figura 3).

La selección de uno u otro método sintético dependerá del empleo final que se desee dar a las nanopartículas obtenidas. Las reacciones de coprecipitación constituyen de los procesos por vía química más sencillos. Esta metodología consiste en la adición de una base a una disolución acuosa de sales de Fe(II) y Fe(III) en cantidades estequiométricas, lo que da lugar a la

precipitación de la  $Fe_3O_4$ , según la siguiente ecuación:

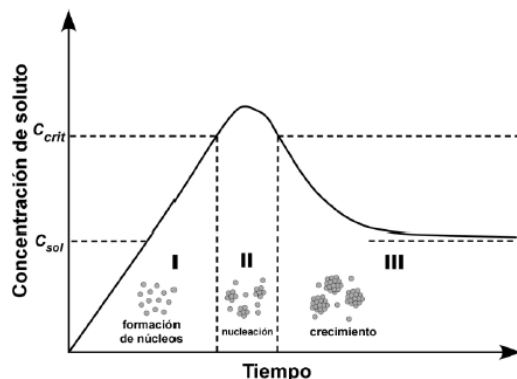


Fig. 3. Diagrama de LaMer y Dinegar

La principal ventaja de los procesos de coprecipitación consiste en la posibilidad de sintetizar grandes cantidades de nanopartículas. Sin embargo, el control de la distribución de tamaños de partícula es limitado. En la Figura 4a se muestran una imagen obtenida en un microscopio de transmisión electrónica (MET) de una muestra de  $Fe_3O_4@βCD$ . Nótese que existe cierto grado de aglomeración de las partículas.

Otro método de síntesis es el llamado método del poliol. En este método se usan polialcoles de cadena larga que pueden actuar simultáneamente como disolvente, agente reductor y estabilizante. La adsorción del poliol a los núcleos sólidos, simultánea a su formación, limita el crecimiento y previene la aglomeración de las partículas, obteniéndose una estrecha distribución de tamaño. (Figura 4b) En muchos casos se hace necesario el empleo de algún surfactante que se adhiera a la superficie de forma reversible. Este es un método costoso dadas las elevadas temperaturas que se emplean.

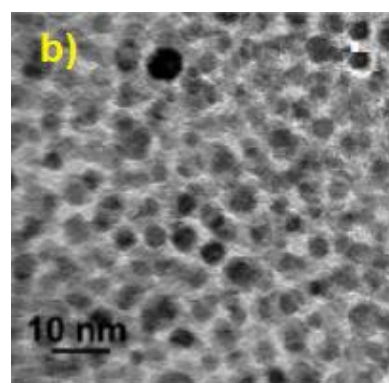
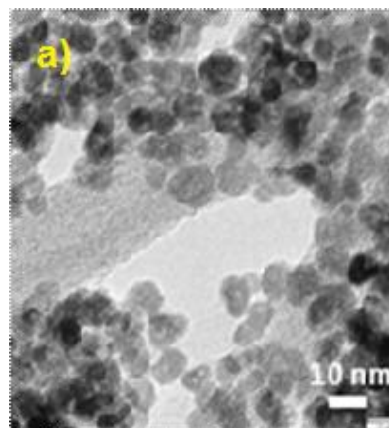


Fig. 4. Micrografías obtenidas por MET. a)  $Fe_3O_4/β-CD$  (coprecipitación). b)  $Fe_3O_4/OA$  (método poliol).

En cualquiera de las metodologías de síntesis la selección del ligando que interacciona con la superficie del material magnético, así como los grupos funcionales que queden expuestos al medio dependerá del uso final que se persiga. Uno de los factores determinantes a tener en cuenta en la síntesis lo constituye también la relación surfactante-precursor, la cual tendrá una influencia importante en las dimensiones de las partículas que se obtengan.

## Referencias

- 1.- M. Aguilar, Bioelectromagnetismo: campos eléctricos, magnéticos y seres vivos, Ed.: Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 2011.

- 2.- B. D. Terris, T. Thomson, *J. Phys.D.*, **2005**, 38, R199.
- 3.- Y. M. Wang, X. Cao, G. H. Liu, R. Y. Hong, Y. M. Chen, X. F. Chen, H. Z. Li, B. Xue, D. G. Wei, *J. Magnetism Magnetic Mat.* **2011**, 323, 2953–2959
- 4 M. Liong, J. Lu, M. Kovichich, T. Xia, S. G. Ruehm, A. E. Nel, F. Tamanoi, J. I. Zink, *ACSNano*, **2008**, 2(5), 889–896.
- 5 L. H. Reddy, J. L. Arias, J. Nicolas, P. Couvreur, *Chem. Rev.*, **2012**, 112, 5818–5878.
- 6.- J. Xie, S. Lee, . X. Chen, *Adv Drug Deliv Rev.*, **2010**, 62, 1064–1079.
- 7.- T. K. Indira, P. K. Lakshmi, *International J. Pharm. Sc. Nanotech.*, **2010**, 3, 1035-1042.
- 8.- a) A. Jordan, P. Wust, R. Scholz, B. Tesche, H. Föhling, T. Mitrovics, T. Vogl, J. Cervos-Navarro, R. Felix, *Int. J. Hyperther.*, **1996**, 12, 705-722. b) O. Dahl, *Recent Res Cancer Res.*, **1988**, 107, 157–169. c) M. H. Falk, R. D. Issels, *Int. J Hyperthermia*, **2001**, 17, 1–18. d) <http://www.cancer.gov/espanol/recursos/hojas-informativas/tratamiento/hipertermia>
- 9.- S. Laurent, D. Forge, M. Port, A. Roch, C. Robic, L. Vander Elst, R. N. Muller, *Chem. Rev.*, **2008**, 108, 2064-2110.
- 10.- R. W. Kelsall, I. W. Hamley, M. Geoghegan, *Nanoscale Science and Technology*, **2005**, John Wiley & Sons Ltd, 32-54.
- 11- B. L. Cushing, V. L. Kolesnichenko, J. O'Connor, *Chem. Rev.*, **2004**, 104, 893–3946.
- 12 V. K. LaMer , R. H. Dinegar, *J. Am. Chem. Soc.*, **1950**, 72, 4847–4854.

Margarita Suárez Navarro

[msuarez@fq.uh.cu](mailto:msuarez@fq.uh.cu)

Departamento de Química Orgánica  
Facultad de Química. Universidad de La Habana

Licenciada en Química (1968), Doctora en Ciencias Químicas (1980), Profesora de Merito de la Universidad de La Habana (2012), Profesora Titular de la Facultad de Química (1976). Es Académica Titular de la ACC (2012). Ha publicado más de 140 artículos científicos. Ha recibido numerosos premios en la Universidad de La Habana. En ocho ocasiones recibió el Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba. Ha sido Distinción Especial del Ministro de Educación Superior en tres ocasiones. En 2007 y en 2015 recibió el Premio Internacional Sofia Kolovalevskaia, por sus logros científicos en el área de las Ciencias Exactas. Ostenta las Medallas Frank País y Carlos J. Finlay.



La química fue considerada durante mucho tiempo proveedora de bienestar y de innovaciones, pero con el paso de los años, ha sido juzgada como una de las principales responsables de contaminar el planeta, ya que es esta industria la que introduce la mayor cantidad y variedad de sustancias tóxicas al medio ambiente.

Es innegable que los químicos con sus investigaciones han contribuido sustancialmente a contaminar el mundo. Pero no es menos cierto que también participan activamente en la búsqueda de soluciones para los problemas ambientales.

En la Figura 1 puede observarse la apreciación desfavorable de la química por parte de la población mundial en el entorno de los años '90.<sup>1</sup>

Desde que la humanidad se dio cuenta de que estaba destruyendo su entorno, se han desarrollado estrategias encaminadas a controlar la contaminación. En un inicio se consideró suficiente diluir los contaminantes presentes en efluentes y/o residuos hasta llegar a las

concentraciones exigidas por las legislaciones establecidas.

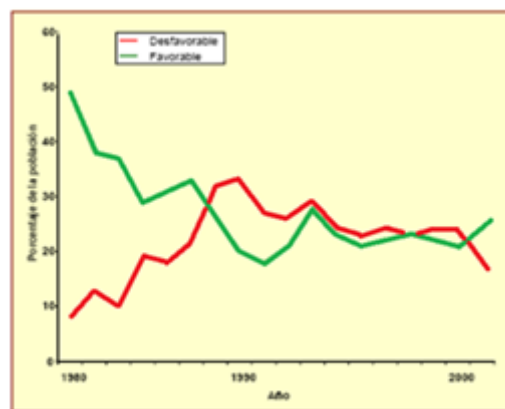


Fig.1. Apreciación de la química

Pero el continuo crecimiento de contaminantes liberados al medio ambiente, la necesidad creciente de controlar mejor esta liberación y la presión ejercida por los movimientos ambientalistas hicieron necesario tratar los efluentes y residuos. Surgieron diferentes tratamientos diseñados para disminuir la concentración de los contaminantes en residuos y/o efluentes sin modificar el proceso en el cual son generados. Esto conllevó a que se

incrementaran los costos, disminuyendo los beneficios para las empresas químicas lo que hizo que usualmente las acciones destinadas a controlar los problemas ambientales se limitaran a las mínimas exigidas por las reglamentaciones establecidas.

A partir de la década del '90, con el establecimiento del concepto de Química Verde comenzó a aceptarse la idea de que *la mejor forma de solucionar los problemas originados por los contaminantes es no generarlos*.

¿A qué se denomina “Química Verde”? La Química verde, consiste en la filosofía química dirigida hacia la utilización de una serie de principios encaminados a reducir o eliminar el uso y generación de sustancias peligrosas en el diseño, fabricación y aplicación de los productos químicos.

El término "Química Verde" traducción del idioma inglés de Green Chemistry, fue establecido por Paul Anastas y John C. Werner en 1991, y sus concepciones se recogen en su libro Green Chemistry: Theory and Practice, donde por primera vez se describen los “Doce Principios de la Química Verde” lo que constituyó un nuevo enfoque de la química.<sup>2</sup>



Paul Anastas

John Werner

Es importante diferenciar la Química Verde de la Química Ambiental. La primera considera las reacciones y procesos que se llevan a cabo en los laboratorios y en la industria y la segunda estudia el comportamiento de los compuestos químicos

ya sean naturales o sintéticos en el medio ambiente. Es decir la Química Verde tiene un carácter preventivo, evitando en la medida de lo posible, la generación de productos peligrosos, mientras que la reparación medio ambiental se dirige hacia la eliminación de productos dañinos que ya se han vertido a la naturaleza.

Las bases de la Química Verde se resumen en sus 12 principios, los que se tratan de aplicar en los distintos ámbitos de la Química tales como la orgánica, la analítica, la farmacéutica, entre otras.

Principios de la Química Verde cubren los siguientes conceptos:

1. **Prevención.** Es mejor prevenir la formación de residuos que tratar de limpiar tras su formación. La química verde es la prevención de la contaminación a nivel molecular. Esto es tiene beneficios económicos ya que el costo de la eliminación de residuos generalmente supera el precio por volumen de las materias primas utilizadas.
2. **Economía atómica.** Los métodos sintéticos deben ser diseñados para conseguir la máxima incorporación en el producto final de todas las materias usadas en el proceso. Cuando se obtiene una recuperación de un 100% en la economía atómica, implica un alto rendimiento lo que es un controlador de la rentabilidad.

El concepto de economía atómica fue introducido en 1991 por Barry Trost,<sup>3</sup> y gracias a su aportación en dicho campo fue galardonado con el “*Presidential Green Chemistry Award*”.<sup>4</sup> Cuando se habla de economía atómica en una reacción, nos referimos a la relación de los átomos de los reactivos que acaban como productos. Si existe un exceso de éstos, se

formarán subproductos en la reacción, que es lo que la Química Verde intenta evitar o minimizar mediante este concepto. Así, una reacción ideal en términos de economía atómica sería aquella en la que el 100% de los átomos de los reactivos son transformados en productos. Un ejemplo ideal es la reacción de Diels-Alder; también la adición de bromo a los alquenos cumple este requerimiento ya que su economía atómica (EA) es igual a 100.

3. **Síntesis segura.** Siempre que sea posible, se deben diseñar metodologías sintéticas para utilizar y generar sustancias con escasa o ninguna toxicidad para la salud humana y el medio ambiente. El rediseño de las metodologías existentes es un aspecto importante de la química verde.
4. **Productos seguros.** Se deben diseñar productos químicos que, preservando la eficacia de su función, presenten una menor toxicidad.
5. **Disolventes seguros.** Las sustancias auxiliares (disolventes, agentes de separación, etc.) deben resultar innecesarias en lo posible y, cuanto menos deben ser inocuas. El empleo de agua como disolvente es ideal.
6. **Eficiencia energética.** Los requerimientos energéticos deben ser considerados en relación a sus impactos ambientales y económicos. Los métodos sintéticos deben ser llevados a presión y temperatura ambiente.
7. **Fuentes renovables.** Las materias de partida deben ser renovables y no extinguidas, en la medida que esto resulte practicable técnica y económicamente. La dependencia química a base del petróleo debe ser

analizada y buscar alternativas sostenibles a largo plazo.

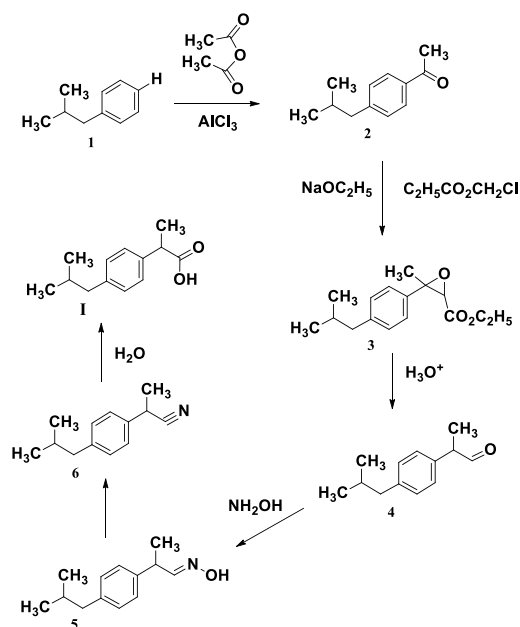
8. **Evitar derivados.** La formación innecesaria de derivados (bloqueo de grupos, protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos) debe ser evitada en lo posible.
9. **Catalizadores.** Los reactivos catalíticos (tan selectivos como sea posible) son superiores a los estequiométricos. El uso de catalizadores con el fin de disminuir la energía del estado de transición, incrementan la velocidad de la reacción y en muchos casos disminuyen la generación de residuos tóxicos evitando la contaminación.
10. **Biodegradabilidad.** Los productos químicos han de ser diseñados de manera que, al final de su función, no persistan en el ambiente, sino que se fragmenten en productos de degradación inocuos.
11. **Polución.** Se deben desarrollar las metodologías analíticas que permitan el monitoreo a tiempo real durante el proceso y el control previo a la formación de sustancias peligrosas.
12. **Prevención de accidentes.** Las sustancias y las formas de su uso en un proceso químico, deben ser elegidas de manera que resulte mínima la posibilidad de accidentes.

Por razones obvias en la mayoría de los casos es imposible cumplir simultáneamente con los doce principios de la Química Verde, pero sin duda estos sirven de guía para la mejora de la ecoeficiencia de los productos y procesos químicos

Ejemplos:<sup>5</sup>

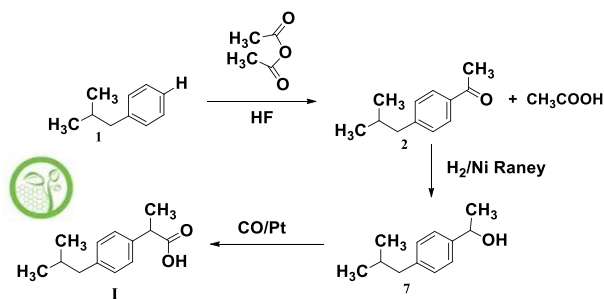
Uno de los ejemplos más interesantes realizados para hacer “más verde” un proceso químico lo tenemos en la modificación de la síntesis tradicional del [ibuprofeno](#) (ácido 2-(4-isobutilfenil)propanoico).

El Ibuprofeno es el ingrediente activo de varias marcas de productos comerciales. Actúa como analgésico (alivio del dolor) y también es efectivo como medicamento antiinflamatorio no esterooidal para el tratamiento de la artritis, la osteoartritis y el reumatismo. La producción mundial de ibuprofeno supera los 15 millones de kilogramos al año. La Compañía Boots PLC de Nottingham, Inglaterra fue la primera en patentar la síntesis del ibuprofeno en la década de los 60 (E.U. Patente 3,385,886) y ha servido como método principal de síntesis durante muchos años. El proceso empleado consta de seis etapas, con alto costo energético, bajo rendimiento y con costo adicional del reciclado y gestión de residuos. La síntesis se muestra en el Esquema 1. En el primer paso se produce la acilación del isobutilbenceno (**1**) mediante Friedel-Crafts formando **2**, el que por reacción con cloroacetato de etilo (condensación de Darzens) dio el  $\alpha,\beta$ -epoxiéster (**3**), que fue descarboxilado e hidrolizado hacia el aldehído (**4**). La reacción con hidroxilamina dio la oxima (**5**), que fue convertida al nitrilo (**6**), el que por hidrólisis da lugar ácido 2-(4-isobutilfenil)propanoico (**I**)



**Esquema 1.** Síntesis tradicional de Ibuprofeno (I) establecida por Boots en 1960.

En los años 80 se aprobó la venta sin receta médica del ibuprofeno expirando la patente de la Compañía Boots. El reconocimiento de las oportunidades financieras que la producción y venta de éste medicamento podrían ofrecer, hizo que varias compañías se empeñaran en desarrollar nuevos métodos para la preparación del ibuprofeno. La Corporación Hoechst Celanese Corporation descubrió una nueva síntesis del ibuprofeno en tres pasos, que se muestra en el Esquema 2. Junto con la Compañía Boots fundaron la Compañía BHC, para preparar mediante esta nueva metodología el ibuprofeno y comercializarlo. El primer paso de esta metodología es una acilación similar a la de la síntesis anterior, la hidrogenación de **2** con el níquel Raney genera el alcohol **7**, que por carbonilación catalizada por paladio da la molécula final **I** (Ibuprofeno).



**Esquema 2.** Síntesis verde de Ibuprofeno establecida por BHC

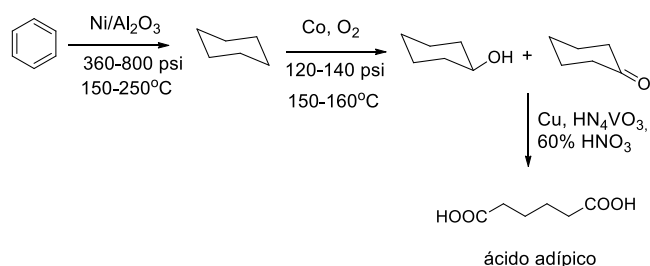
Comparando las dos metodologías se observa que la verde tiene varias ventajas, se determinó que el porcentaje de la economía atómica de la síntesis tradicional es de un 40%. Como se indicó anteriormente, se producen aproximadamente unos 15 millones de kilogramos al año de ibuprofeno. Si toda la producción mundial del ibuprofeno fuera realizada por el proceso Boots, se generarían alrededor de 17,5 millones de kilos de residuos al año.

La economía atómica del proceso de la Compañía BCH puede alcanzar un valor > 99% si se considera que el ácido acético generado en el Paso 1 es recuperado y reusado. El proceso “verde” ofrece no sólo una importante mejora en la economía atómica sino también otras ventajas para el medio ambiente. En éstas se incluye un proceso catalizado de tres pasos frente al proceso de seis pasos de la síntesis tradicional, que requiere reactivos auxiliares en cantidades estequiométricas. Por ejemplo, el primer paso de cada proceso dan lugar al mismo producto (1-(4-isobutilfenil)etanona, (2) a partir de los mismos reactivos. Sin embargo, el proceso tradicional emplea tricloruro de aluminio en cantidades estequiométricas mientras que el proceso “verde”, utiliza HF en cantidades catalíticas, que es recuperado y reusado repetidamente. El tricloruro de aluminio produce grandes

cantidades de tricloruro de aluminio hidratado como residuo que generalmente se lleva a vertedero. Los catalizadores de níquel y paladio empleados en esta metodología también son recuperados y reutilizados.

Debido a que el proceso de la Compañía BHC consta sólo de tres pasos (frente a los seis pasos del proceso de la Compañía Boots) y a que presenta una mejora en la economía atómica, ello se convierte en una disminución importante de los residuos producidos y una mayor productividad es decir, más cantidad de ibuprofeno en menos tiempo. De esta manera existe no sólo un beneficio para el medio ambiente, sino que el saldo se ve fortalecido, cosechando una buena imagen frente a la sociedad por haber hecho verde el proceso. Esta metodología recibió el premio "Green Chemistry Challenge Greener Synthetic Pathways" en 1997.

Otro ejemplo lo tenemos en la síntesis del ácido adípico, materia prima que se utiliza en en la preparación de plásticos tales como nylon, resinas, etc. La metodología original se muestra en el Esquema 3.



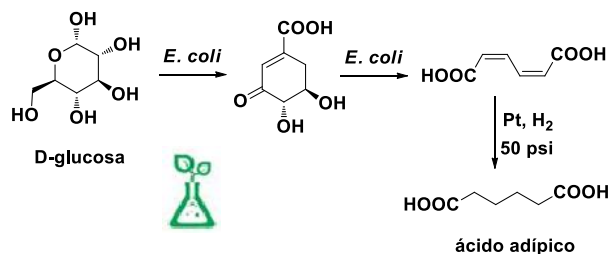
**Esquema 3.** Síntesis tradicional del ácido adípico.

En esta metodología se utiliza como materia prima el benceno conocido agente cancerígeno, y como subproducto se genera óxido nitroso (gas de efecto invernadero).

La síntesis verde del ácido adípico emplea un método biosintético a partir de bacterias



(*Escherichia Coli*) en el que sustituye el benceno por la glucosa y emplea agua como disolvente. El Esquema 4 muestra la síntesis del ácido adípico en estas condiciones.



**Esquema 4.** Síntesis verde del ácido adípico

Desde su concepción y definitivo impulso, en torno a 1991, la Química Verde ha crecido a nivel internacional como un enfoque especial en la Química ya que es lógica desde el punto de vista científico, más segura que los procesos convencionales, de menor coste y compatible con un desarrollo sostenible. Para su promoción se han creado organismos, redes, instituciones, revistas y programas educativos relacionados con la Química verde.



**Fig. 2.** Revista *Green Chemistry*, Editada por la Royal Society of Chemistry (factor de impacto = 6.852).

El Código de Conducta de la comunidad científica (IUPAC) expone:

*Los químicos tienen como responsabilidad profesional servir al interés público, al bienestar*

*y al avance del conocimiento científico, preocuparse de la salud y bienestar de sus compañeros y de la sociedad, comprender y anticiparse a las consecuencias medio ambientales de su trabajo, evitar la polución y proteger el medio ambiente.*

**Por lo que los beneficios que produce la química no pueden obtenerse a expensas del medio ambiente.**

### Referencias.

- 1.- F. García, J. Dobado, *Ann. Quim.* **2008**, *104*, 205-210.
- 2.- P. T. Anastas, J. C. Warner, "Green Chemistry Theory and Practice". Nueva York, Oxford University Press. **1998**.
- 3.- B. M. Trost, *Science* **1991**, *254*, 1471-1477
- 4.- M. C. Cann, M.E. Connelly, *Real World Cases in Green Chemistry*. Ed. ACS **2000**.



# Nuevas estrategias computacionales y experimentales aplicadas al desarrollo de medicamentos genéricos y productos farmacéuticos de avanzada

Investigación  
en Química

**Miguel Ángel Cabrera-Pérez**

Email: macabrera@uclv.edu.cu; macabreraster@gmail.com

Unidad de Modelación y Experimentación Biofarmacéutica. Centro de Bioactivos Químicos.  
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

**Hai Pham-The**

Universidad de Farmacia de Hanoi, Vietnam

**Marival Bermejo Sanz, e Isabel González Álvarez**

Universidad Miguel Hernández de Elche, Alicante, España

Graduado de Radioquímica, en el ICTN de la Habana, en 1993. Máster en Farmacología Experimental por el IFAL de la U. H. en 1998 y Doctor en Ciencias Farmacéuticas, por la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, en 2003. Su labor académica e investigativa ha estado vinculada al área de la Biofarmacia y la Farmacocinética. Dirige la Unidad de Modelación y Experimentación Biofarmacéutica, del Centro de Bioactivos Químicos. Es autor de más de 60 publicaciones en la Web de la Ciencia, varios capítulos de libros y ha editado un libro. Ha recibido varios premios de la Academia de Ciencias de Cuba y reconocimientos internacionales.



El objetivo final de cualquier investigación farmacéutica es desarrollar medicamentos eficaces, seguros y con características biofarmacéuticas favorables. Dado que la ruta oral se considera como la vía más conveniente de administración de fármacos, el conocimiento de todos los factores que influyen en la absorción del fármaco es de gran importancia.

La permeabilidad intestinal y la solubilidad del fármaco se consideran las propiedades de mayor impacto en la absorción intestinal. De acuerdo con estas dos propiedades, Amidon y col.<sup>1</sup> clasificaron los fármacos en cuatro grandes grupos, definiendo lo que se conoce como el Sistema de Clasificación Biofarmacéutica (BCS). Otros procesos como los mecanismos de eflujo y el metabolismo pre-sistémico influyen de forma directa en la biodisponibilidad de los fármacos. Estos factores son considerados por el Sistema de Clasificación Biofarmacéutica de

Distribución de Fármacos (BDDCS) desarrollado por Benet y col.<sup>2</sup> La generación y aplicación progresiva del BCS durante las últimas dos décadas por parte de las principales agencias regulatorias mundiales (FDA, EMA y OMS), para establecer criterios de bioexención de estudios de bioequivalencia para la demostración de la intercambiabilidad terapéutica de genéricos, muestran una clara tendencia en la industria farmacéutica actual al desarrollo de medicamentos biodisponibles y seguros.

Diversas metodologías experimentales se han desarrollado para estudiar la absorción intestinal de fármacos durante el proceso de descubrimiento y desarrollo. Sin embargo, la complejidad, el costo, los aspectos éticos y la capacidad de cribado de los estudios *in vivo* en animales han incrementado el uso de los métodos *in vitro* durante el desarrollo preclínico

de medicamentos,<sup>3</sup> siendo los ensayos *in vitro* en células Caco-2 uno de los más utilizados para la estimación de la permeabilidad intestinal.<sup>4</sup> Por otro lado, el desarrollo de la química combinatoria ha producido un incremento en la generación de Nuevas Entidades Moleculares (NEM), motivando el uso de modelos computacionales capaces de predecir las propiedades biofarmacéuticas a partir de la información químico-estructural.<sup>5</sup>

La aplicación combinada y racional de metodologías biofarmacéuticas (*in silico*, *in vitro*, *in situ* e *in vivo*) se consolida como una herramienta de predicción muy útil para disminuir la experimentación en seres humanos; incidir indirectamente en los costos asociados al desarrollo de un producto y facilitar los trámites de registros sanitarios de medicamentos, garantizando su seguridad y eficacia.

Es en esta área donde por más de 10 años hemos tratado de aportar nuevas ideas en el desarrollo de una estrategia biofarmacéutica armonizada que vincule, desde el punto de vista de la investigación y la formación del profesional farmacéutico, a la universidad, la empresa farmacéutica y la agencia regulatoria. La aplicación de esta estrategia garantizará un uso más racional de los medicamentos y un aprovechamiento eficiente de los recursos destinados a la salud, contribuyendo a elevar la competencia y la pertinencia de la industria farmacéutica nacional y su impacto en el sistema de salud y en la población en general.

En la parte investigativa y desde el punto de vista computacional, hemos trabajado en el desarrollo de modelos para la predicción de la absorción intestinal en humanos,<sup>6</sup> la permeabilidad intestinal en células Caco-2,<sup>7,8,9</sup> la capacidad de unión del fármaco a la glicoproteína P o las iso-enzimas del citocromo P450,<sup>10</sup> la permeabilidad a la barrera hemato-

encefálica,<sup>11</sup> la biodisponibilidad,<sup>12,13</sup> la solubilidad y la extensión del metabolismo en humanos.<sup>14</sup> Los modelos computacionales desarrollados han sido ampliamente validados experimentalmente utilizando diferentes líneas celulares, tejidos y modelos animales.

Recientemente, hemos aplicado la combinación de herramientas computacionales y experimentales a la predicción conjunta del BCS y el BDDCS, utilizando modelos de clasificación para la solubilidad/dosis, la permeabilidad en Caco-2 y la extensión del metabolismo. Los resultados alcanzados permitieron definir una nueva Clasificación Biofarmacéutica Provisional, que fue ampliamente validada con bases de datos de compuestos similares a fármacos (*drug-likeness*), fármacos genéricos y en el cribado de grandes bibliotecas de nuevas entidades moleculares.<sup>14</sup> La metodología desarrollada puede contribuir a la toma de decisión, por parte de la agencia regulatoria cubana, en las solicitudes para la exoneración de ensayos de bioequivalencia en humanos de fármacos con adecuados valores de permeabilidad y solubilidad y que sean formulaciones sólidas de liberación inmediata con acción sistémica.

Los resultados científicos alcanzados no hubieran sido posibles sin una amplia colaboración internacional que ha permitido la realización de cinco proyectos de cooperación financiados fundamentalmente con la Agencia Española de Cooperación Internacional al Desarrollo (AECID) y la Comisión Europea durante los últimos siete años. Dos de esos proyectos:

1-Montaje de un laboratorio de *Química Computacional*, con fines académicos y científicos, para el diseño de potenciales candidatos a fármacos, en enfermedades de alto impacto social y

2-Red para el desarrollo de metodologías biofarmacéuticas racionales que incrementen la competencia y el impacto social de las Industrias Farmacéuticas Locales, han sustentado el desarrollo de investigaciones aplicadas y la creación de los tres laboratorios que conforman la Unidad de Modelación y Experimentación Biofarmacéutica: un laboratorio de modelación computacional para la investigación, un aula de modelación para el postgrado y la investigación, y un laboratorio para la experimentación biofarmacéutica. Los resultados investigativos han ido de la mano de una adecuada estrategia de formación del profesional farmacéutico que incluye una Maestría en investigación y desarrollo de medicamentos (2da edición) y el desarrollo de varios talleres nacionales e internacionales sobre actualización biofarmacéutica.

De forma general consideramos que la estrategia seguida puede aportar un grano de arena al desarrollo de la industria farmacéutica cubana, y poder así tributar al programa nacional de desarrollo de genéricos y productos farmacéuticos de avanzada, así como a la producción de medicamentos de calidad para el mejoramiento de la salud poblacional y la generación de bienes exportables.

## Referencias

1. G. L. Amidon, H. Lennernas V. P. Shah J. R. Cris., A theoretical basis for a biopharmaceutic drug classification: the correlation of in vitro drug product dissolution and in vivo bioavailability. *Pharm Res.* **1995**, *12*, 413-420.
2. C. Y: Wu, L. Z. Benet, Predicting drug disposition via application of BCS: transport / absorption / elimination interplay and development of a biopharmaceutics drug disposition classification system. *Pharm Res.* **2005**, *22*, 11-23.
3. CPMP/EWP/QWP/1401/98. *Note for Guidance on the Investigation of Bioavailability and Bioequivalence*. London: The European Agency for the Evaluation of Medicinal Products (EMA); **2000**.
4. S. Yamashita, Y. Tanaka, Y. Endoh et al. Analysis of drug permeation across Caco-2 monolayer: implication for predicting in vivo drug absorption. *Pharm Res.* **1997**, *14*, 486-491.
5. H. Van de Waterbeemd, High-throughput and in silico techniques in drug metabolism and pharmacokinetics. *Curr Opin Drug Discov Devel.* **2002**, *5*, 33-43.
6. M. A. Cabrera, M. Bermejo, L. Ramos R. Grau, M. Pérez-González H. González-Díaz, A topological sub-structural approach for predicting human intestinal absorption of drugs. *Eur. J. Med. Chem.* **2004**, *39*, 905-916.
7. H. Pham-The, I. Gonzalez-Álvarez, M. Bermejo, et al. In Silico Prediction of Caco-2 Permeability by a Classification QSAR Approach. *Mol. Inf.* **2011**, *30*, 376-385.
8. Marrero-Ponce Y, Cabrera MA, Romero V, Ofori E, Montero LA. Total and Local Quadratic Indices of the “Molecular Pseudograph’s Atom Adjacency Matrix”. Application to Prediction of Caco-2 Permeability of Drugs. *Int J Mol Sci.* **2003**, *4*, 512-536.
9. H. Pham-The, I. González-Álvarez, M. Bermejo, T. Garrigues, H. Le-Thi-Thu, M. A. Cabrera-Pérez, The Use of Rule-Based and QSPR Approaches in ADME Profiling: A Case Study on Caco-2 Permeability. *Mol. Inform.* **2013**, *32*, 459-479.
10. M.A. Cabrera, I. González, C. Fernández, C. Navarro, M. Bermejo. A topological substructural approach for the prediction of P-glycoprotein substrates. *J. Pharm. Sci.* **2006**, *95*, 589-606.
11. M. A. Cabrera, M. Bermejo, M. Pérez, R. Ramos, TOPS-MODE approach for the prediction of blood-brain barrier permeation. *J Pharm Sci.* **2004**, *93*, 1701-1717.
12. M. A. Cabrera Pérez, I. González Álvarez, Computational and pharmacoinformatic approaches to oral bioavailability prediction.

In: Hu M, Li X, eds. *Oral Bioavailability: Basic Principles, Advanced Concepts, and Applications*. John Wiley & Sons, Inc.; **2011**, 519-534.

13. M. A. Cabrera-Pérez, H. Pham-The, M. Bermejo, I. González-Álvarez, T. Garrigues, QSPR in Oral Bioavailability: Specificity or Integrity? *Mini Rev. Med. Chem.* **2012**, *12*, 534-550.

14. H. Pham-The, T. Garrigues, M. Bermejo M, I. Gonzalez-Alvarez, M. C. Monteagudo, M. A. Cabrera-Perez, Provisional classification and in silico study of biopharmaceutical system based on caco-2 cell permeability and dose number. *Mol. Pharm.* **2013**, *10*, 2445-2461.



Fig. 1. Unidad de Modelación y Experimentación Biofarmacéutica



Fig. 2. Miembros de la Unidad de Modelación y Experimentación Biofarmacéutica

# La tecnología del ron, cómo se preparan sus cocteles

Química y  
Gastronomía

La Redacción de “Encuentro con la Química” invita a sus lectores a enviar colaboraciones sobre el apasionante tema del papel de la química, la bioquímica y la ingeniería química en la cocina y la bebida, tanto en su participación en las propiedades organolépticas de los alimentos y las bebidas, como en sus

consecuencias positivas y negativas para la salud.

En este número el Prof. Dr. Jorge Lodos Fernández nos envió su colaboración acerca de La tecnología del ron, cómo se preparan sus cocteles.

## LA TECNOLOGÍA QUÍMICA DEL RON: SUS COCTELES

Componente	Con menta			Con cremas			Exóticos			Otros					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	14	12	11	14	15
Azúcar, ml	5 (una cucharadita)														15
Carta Blanca, ml	-	60	120	30	60	120	60	-	30	60	30	-	15	30	60
Carta Oro, ml	60	-	-	-	-	-	-	50	-	-	30	-	-	-	-
Añejo, ml	-	-	-	30	-	-	-	-	30	-	-	120	-	-	-
Vermouth, ml	-	-	-	-	-	-	A 200	-	-	-	-	-	-	30	-
Cerveza, ml	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marrasquino, gota	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2-3	-	-
Angostura, gota	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	4-5	-	-	-
Jugo Limón, u	-	Cáscara jugosa	-	1/2	-	1	-	1/2	Cáscara	1/2	-	1	-	-	-
Jugo de piña, ml	-	-	-	-	-	-	-	30	-	5	30	-	15	-	60
Jugo Toronja, ml	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hojas de Menta	5	Varias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anís, ml	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cointreau, ml	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crema Curazao	-	-	-	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Angostura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Huevo	-	-	-	-	-	-	Uno	-	-	-	-	-	-	-	-
Agua, ml	-	A 200	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-
Hielo	P	M	-	Polvo	M	-	-	-	Menudo	-	F	-	-	-	P
Servir	B	B sin C	-	F	B y F	B y C	B, C y polvo de canela	B	Enfriar sin B y C	B y F	B	B fuerte sin C	-	B y C bien	-

1: Menta Julepe, 2: Mojito, 3: Daissi, 4: Centenario, 5: Guante de Oro, 6: Especial, 7: Flip, 8: Fuego líquido, 9: Chaparra, 10: Daiquirí, 11: Graham, 12: Old Fashion, 13: Habana, 14: Claroscuro, 15: Fizz de Piña  
B: Batir, C: Colar, F: Frappé, P: Picado, M: Menudo



# Sobre los errores frecuentes en el uso del lenguaje científico

Enseñanza de la Química

**Roberto Cao Vázquez**  
caov@fq.uh.cu

Laboratorio de Bioinorgánica. Facultad de Química. Universidad de La Habana

Graduado de Licenciatura. en Química de la Universidad de La Habana en 1971. Doctor en Ciencias Químicas del Instituto Tecnológico Lensoviet, Leningrado, URSS en 1975. Doctor en Ciencias de la Universidad de La Habana en 2007. Profesor Titular del Departamento de Química Inorgánica. Presidente de la SCQ de 2009 a 2012. Ganador de 9 premios anuales de la ACC.



Da la impresión que con el cursar del tiempo aumentan, o al menos, se mantienen constantes los errores que cometemos en el uso del lenguaje científico, tanto en documentos escritos como en presentaciones orales. Es nuestra intención en este trabajo el alertar sobre los errores que más frecuentemente se cometen sin pretender abarcarlos todos ni establecer una “directiva” al respecto, solo consejos que recomendamos tomar en consideración.

Cuando presentamos un trabajo no solo estamos exponiendo nuestros resultados o criterios sobre un tema determinado, sino también nos estamos exponiendo a ser evaluados por los oyentes y/o lectores desde el punto de vista cultural, en su sentido más general. En concreto, no basta decir o escribir cuestiones de importancia científica, sino también de la forma correcta desde el punto de vista formal.

**El título.** El título de cualquier trabajo debe ser lo más escueto posible, a la vez que brinde los elementos indispensables para que el lector u

oyente sepa cuál es el objetivo central que se plantea el autor. En ese sentido, hay palabras que se usan con frecuencia y que no aportan nada a lo antes señalado, como son: consideraciones, criterios, estudio, etc. El título de un documento científico, al igual que ocurre con los libros de cualquier tipo, no terminan en punto.

**El problema científico, la hipótesis, el objetivo general y los específicos.** Los tres primeros de estos aspectos están íntimamente relacionados entre sí y con el título, lo que significa que todos deben contener un mínimo común de palabras claves. Los objetivos responden a las cuestiones que se deben cumplimentar y no a lo que se desea o pretende hacer. Por ello, los verbos que responden a acciones continuadas no se deben utilizar en el enunciado como son los casos de: estudiar, analizar, considerar, etc.

La revisión bibliográfica. Este aspecto en una tesis constituye con capítulo propio, mientras que en un artículo científico va incluido en la

“introducción”. En cualquier caso, la revisión bibliográfica tiene la misión de definir el estado del arte del tema a tratar y expresar la importancia del trabajo que se pretende acometer. Una revisión bibliográfica con referencias no actualizadas indica eso mismo, una falta de actualidad del tema seleccionado. No tiene ninguna justificación hablar de actualidad y novedad a partir de referencias que varios años de publicados y, sobre todo, ninguna del año en curso. En una presentación oral, una introducción a la que se dedique más del 10-15% de total del tiempo disponible, generalmente implica a tomarse más tiempo del asignado o tener pocos resultados a informar. Ambas interpretaciones dan muy mala impresión.

**La parte experimental.** En esta sección se debe describir con el mayor grado de detalle posible los pasos trascendentales del trabajo. Se espera que no se deba omitir nada que impida su reproducción por una persona ajena al grupo que lo reporta. Largos listados de reactivos son totalmente innecesarios y de poco gusto.

**Resultados y discusión.** Este es el corazón de todo trabajo y debe escribirse de una forma bien convincente y ordenada, en lógica secuencia con los escrito en los capítulos o partes anteriores. Es importante ser cuidadoso con los términos que se seleccionen para que no se sub- o sobrevalore un resultado y se dé la adecuada interpretación a cada uno. Debe discernirse entre los resultados contundentes e incuestionables y las interpretaciones que se les pudiera dar. Para estos últimos, el uso del modo subjuntivo es muy recomendable. En no pocos casos, el análisis

estadístico de los datos obtenidos es muy importante.

**Conclusiones.** Resume los principales logros alcanzados, expresados de forma objetiva y concreta. No tiene sentido plantear que se alcanzó un buen rendimiento sin dar el intervalo de valores obtenidos.

**Referencias.** Existen diferentes formas de referir la bibliografía. Siempre deben cumplirse las normas establecidas. Una muy empleada para las revistas científicas es la siguiente:

P. Smith, K. Bayer, Título del artículo, *Revista*, año, *volumen*, pag inicial-pag final.

La bibliografía se presentará según el orden de aparición en el texto, tablas o figuras, con la correspondiente numeración correlativa. El error más frecuente en esta sección es transcribir incorrectamente algún dato de la cita, lo que dificulta su localización por parte del lector.

Independiente de la forma utilizada, las referencias deben de estar escritas de manera uniforme.

**Términos usados incorrectamente.** El uso de palabras indeterminadas, como el mismo, esto aquello, etc., deben evitarse a toda costa. Un error muy frecuente es el uso de “rango” como sinónimo de “intervalo”. Es un anglicismo. Rango en español significa jerarquía. Otro error común es usar el verbo “plotear” (del inglés plot) o “graficar”; ninguno de los dos existe sino “construir (hacer) un gráfico”. Otro anglicismo común es traducir “actually” como “actualmente” cuando corresponde “en realidad”.



**Errores de redacción.** Estos son los errores que más frecuentemente se cometen. El lenguaje científico es lacónico. Debe escribirse solo lo necesario, sobre todo si lo que se describe o explica no está totalmente sustentado. La información debe brindarse una sola vez, en tabla o figura, pero no en ambas formas. Se debe escribir en forma impersonal, salvo que se quiere transmitir un criterio subjetivo, propio de los autores.

Se debe ser muy cuidadoso en reportar algo novedoso. La mejor forma de salvar esta situación es: “para nuestro conocimiento es la primera vez que ...”

Los encabezamientos de tablas y pies de figuras deben ser bien descriptivos, con todos los datos necesarios. No se debe dar un carácter “animado” a estas representaciones (ej: la figura X nos explica..).

Hay quienes no tienen claro cuál es la función de cada signo de puntuación y los dispone arbitrariamente en el texto. La coma (,) se utiliza para insertar frases que complementan al sujeto. Ej: La reacción, **de naturaleza exotérmica**, se realizó.....También se usa la coma para brindar una pausa breve en una oración que se alarga. Por cierto, el escribir oraciones cortas, de no más de 2-3 líneas, favorece el propio proceso de escritura y su comprensión por el lector. Un párrafo constituido por una sola oración es incorrecto, como regla general (hay excepciones).

El punto y coma (;) se relaciona con la oración que le precede pero con ciertas diferencias. Ej: El compuesto fue caracterizado

mediante análisis elemental y técnicas espectroscópicas; el compuesto **I** fue sometido a caracterización por microscopía electrónica.

El punto y aparte debe corresponder a otra idea, por lo que no debe iniciarse la oración con: Por esa razón, Entonces, Es por eso, Lo cual, etc.

En no pocas ocasiones, se han citado pensamientos tomado de una fuente en inglés mediante la simple traducción palabra a palabra, sin cambiar el orden en que aparecen en la oración. Es que en ese idioma el orden que se usa es diferente al nuestro. Ej: “A green crystalline product formed by a condensation reaction was reported” se ha traducido como “Un verde cristalino producto formado por una reacción de condensación fue reportado”, en vez de “Se reportó un producto cristalino verde formado por una reacción de condensación”.

Las unidades de medida van separadas del valor correspondiente. Las abreviaturas usadas para las unidades de medida no llevan punto al final. Ej: h, min, s, m, etc. Los grados centesimales se denominan “Celsius” y no “centígrados”.

Estos son algunos de los errores que hemos encontrado al revisar tesis de diploma, de maestría y doctorado y alertamos para que no ocurran con el objetivo de escribir correctamente en nuestro idioma.

# Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 1

Enseñanza de  
la Química

**Manuel Alvarez Prieto**  
malvarez@imre.oc.uh.cu

Departamento de Química Analítica. Facultad de Química. Universidad de La Habana

Graduado de la Universidad de La Habana en 1977. Máster en Química Analítica y Doctor en Ciencias Químicas. Profesor e Investigador Titular. Especialista en Metrología Química y calidad de laboratorios de ensayos. Espectroscopista atómico analítico.



En nuestro medio se dispone de numerosos cursos sobre Metodología de la Investigación Científica.<sup>1</sup> Aunque muchos de estos cursos tienen un gran valor metodológico para el científico, resulta atractivo y oportuno exponer de forma condensada una serie de ideas sobre los principios del trabajo científico. Con este artículo el autor pretende iniciar una serie de reportes que aborden de forma condensada los principios del trabajo científico. Las ideas que aquí se exponen están dirigidas, sobre todo, a los investigadores jóvenes. Ellas constituyen una visión personal de cuáles son esos principios. Los principios no pueden ser muchos; de lo contrario dejarían de ser principios. Por razones de claridad y síntesis, a continuación se enumeran esos principios. El orden de presentación de los principios no implica una jerarquía.

## **1. La identificación de los problemas científicos a resolver es un paso inicial y esencial de todo trabajo científico para la búsqueda de sus soluciones.**

Toda investigación científica parte de la identificación y formulación de un problema científico, y se orienta hacia la búsqueda de su solución. Un problema de ese carácter existe cuando se manifiesta una limitación objetiva del conocimiento<sup>1</sup>. Los problemas de ese tipo que se identifiquen deben estar dirigidos a realizar un aporte al conocimiento sobre bases científicas, es decir, con el uso del método científico.

La identificación y formulación de los problemas científicos son útiles especialmente si éstos son difíciles e intrincados. Parece que en ocasiones la experiencia, el juicio profesional y tal vez la intuición, sustituyen la actividad consciente dirigida a la identificación y formulación explícita de los problemas científicos. Sin embargo, como norma es apropiado identificar, formular y expresar los problemas científicos. El cuestionamiento de las ideas, los conceptos y las proposiciones que se establecen como ciertos, en ocasiones conducen a la identificación de los problemas científicos.

La identificación de un problema científico debe conducir a una hipótesis científica, que es una suposición científicamente fundamentada y novedosa acerca de las relaciones y los nexos existentes entre los elementos que conforman el objeto de estudio y mediante la cual se explica o resuelve el problema científico.<sup>1</sup> La elaboración correcta de una hipótesis se facilita cuando se dispone de una preparación profesional extensa en el campo del conocimiento donde se enmarca el objeto de estudio.

La solución de los problemas científicos requiere de la creatividad. La creatividad es un proceso de pensamiento, que partiendo de ideas y conceptos existentes origina nuevas ideas o conceptos, o nuevas asociaciones entre ellos<sup>2</sup>. Ese proceso conduce en ocasiones a soluciones originales, novedosas y apropiadas. No se observa una gran correlación entre la creatividad de los individuos y

el cociente intelectual, cuando éste se evalúa con los métodos habituales.<sup>3</sup> Es decir, la creatividad no se considera unánimemente un elemento de la inteligencia. En gran medida es una consecuencia de la actitud hacia la solución de los problemas. La predisposición consciente y activa en función de la solución de los problemas es un elemento fundamental para lograr el pensamiento creativo. Sin embargo, existen técnicas para lograr la creatividad, que pueden ser aprendidas.<sup>4</sup>

**2. Los objetivos que se establezcan en la labor científica y las tareas necesarias para cumplirlos quedan absolutamente subordinados a resolver los problemas científicos identificados.**

El fin último de toda labor científica es realizar aportes al conocimiento que puedan contribuir de alguna forma al desarrollo de la Ciencia. El aporte al conocimiento científico se considera en sí mismo como una contribución, pero si este contribuye de alguna otra manera (a largo plazo o de forma inmediata), mejor todavía.

Los objetivos deben estar claramente dirigidos a resolver los problemas científicos que se identifiquen. Constituyen aportes al conocimiento y no tareas. Los objetivos pueden ser generales o de mayor especificidad. Usualmente un objetivo general puede abarcar varios objetivos específicos. Estos a su vez pueden desglosarse en objetivos de mayor especificidad. La generalidad y la especificidad de los objetivos tienen un carácter relativo.

**3. El trabajo científico se planifica, incluyendo sus resultados.**

Una planificación acertada que tome en cuenta apropiadamente el uso de los recursos humanos y materiales, así como el tiempo, es requisito para el ahorro de esfuerzos y recursos. Los recursos que se empleen deben estar, dentro de lo posible, óptimamente subordinados al cumplimiento de los objetivos.

Sobre la base de la cultura profesional de que se disponga es posible esperar resultados específicos. Por esa razón los resultados pueden planificarse. No

obstante, en ocasiones surgen resultados inesperados que pueden ser importantes.

Las tareas se deben planificar detalladamente. Es apropiado formular claramente los objetivos de las tareas que se planteen, tales como experimentos, simulaciones, encuestas, procesos de cálculos y otras.

La planificación se inicia desde la etapa de confección de borradores de proyectos de investigación que se someten a concursos. A grandes rasgos los proyectos tienen varios objetivos: convencer de la importancia de la labor que se intenta acometer, planificar los recursos humanos y materiales, y obtener financiamiento. El desarrollo profesional en cuanto a la confección de proyectos de investigación es muy útil para el logro de fuentes de financiamiento.

**4. Desarrollar y aplicar los pensamientos crítico y autocrítico de la labor científica y sus resultados.**

Toda labor científica y sus resultados deben someterse a la crítica individual y colectiva. Tanto en el marco de grupos como individualmente, la crítica juega un papel fundamental para el avance del conocimiento científico. El triunfo del nuevo conocimiento científico sobre su ausencia o el viejo conocimiento, obsoleto, es la razón de ser de la Ciencia.<sup>1</sup> Gracias a los pensamientos críticos y autocríticos es posible el entendimiento acertado del alcance y las limitaciones de las ideas y los trabajos científicos. En ocasiones, para lograr el entendimiento completo de las ideas, definiciones y conceptos, es necesario realizar un análisis detallado de ellos, incluyendo el aspecto semántico.

**5. Es apropiado poseer una vasta cultura profesional relacionada con el campo del conocimiento científico en que se labore, y es deseable poseer cultura sobre otros campos afines y una gran cultura general.**

Esto es un elemento básico para establecer asociaciones entre conceptos y proposiciones que pueden parecer no relacionados. También es una premisa para organizar los conocimientos que se poseen de una disciplina en función de las tareas

científicas que se acometen. Una vasta cultura profesional se adquiere mediante una actividad intensa y prolongada. Esta actividad posee un carácter intradisciplinario.

Si se posee elementos de cultura profesional en otro campo independiente de la disciplina científica en el cual se labora, eventualmente se dispondrá de conceptos y herramientas auxiliares para lograr desarrollos en la disciplina propia o realizar actividades científicas interdisciplinarias. Más aún, si se llega a dominar otro campo, en algunos casos se pueden hacer aportes en éste, sobre la base de enfoques aplicados en el campo propio. Esto último se conoce como trabajo científico transdisciplinario.

#### **6. Es necesario e importante divulgar los resultados de la investigación científica.**

Las diferentes formas y escenarios para la divulgación de los resultados permiten incorporarlos a la sociedad. Esa divulgación debe realizarse preferentemente a través de artículos científicos de revisión por pares de amplia difusión, preferentemente en el ámbito internacional. La revisión por pares contribuye al mejoramiento de los artículos que se pretenden publicar. La redacción y presentación de artículos científicos se fundamentan en técnicas que pueden ser aprendidas.<sup>5</sup> Otras formas y escenarios, tales como las presentaciones en congresos, la difusión popular, la actividad periodística y otras, pueden considerarse complementarias. El lugar y la forma de difusión de los resultados dependen de la naturaleza del medio y del tipo de receptores de la información científica. Existen técnicas para lograr una óptima comunicación a través de esas diferentes formas y escenarios, que también pueden ser aprendidas.<sup>6-7</sup> La actividad docente es un excelente complemento dirigido especialmente a la formación de las nuevas generaciones de científicos y un excelente escenario para conocer sus inquietudes y tendencias.

#### **7. Es necesario poseer aptitudes para expresar con las máximas claridad y sencillez posibles las ideas necesarias.**

Debido a la necesidad de incorporar los resultados de la Ciencia a la sociedad, la comunicación es esencial

para recibir y transmitir las ideas científicas, ya sea de forma oral o mediante documentos. Las ideas deben expresarse tan claras y sencillas como sea posible para viabilizar la comunicación. Son muchos los medios y recursos para expresarlas. La forma de expresarlas debe adecuarse a la naturaleza de las ideas a expresar y a la naturaleza del medio que se emplee. En el ámbito documental los recursos pueden ser el texto, las ecuaciones, las gráficas, las tablas, los fotogramas, las fotografías y otros.<sup>8</sup>

El dominio de la terminología del campo en que se labora es muy importante. La capacidad de síntesis de la información a transmitir es un recurso esencial cuando el tiempo disponible o la extensión de un documento están limitados (lo cual es usual). La capacidad de síntesis se basa en no incluir información secundaria y en seleccionar las ideas y las palabras fundamentales. Debe evitarse la ambigüedad en el lenguaje oral y escrito. Siempre que sea procedente, el científico debe contribuir a la normalización de la terminología del campo donde labore. Eso incluye el desestimar un término nuevo, cuando existe uno establecido que no parece cuestionable. Deben evitarse los extranjerismos si existen términos apropiados en el idioma empleado. Por último, una redacción y una ortografía impecables son claves del éxito.

#### **8. Debe dominarse un idioma importante para el campo del conocimiento científico en que se labore.**

Ese dominio debe poseerse tanto desde el punto de vista oral como escrito. Parece que en términos generales, los idiomas más importantes para las ciencias exactas, físicas y naturales, así como la tecnología, son el inglés, el francés, el alemán y el ruso. Dominar al menos uno de estos idiomas, y en especial el inglés, es fundamental para garantizar la comunicación oral y escrita de los resultados de la investigación científica. Los trabajos científicos más importantes y más leídos están escritos en inglés. Otros idiomas son importantes para campos particulares del conocimiento científico.

#### **9. La labor científica debe quedar subordinada a principios éticos.**

El principio ético supremo es atenerse a la verdad científica, cualesquiera sean los deseos y motivaciones que se tengan. Respetar la opinión ajena, escuchar a otros y considerar los logros personales con humildad son virtudes de gran valor. Esto último no está reñido con la defensa con energía de las ideas y convicciones propias. Elementos tales como el humanismo, respetar y juzgar apropiadamente los resultados de otros científicos, atribuir explícitamente el honor a los autores de resultados e ideas previas, rechazar el plagio (incluso el propio), respetar y considerar la participación de otros en los trabajos de equipo, considerar apropiadamente la salud humana y de los seres vivos en general, conservar el medio ambiente, y establecer relaciones respetuosas y mutuamente ventajosas con editores y revisores de revistas científicas, son algunos de los principios éticos que deben guiar toda labor científica.<sup>9</sup>

#### **10. Es necesario desarrollar y poseer la capacidad de aprender por uno mismo.**

Aunque constantemente estamos aprendiendo de otros, la mayor parte de los conocimientos se adquieren gracias al esfuerzo personal y la destreza adquirida. Desarrollar esa capacidad es muy importante para orientar la labor en las direcciones necesarias con el interés de nutrir la cultura profesional y cumplir con los objetivos científicos que se planteen eventualmente. Disponer de buenos interlocutores con los cuales se pueda discutir con profundidad sobre temas científicos, contribuye grandemente a aprender de ellos, pero también a aprender por uno mismo. Cuando ellos escasean en el entorno inmediato, se requiere buscarlos en otros ámbitos. Esa es una de las razones de la colaboración científica nacional e internacional. La comunicación permanente con colegas afines es fundamental. Algunas actividades científicas como congresos, reuniones, defensas de tesis y otras, constituyen contextos adecuados para viabilizar la comunicación y el intercambio.

#### **Epílogo**

Hasta aquí la exposición en síntesis de esta visión personal de los principios del trabajo científico. Las limitaciones de espacio autoimpuestas impiden abordar de una forma más extensa algunas de las ideas presentadas. Sin embargo, es posible que en eso radique una de sus virtudes. A todos nos resulta atractiva la lectura de documentos breves. Pero la mayor satisfacción del autor pudiera originarse si en algo beneficia a los investigadores jóvenes. Para ser consecuente con algunas de las opiniones expuestas anteriormente, el autor acogerá con beneplácito las observaciones, los comentarios y las críticas de los lectores.

#### **Referencias**

1. J. A. Díaz Duque, Metodología de la Investigación Científica, La Habana **2009**, apuntes para un curso de postgrado, Instituto Nacional de Investigaciones en Normalización (ININ), actualmente Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad, <http://www.cgdc.cubaindustria.cu>, acceso noviembre **2010**.
  2. A. Sánchez Burón, M. de la Morena Taboada, (2002) "Pensamiento Creativo", en "Enciclopedia de la Pedagogía", España, Universidad Camilo José Cela. **2002**.
  3. C. A. Churba, "La Creatividad", Ed. Dunken, Buenos Aires, Sexta Ed. **2005**.
  4. D. Raviv, Florida Atlantic University: Introduction to Inventive Problem Solving in Engineering EGN5040, The Journal of TRIZ, Marzo **1997**
  5. R. D. Branson, Anatomy of a Research Paper, *Resp. Care*, **2004**, 49, 1222 – 1228.
  6. E. Bulska, Good oral presentation of scientific work, *Anal. Bioanal. Chem.* **2006**, 385, 403–405.
  7. C. K. Larive, E. Bulska, Tips for effective poster presentations, *Anal. Bioanal. Chem.* **2006**, 385, 1347–1349.
  8. T.M. Annesley, The Clinical Chemistry Guide to Scientific Writing, *Clin. Chem.* **2010**, 56, 493.
- Council of Scientific Editors, CSE's White Paper on Promoting Integrity in Scientific Journal Publications, **2009** Update, [www.CouncilScienceEditors.org](http://www.CouncilScienceEditors.org), acceso diciembre **2011**.

**Rebeca Vega Miche**

rebeca@fq.uh.cu

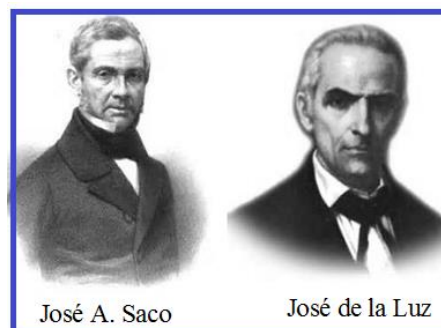
**Universidad de La Habana**

*A la memoria de nuestros profesores*

Rebeca Vega Miche. Licenciada en Química y Doctora en Ciencias Pedagógicas. Profesora titular del departamento de Química General. Presidente de la Comisión Nacional de la Carrera de Química entre 1993 y 2006. Es autora de libro “Historia de la Química, donde casualidad y método científico se encuentran”, de la multimedia “Historia de la Química” y de numerosos artículos y ponencias sobre el tema. Actualmente se encuentra jubilada.



Los antecedentes de la enseñanza de la Química en la Universidad de La Habana se encuentran en la Cátedra de Filosofía del Seminario de San Carlos, donde desde 1813 el presbítero Félix Varela y Morales introduce la enseñanza experimental de la Química y la Física. Sus sucesores, José Antonio Saco y José de la Luz y Caballero, amplían los contenidos del programa de Química que llegó a estar a la altura de cualquier universidad europea en su época. Tanto Saco como Luz y Caballero abogaron por la creación de una cátedra de Química en la Universidad de La Habana.

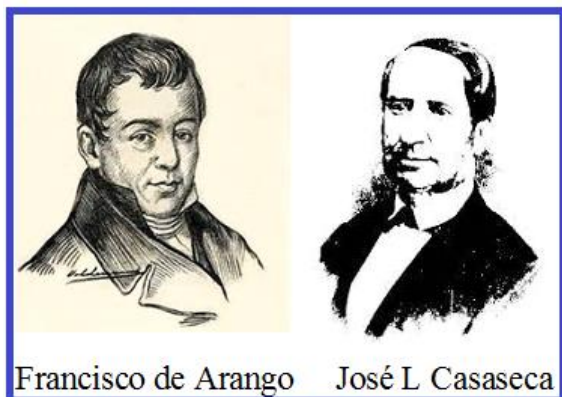


Por esas mismas fechas, Francisco de Arango y Parreño, reitera la necesidad de crear una escuela de Química que estableciera procedimientos técnicos para la elaboración del azúcar. En 1837 y bajo los auspicios de la Real Junta de Fomento de La Habana se inaugura la primera cátedra de Química, cuyo titular fue el químico español José Luis Casaseca y Silván.

En 1842, con la secularización de la Universidad en La Habana, se crea la Facultad de Filosofía, encargada de la enseñanza secundaria, y en cuya cátedra de Química se estudiaban la nomenclatura y propiedades de sustancias simples, ácidos, bases y sales. En la

<sup>1</sup> Versión del artículo “Química Intramuros” publicado por la autora en la *Revista Universidad de la Habana*. Número especial por el 280 aniversario la fundación de la UH. 2008.

Facultad de Farmacia se crearon las cátedras de Química Inorgánica y de Química Orgánica con programas avanzados para su momento. También en la Facultad de Medicina, en la cátedra de Medicina Legal y Toxicología se impartían contenidos de Química Analítica imprescindibles para los análisis toxicológicos. Titulares de estas cátedras fueron Cayetano Aguilera y Navarro, Joaquín Fabián de Aenlle y Monjiotti y Ramón Zambrana y Valdés, todos ellos discípulos de Casaseca. Estos profesores realizaron también incipientes investigaciones aplicadas relacionadas con la farmacia, la medicina y la industria y llegaron a ser miembros fundadores de la Real Academia de Ciencias Médicas de La Habana.



Francisco de Arango    José L. Casaseca

También en 1842 se crea el Colegio Universitario, cuya cátedra de Química y Física aplicadas a la Industria y a la Agricultura fue ocupada por Casaseca. Este proyecto debió contar con un laboratorio adscrito a la cátedra, pero funcionó, hasta su desaparición en 1849, sólo con una pizarra, un pedazo de yeso y un compás por falta de apoyo rectoral.

En 1863 se funda la Facultad de Ciencias, con las secciones de Ciencias Exactas, Ciencias Físicas y Ciencias Naturales, ésta última contó con una cátedra de Química General que fue ocupada por Cayetano Aguilera.

Cayetano  
Aguilera  
y Navarro  
(1819-1884)Joaquín  
Fabián de  
Aenlle  
y Monjiotti  
(1825- 1869)José Luis  
Casaseca  
y Silván  
(1800-1869)

La enseñanza de la Química no escapó al tradicional verbalismo que predominaba en toda la Universidad, no obstante hubo intentos de combinar la teoría con la práctica y en la azotea del antiguo convento de los dominicos, radicó un precario laboratorio donde estaban ubicados los pocos utensilios, aparatos y reactivos que se disponían.



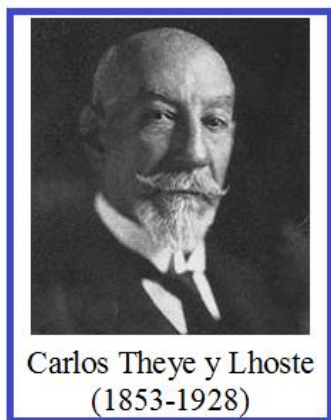
Universidad de La Habana. Siglo XIX

Los estudios universitarios en esta segunda mitad del siglo estuvieron afectados por las luchas independentistas, y la inclusión o supresión de los estudios de doctorado en los programas dependía de la situación política en la isla.

En 1881 se establecen los estudios de Doctorado en Ciencias Físico Químicas, lo que constituyó un paso de avance en la enseñanza de la Química en la Universidad. Tanto la Facultad

de Ciencias como la de Farmacia, contaron con catedráticos de destacada obra científica y pedagógica. Vale mencionar a Carlos Theye y Lhoste, graduado de L'École Centrale des Arts et Manufactures en París, quien publicó más de 70 artículos en revistas periódicas, folletos docentes y el texto "Introducción al estudio de la Química Inorgánica"; y a Manuel Vargas Manchuca y González del Valle, discípulo de Adolphe Wurtz, con importantes memorias publicadas en los Comptes Rendos de la Academia de Ciencias de París.

En 1899 se aprueba el plan Lanuza que extiende las cátedras de Química en la Universidad. En la Facultad de Ciencias se abren los cursos de Química General e Inorgánica a cargo de Arístides Agüero y Betancourt, los de Química Orgánica impartidos por Manuel Jhonson y Larralde, los de Análisis Químico Cualitativo y Cuantitativo por Theye, y los de Análisis Orgánico por Alfredo Martínez y Martínez.



Carlos Theye y Lhoste  
(1853-1928)

En 1900, y debido a la desastrosa situación económica y social de Cuba durante la intervención norteamericana, el Dr. Enrique José Varona plantea una reforma radical de los estudios universitarios, que pretendió modernizar la enseñanza y hacerla científica y profesional, de acuerdo a las necesidades del

país. Se crea el sistema de escuelas y se constituye la cátedra E para la enseñanza de la Química, la que fue ocupada por el Dr. Theye, como titular, hasta su retiro en 1923. Esta cátedra debió impartir los cursos de Química Inorgánica, Química Orgánica y Análisis Cualitativo y Cuantitativo a todas las carreras que los contemplasen en su plan. Los cursos eran apoyados profesores auxiliares y titulares.

El interés de Varona por modernizar la enseñanza de la Química es palpable. En 1904, Varona junto a los químicos Theye y Gastón Alonso Cuadrado, visitan la Exposición Internacional de San Louis en los Estados Unidos, de donde traen multitud de sugerencias para el mejoramiento de la cátedra. No obstante, el Doctorado en Ciencias instituido por Varona rindió pocos frutos y entre 1902 y 1908 hubo solo cuatro graduados, en cuyos temas de tesis estaba ausente la Química.

En 1902, la Universidad se traslada para los edificios de la antigua pirotecnia militar, en su ubicación actual de la loma de Aróstegui, y durante esos primeros años los viejos pabellones militares se convierten en espacios docentes, mientras se construyen los nuevos edificios.

El edificio de Química se inaugura en 1915, el que, además de las aulas, contó con un laboratorio para la realización de las prácticas. En ese edificio, llamado Carlos Theye en 1925 y hoy José Martí, se impartieron los cursos y prácticas de Química hasta 1953.

En 1937 se restablece el doctorado en Ciencias Físico Químicas y el nuevo plan deja atrás el formato francés de Theye e introduce las tendencias pragmáticas norteamericanas. Se abren nuevos cursos de Química Inorgánica, Orgánica Y Análisis Químico, con frecuencias



semanales de trabajo en el laboratorio y se establece la exigencia para la obtención del título, la tesis de grado, la realización de tres trabajos prácticos y de una disertación oral. También en esta época se introducen conferencias de química física aunque no es hasta 1953 que se crea la correspondiente cátedra P bajo la dirección del Dr. Eudaldo Muñoz.



Laboratorio de Química en la actual Facultad de Filosofía e Historia

Para responder a las nuevas demandas del plan de estudios se crean otras dos cátedras dedicadas a la Química. Se mantiene la cátedra E dedicada a la Química Inorgánica y se fundan la cátedra K para Química Orgánica y la cátedra L de Análisis Químico. Los titulares nombrados fueron Francisco de la Carrera y Fuentes, Francisco Muñoz Silveiro y Francisco Vargas y Gómez, respectivamente. Esas cátedras contaron con profesores auxiliares y adjuntos, como Ernesto Ledón Ramos o Luis Felipe Le Roy que llegaron con el paso del tiempo a ser sus titulares.

Los libros de texto empleados en los cursos eran en general de autoría de los propios profesores. Resulta difícil evaluar medio siglo después, su nivel científico, pero según anota Le Roy, el texto “Teoría fundamental de Química

Analítica” de los doctores Carreras y Vargas, editado en 1949, mereció del Dr. Buscarons de la Universidad de Barcelona, el calificativo de *mejor que muy bueno*. Ya en la década del 50, el Dr. Ernesto Ledón publica su texto “Química”, cuyo contenido y enfoque pedagógico fueron novedosos en su época.



Luis F. LeRoy

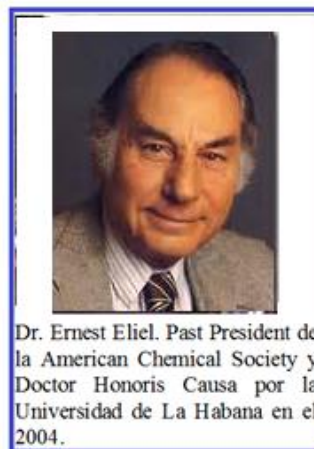
La investigación científica y la superación postgraduada no fueron características de la época. De manera excepcional se lograron algunas becas en universidades estadounidenses y fueron escasas las participaciones en congresos y eventos internacionales. Las opciones a las que aspiraban los graduados era una plaza en los institutos de segunda enseñanza u ocupar cargos como técnicos de laboratorios en alguna de las pocas industrias cubanas y en menor medida en las norteamericanas, ya que en estas últimas los puestos claves eran ocupados por ciudadanos estadounidenses.

En 1943 entra en vigor un nuevo plan de estudios que amplía el doctorado a cinco años y que introduce como asignaturas el inglés y el francés tecnológico, aumenta en medio curso las asignaturas de Química Inorgánica y Química Orgánica, e introduce cursos de Preparaciones Inorgánicas, Preparaciones Orgánicas, Bioquímica y Química Analítica Instrumental. Este plan, con pequeñas modificaciones se mantiene hasta 1959 y mantiene los ejercicios

obligatorios para la obtención del título. Las tesis de grado abordan diferentes temas, principalmente análisis químicos de minerales, suelos, petróleo, aguas, y plantas medicinales, pero muchas no pasaron de ser trabajos referativos o monográficos sobre un tema particular.

Específicamente en la década del cuarenta, el laboratorio Vieta Plasencia, organiza un departamento de investigaciones bajo la dirección de Rosenkratz primero y de Kauffmann después, refugiados judíos alemanes que se establecen en Cuba por breve tiempo antes de emigrar a los Estados Unidos. En este laboratorio y a merced de un convenio con la Universidad de La Habana, estudiantes de fisicoquímicas realizan sus trabajos de tesis sobre medicamentos. Como dato de interés se puede citar la tesis de grado sobre el ácido homoverátrico defendida en 1946 por el Dr. Ernest Eliel, refugiado alemán, que años más tarde llegó a alcanzar en los Estados Unidos reconocido prestigio en el campo de la estereoquímica.

También en esa época visitaron la sección de físico química, químicos como José y Francisco Giral, Moritz Kohn, y Alfred Lee Sklar, éste último colaborador de Linus Pauling. El Doctor Sklar dictó conferencias sobre las aplicaciones químicas de la Mecánica Cuántica y en la correspondencia de Pauling aparece una carta dirigida al rector de la Universidad de La Habana, doctor Clemente Inclán, fechada en 1944, donde Pauling argumenta la importancia de la Química Física y hace mención al relevante trabajo del Dr. Sklar.



Dr. Ernest Eliel. Past President of the American Chemical Society y Doctor Honoris Causa por la Universidad de La Habana en el 2004.

El antiguo edificio de Química a lado de la escalinata resultaba pequeño para las necesidades de la enseñanza de esta ciencia. Ese edificio que databa de 1915, se había construido para 200 estudiantes y solo explicar tres cursos de Química, en 1949 recibía 2000 estudiantes y se impartían 16 programas diferentes. El nuevo edificio, cuya primera piedra fue colocada en 1951, e inaugurado en 1953, fue obra del arquitecto José Menéndez y tuvo un costo total de 400 000 pesos, a lo que hay que añadir casi 230 000 pesos en equipos y 13 000 pesos en mobiliario. Durante la inauguración el decano de la Facultad de Ciencias, Dr. Carreras, enuncia que "...más que una sección de una facultad podría ser muy bien la facultad de química de la Universidad de La Habana" (Vida Universitaria, 1953).

En el curso 1954-55 el doctorado de Ciencias Físico-Químicas alcanza una matrícula de 96 alumnos y ese año gradúa nueve doctores en esa rama. En la etapa comprendida entre 1908 y 1956, periodo republicano del doctorado en Ciencias Físico Químicas, se realizaron un total de 217 tesis de grado para la obtención del título.

A pesar de las insuficiencias de una enseñanza tradicional alejada de las necesidades reales del país, este doctorado es parte

insoslayable de nuestra historia, y de una u otra forma permitió que se formaran entre sus los muros de la Universidad de La Habana, profesionales de valía que ejercieron posteriormente como profesores en la propia institución como en la Universidad Central de Las Villas y en la Universidad de Oriente. Vale mencionar a los graduados: Luis F. Le Roy (1933) Ernesto Ledón Ramos (1935), Ernesto

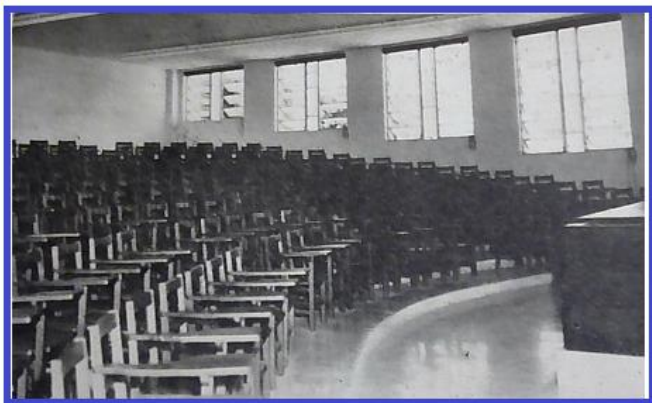
Cuervo Blay (1938), Rolando Ruso García (1948), José F. Fernández Bertrán (1949) Ruth Daisy Henríquez Rodríguez (1952), Arturo Amaral Rodríguez (1954), Héctor Touza Pulido (1954) y Yolanda Ruíz Sastre (1955). Parte de este doctorado, pero graduados después de 1959 están: Antonio Alzola de Vega, Dámaris Fernández Jaime y Zaida Trimiño Ayllón.



Entrada del edificio de la Facultad de Química



Foto del edificio de la Facultad de Química (vista desde la calle G)



Anfiteatro de la Facultad de Química



Fotos de Laboratorios de la Facultad de Química (Vida Universitaria, 1953).

### **Bibliografía.**

G. Achiong, Historia de la Química en Cuba. Ed. Pueblo y Educación. La Habana. **1988.**

R. de Armas, E. Torres-Cuevas, A. Cairo, Historia de la Universidad de La Habana. Ed. Ciencias Sociales. La Habana, **1984.**

F. de la Carrera, Biografía del Profesor Francisco Vargas y Fuentes. Publicaciones de la Facultad de Ciencias. Universidad de La Habana. **1957.**

F. Díaz Barreiro, Miembros fundadores de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana. Ed. Academia. La Habana. **1983.**

A. Estevez, L.F. Le Roy, (1954) Contribución a la Historia de la Química en Cuba. Biografía de Carlos Theye y Lhoste. Publicaciones de la Facultad de Ciencias. Universidad de La Habana. **1954.**

-----Relación de las tesis de grado de los doctores en Ciencias (1902-1950). Publicaciones de la Facultad de Ciencias. Universidad de La Habana. **1953.**

-----Relación de las tesis de grado de los doctores en Ciencias (1951-1956). Publicaciones de la Facultad de Ciencias. Universidad de La Habana. **1956.**

L.F. Le Roy, Apuntes para la Historia de la Química en Cuba. Publicación de la Sociedad Cubana de Química. La Habana. **1947.**

R. Vega, History of Chemistry in Cuba. 218 Congress of the American Chemical Society. New Orleans. **1999.**

R. Vega, De la Píldora de Ugarte al PPG. *Rev. Cubana de Química*. No.1, **2000.**

R. Vega, Química Intramuros. *Rev. Universidad de La Habana*. Número especial por el 280 Aniversario de la Universidad de La Habana. **2008.**

**Jorge T. Lodos Fernández**

jorge.lodos@zerus.azcuba.cu

Grupo Azucarero AZCUBA

Doctor en Ciencias, profesor e investigador titular, académico. Tiene 9 patentes concedidas y ha publicado 140 artículos y 5 libros vinculados, fundamentalmente, a la química y la tecnología química de la agroindustria azucarera. Ha recibido 11 premios y 3 órdenes nacionales.



Aquella mañana los periódicos se consumían a mayor velocidad que la capacidad productora de la maquina teleimpresora. Sus titulares eran: ¡CESÓ LA AGONÍA DEL CONSUMO LIMITADO! A LAS 21:00, UNA IMPORTANTE COMUNICACION DEL CONSEJO CENTRAL.

El "Día del Gran Descubrimiento", como la posterioridad denominó en lo sucesivo esa fecha, toda la población de la Tierra se encontraba atenta a la comunicación anunciada.

Pero, antes de oír el comunicado, conviene hacer algo de historia y conocer cómo se llegó a esa difícil situación. Ya desde épocas remotas el mundo sufría escaseces. Primero, fueron debidas a la insuficiente utilización de los recursos naturales. Luego, por el despilfarro de los mismos en la tarea de sustituir con sustancias sintéticas a las naturales. El petróleo, el gas y el carbón se convertían en energía, en alimentos y en todos los productos conocidos.

Desgraciadamente, los combustibles fósiles no eran inagotables, y su sobreconsumo fue terminando con las reservas conocidas. Además, los residuos de esas producciones contaminaban el medio ambiente. La actividad productiva dejó de ser autosostenible: ¡la Naturaleza ya no podía asimilar la actividad del hombre! En el año 2045

comenzó a utilizarse la última reserva: el aire. El anhídrido carbónico, el oxígeno y el nitrógeno, comenzaron a transformarse en complicados materiales para satisfacer el mínimo de las necesidades de la población. La humanidad se impuso, como tarea fundamental, la búsqueda de nuevas fuentes de materias primas y de tecnologías autosostenibles, pero ya no había otras posibilidades.

Y pasaron decenas de años; y cada día la situación se hacía más crítica: se detuvo el desarrollo. Pero, hoy 12 del mes Terreno del 2088, el Consejo Central ha anunciado la solución: Ciudadanos de la Tierra: el problema que nos amenazaba ha sido resuelto. De todos son conocidas las dificultades actuales que persisten más de cien años; el aire y la tierra no alcanzan, inclusive sin desarrollo. ¿Dónde estará la fuente renovable, que nos permita satisfacer nuestras necesidades de alimentos, energía y otros productos en forma auto-sostenible, sin contaminar la atmósfera?

Compañeros, esa nueva fuente ha sido encontrada. Es inagotable, perenne, renovable; y ¡qué variedad de posibilidades! Tendremos ropa hecha con tejidos superiores a los sintéticos y más higiénicos, alimento sanos y de mejor sabor,

materiales complejos para viviendas, combustible para el transporte, polímeros y papeles naturales, de mejor impresión y desechables: ¡óigase bien! *Desechables*. Además, se hace posible disfrutar de una nueva bebida que alegra y tonifica.

Adicionalmente se ha desarrollado una tecnología compleja que permite extraer el principio activo del nuevo descubrimiento, un producto varias veces más dulce que los que usamos hoy en día, e inocuo para la salud. ¡Ah! y simultáneamente se obtiene la energía para todas estas producciones.

Nuestras máquinas de memoria, buscando ejemplos similares en la historia de la Tierra, encontraron que esta fuente era ya conocida en la antigüedad, y que se desarrolló en forma limitada durante el siglo XX, cuando se le llamaba a los productos antes mencionados celulosa, carne, levadura, paneles aglomerados y moldeados, alcohol, biopolímeros, papel, ron y azúcar. Pero fue cometido un grave error y relegada ante el mito de las ventajas de los productos sintéticos.

A nosotros nos ha tocado la suerte de redescubrirla y darle su verdadero lugar, ¡tres vivas a la salvadora de la Humanidad! ¡¡LA CAÑA DE AZÚCAR !!!



Fig. 1. Plantación de caña de azúcar



Fig. 2. *Saccharum officinarum* usualmente conocida como **caña de azúcar** o simplemente **caña**, es una especie de planta perteneciente a la familia de las poáceas.

**Por Margarita Suárez Navarro, Editora**

En este número, Perfiles nos acerca a Carlos Andrés Peniche Covas, profesor Titular del Departamento de Química Física de la Facultad de Química de la Universidad de la Habana (e-mail: peniche@fq.uh.cu).

Como parte de esta crónica, el Prof. Peniche tuvo la amabilidad de responder varias preguntas de un cuestionario previamente establecido. También se informan algunos datos de su vida profesional.



Prof. Dr. Carlos A. Peniche Covas

Graduado en 1969 de Licenciatura en Química en la Universidad de La Habana, obtuvo el grado de Ph. D. en Química en la Universidad de Essex, Colchester, Gran Bretaña en 1973.

Desde 1973 imparte cursos de Química Física (fundamentalmente Cinética Química, Química Física de las Superficies, Polímeros y

Electroquímica, para estudiantes de las carreras de Química y Biología.

Ha tenido una participación destacada en investigaciones con trabajos en el campo de los polímeros. Actualmente investiga en la aplicación de polímeros naturales y sintéticos en el campo de los biomateriales y como matrices para la dosificación controlada de fármacos.

En 2006 presentó la tesis titulada “Estudios sobre Quitina y Quitosana” y le fue otorgado el título de Doctor en Ciencias por la U.H.

Carlos Peniche es desde 2015 Profesor de Mérito de la Universidad de La Habana. En 1998 fue elegido Académico Titular de la Academia de Ciencias de Cuba y a partir de 2012 fue elegido Académico de Mérito.

Posee más de 130 publicaciones en revistas científicas, tres patentes y una amplia participación en eventos científicos en Cuba y en el extranjero. Ha cumplimentado invitaciones en universidades y centros de investigación en México, Brasil, Perú, Argentina, Suiza, España, Francia, Gran Bretaña, entre otros países.

Ha ocupado diferentes responsabilidades en el ámbito científico y docente a diferentes niveles, destacándose su labor entre 1977 y 2013 como Secretario de la Comisión Nacional de Grados Científicos.

Por su destacado trabajo ha recibido numerosos premios como investigador-docente en la Universidad de La Habana, entre otros la Distinción por el Conjunto de la Obra Científica, otorgada en el año 2009. En cuatro ocasiones obtuvo el Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba, dos en 1994 y dos en 2007. Así mismo, ha recibido la Distinción Especial del Ministro de Educación Superior en los años 1994, 1997, 2006 y 2014 por los resultados en la investigación. Fue incluido en el Directorio de Maestros Ilustres del siglo XX en Cuba por la Sociedad de Pedagogos de Cuba (2009). Recibió el Premio Nacional de Química en enero de 2011 otorgado por la Sociedad Cubana de Química. Posee la Orden Carlos J. Finlay desde 1996 y la Orden Frank País de Segundo Grado desde 2007.

**A continuación las preguntas y sus respuestas:**

- 1.-Cuales son sus entretenimientos:..*la lectura.*
- 2.- Si no fuera químico... *sería bioquímico.*
- 3.- De las especialidades de química la más importante es.... *la Química Física ya que aporta la fundamentación teórica indispensable para el desarrollo de las restantes especialidades.*
- 4.- De la docencia y la investigación, prefiero .....*la docencia.*
- 5.-Mi mayor logro ha sido..... *haber formado una linda familia.*

- 5.- Algo que me hace reír..... *las películas de Charlie Chaplin y de Cantinflas.*
- 6.- El mejor consejo que he dado a los jóvenes es .....*tratar de ser lo mejor posible en la actividad que escojan para desempeñarse como profesionales.*
- 7.- Y que me han dado... *no dejarme vencer por las dificultades.*
- 8.- Me hubiera gustado...*descubrir la penicilina.*
- 9.-Cuando me siento frustrado..... *yo trato de reponerme lo antes posible combatiendo la causa.*
- 10.- Mi autor favorito de ficción es..... *Julio Verne.*
- 11.- Mi libro preferido es .....*Cien Años de Soledad.*
- 12.- Los tres films más importantes de todos los tiempos....*El Acorazado Potemkin, El Ciudadano Kane y Lo que el Viento se Llevó.*
- 13.- El avance científico más significativo en los últimos 100 años ha sido .... *el conocimiento del genoma humano.*
- 14.-El mayor problema que encaran los científicos actuales es....*lograr que sus resultados sean introducidos en la práctica social.*
- 15.- Mi investigación favorita es ....*la relacionada con el desarrollo de nuevos biomateriales poliméricos.*
- 16.- Si pudiera reunirme con tres científicos famosos de la historia, ellos serían.....*Louis Pasteur, Marie Courie y Josiah Willard Gibbs.*



17.- Escogí la química como carrera porque .....*tenía un excelente profesor de Química en el Pre-Universitario.*

18.- El descubrimiento científico más apasionante hasta la fecha es .....*la Teoría General de la Relatividad.*

19.- Que usted piensa acerca del futuro de su campo de investigación.... *En la actualidad, los biomateriales se desarrollan fundamentalmente para sustituir tejidos dañados o ausentes mediante diversos implantes. El reto para el futuro está en lograr la regeneración de esos tejidos, ya sea mediante el diseño de materiales bioactivos regenerativos o por el desarrollo ingenieril de tejidos.*

19.- Los cinco artículos y/o libros por usted publicados que considere más importantes:

- Chitosan based polyelectrolyte complexes, C. Peniche, W. Argüelles-Monal, *Macromol. Symposia*, 168, 103-116 (2001)
- Cell supports of chitosan/hyaluronic acid and chondroitin sulphate systems. Morphology and biological behaviour, C. Peniche, M. Fernández, G. Rodríguez, J. Parra, J. Jiménez, A. López Bravo, D. Gómez, J. San Román, *J. Mater. Sci. Mater. Med.* 18(9), 1719-1726 (2007)
- Chitin and chitosan: major sources, properties and applications. C. Peniche, W. Argüelles-Monal, F.M. Goycoolea, En “*Monomers, polymers and composites from renewable*

*resources*”, M. Belgacem y A. Gandini, Eds, Elsevier, (2008).

- Chitosan nanoparticles: a contribution to nanomedicine, H. Peniche, C. Peniche, *Polym. Int.*, 60, 883–889 (2011)
- Self-assembled nanoparticles of modified-chitosan conjugates for the sustained release of DL- $\alpha$ -tocopherol, J. Pérez, K. Gothelf, J. Kjems, C. Yang, A. Heras, C. Schmidt, C. Peniche. *Carbohydrate Polymers*, 92, 856-864 (2013).

En este número de Encuentro con la Química rendimos tributo a dos profesoras de la Facultad de Química que contribuyeron a la formación de varias generaciones de químicos y que ya no se encuentran físicamente entre nosotros. Ambas dejaron su huella como docentes y todos los que fuimos sus estudiantes las recordamos con admiración y aprecio.

Con estos apuntes queremos dejar constancia del reconocimiento de la Sociedad Cubana de Química a estas dos notables profesoras. La Dra. Zaida Trimiño Ayllón y la Dra. Caridad Yolanda Ruiz Sastre.

La Dra. Zaida Trimiño Ayllón nació el 19 de noviembre de 1934 en la ciudad de Matanzas. Fue una estudiante destacada e ingresó a la Universidad en 1952. Fue dirigente de la Federación Estudiantil Universitaria como Presidenta de los estudiantes de la Facultad de Ciencias en la Universidad de la Habana, siendo el mejor expediente de su curso de la especialidad de Físico-Química.

Durante su vida estudiantil tuvo una participación activa en la lucha clandestina contra la tiranía batistiana y se unió al Directorio Revolucionario junto a José Antonio Echeverría; participó en los preparativos de las acciones del 13 de Marzo y entre otras.

Después de la Reforma Universitaria se incorporó al claustro de la antigua Escuela de Química en la cual desarrolló la disciplina Análisis Orgánico dirigiendo el colectivo y formando a nuevos docentes. Contribuyó a la introducción de la investigación científica junto con otros profesores de la Escuela de Química. Elaboró libros de texto para la enseñanza media y la universitaria.

Desarrolló su investigación en la temática de Productos Naturales, publicando varios artículos y dirigiendo a estudiantes de pre y postgrado, alcanzando el grado de Doctor en Química en la Universidad de Humboldt de Berlin.

Fue profesora Titular de la Facultad de Química de la Universidad de La Habana durante 34 años.

Participó en la fundación del PCC en la Facultad de Química y durante muchos años fue la Secretaria General.

Recibió importantes reconocimientos, entre ellos, las Medallas de la Lucha Clandestina, la Orden Ana Betancourt y la Orden Frank País, la medalla por el XX Aniversario del Granma y la Medalla José Antonio Echeverría, entre otras.

Se mantuvo activa en las filas del Partido, de la cual fue fundadora, y en la Asociación de Combatientes de la Revolución Cubana (ACRC) hasta su fallecimiento que ocurrió el 17 de noviembre de 2014.



**Dra. Zaida Trimiño Ayllón**

La Dra. Caridad Yolanda Ruiz Sastre, fue Profesora Auxiliar del Departamento de Química-Física de la Facultad de Química.

Graduada de Bachiller en Ciencias y Letras en el Instituto de Segunda Enseñanza de Holguín. En la década de los años 50 se graduó de Doctora en Ciencias Físico-Químicas en la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Habana.

Inmediatamente después de su graduación, prestó servicios como química en diferentes laboratorios relacionados con la industria.

Desde 1959 desarrolló actividades en el Ministerio de Educación como profesora de Química y como inspectora de Química y Física en los Institutos Tecnológicos de la Provincia de La Habana.

En 1960 ocupa una plaza como profesora interina en la Cátedra de Química General e Inorgánica de la UH.

En 1964 pasa a desarrollar sus actividades docentes en el Departamento de Química-Física de la entonces Escuela de Química, hoy Facultad de Química, donde fue profesora de la asignatura Termodinámica, en la Carrera de Química, así como en otras facultades, en una época en que solamente pocos profesores del período anterior permanecieron en su lugar.

Es coautora del libro "Termodinámica para Químicos" y desde los años '60, época en que el país estaba enfrascado en su desarrollo industrial, trabajó en el Grupo de Termodinámica de la Escuela de Química, en la determinación de propiedades físico-químicas de numerosos materiales de interés para nuestra joven industria nacional.

Fue profesora de Termodinámica de prácticamente todos los estudiantes que cursaron la Carrera de Química entre 1964 y 1992, año en que su salud la obligó a solicitar su jubilación.

Su actividad docente se caracterizó siempre por su calidad y exigencia en el trabajo, habiendo sido, durante casi toda su vida laboral el alma del laboratorio de Química-Física, que mantuvo en orden y en funcionamiento, junto al Dr. Antonio Alzola.

Como reconocimiento a su actividad educativa la FEU de la Facultad de Química le dedicó la Jornada Científica Estudiantil de mayo de 2013. Falleció en La Habana el 14 de febrero de 2015.



**Dra. Caridad Yolanda Ruiz Sastre**

Las fotos que aparecen en esta nota fueron cedidas por el Prof. Carlos Núñez.

# 50 Años dedicados a la docencia: Carlos A. Núñez Valdés

Nuestra  
Comunidad

Carlos A. Núñez Valdés, comenzó sus estudios en la antigua Escuela de Química en 1963. Cuando cursaba el segundo año de la carrera, y debido a la escasez de profesores es seleccionado entre el grupo de estudiantes de Licenciatura en Química para impartir la asignatura Química Inorgánica en la carrera de Ingeniería Química.

Es contratado como Instructor No Graduado el 30 de noviembre de 1964, pasando a formar parte de los docentes del Departamento de Química Inorgánica.



**Fig. 1** Carlos Núñez en 1964 cuando comenzó su trabajo como docente

Se graduó en 1968 y hasta el año 1970 desarrolló diferentes actividades en el Departamento de Química Inorgánica impartiendo clases de Química General y Química Inorgánica. A partir de 1970 desarrolla su labor en el Departamento de Química-Física, del cual es profesor titular desde 1976. En ese Departamento ha impartido varias asignaturas, entre ellas Termodinámica Química, Cinética Química, Química Física de Superficies y

Electroquímica a estudiantes de pregrado y Electroquímica en cursos de postgrado. Ha contribuido, además, a partir de la impartición de las clases prácticas de la asignatura Informática Química a que los estudiantes aprendan a confeccionar sitios web. Impartió también clases la Universidad de Luanda, R. P. Angola en las disciplinas de Química General y Química Física.



**Fig. 2** El Prof. Núñez durante su estancia en la Universidad de Luanda en Angola.

Ha ocupado diferentes responsabilidades docentes como por ejemplo, profesor principal de asignaturas, de la disciplina Química Física, y ha participado en varias comisiones como la comisión de planes de estudio, el consejo científico de la facultad, entre otros muchos.

Inicialmente sus investigaciones se centraron en aspectos de corrosión presentando en esta temática su tesis de maestría en 1970 y en electroquímica, obteniendo el grado de Dr. en Ciencias Químicas por la Universidad de La Habana en 1978 con la tesis *Cinética electroquímica del níquel en soluciones amoniacales*.

A partir de 2000 trabaja en la utilización de las TICs en la educación superior impartiendo además cursos de postgrado y dirigiendo a estudiantes.



**Fig 3.** Núñez exponiendo su tesis doctoral en 1998.

Ha publicado varios libros en la temática de Electroquímica, materiales docentes y artículos científicos en revistas nacionales y extranjeras. Además es autor de tres patentes.

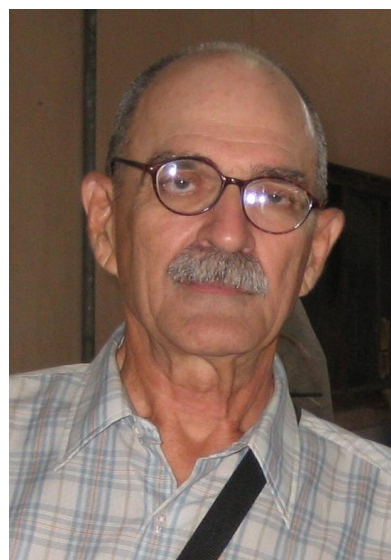
Ha efectuado visitas de trabajo a la Universidad Estatal de Moscú, la Universidad de Humboldt, de Berlín; el Instituto de Química Física de la Academia de Ciencias de Bulgaria; el Instituto de Química y Tecnología Química de la Academia de Ciencias de Lituania y el Laboratorio de Electroquímica de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

En 2013 es nombrado profesor Consultante de la Facultad de Química.



**Fig. 4.** Foto tomada frente al Aula Magna

Durante su trayectoria laboral ha recibido diferentes reconocimientos, entre los que se destacan el Sello “280 Aniversario de la UH”, la Distinción “Por la obra científica de la vida”, las medallas Medalla Frank País de Segundo y Primer Orden y recientemente, la Sociedad Cubana de Química le otorgó el Premio Nacional de Enseñanza de la Química. Además, en varias ocasiones ha recibido el Premio para un Maestro y el Premio Tiza de Oro que otorgan los estudiantes.



Con esta breve reseña hemos querido reconocer el trabajo que Núñez ha realizado durante estos 50 años ya que el pasado noviembre de 2014 cumplió sus bodas de oro con la docencia, lo cual fue reconocido por la facultad de Química en acto público realizado en el día del Educador.

Quizás omití algún detalle redactando estas notas, pero los más importantes han sido expuestos. Esperamos tener a Carlos Núñez entre nosotros por más tiempo, para que las nuevas generaciones se beneficien con su sapiencia y su maestría pedagógica.

Núñez, felicidades!!!

Margarita Suárez Navarro

Editora

## III Olimpiada Nacional Universitaria de Química 2014

Nuestra  
Comunidad

El pasado 25 de octubre de 2014 tuvo lugar la III Olimpiada Nacional Universitaria de Química con sedes en la Universidad de La Habana, el Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría, la Universidad Central de las Villas y la Universidad de Oriente.

En esta edición, por vez primera el temario combinó ejercicios de Química, Bioquímica e Ingeniería Química con el objetivo de vencer las fronteras cada día más difusas que existen entre estas disciplinas.

Se examinaron un total de trece estudiantes y en el acto de premiación de la Sociedad Cubana de Química en conmemoración al Día de la Ciencia se reconocieron los mejores resultados.

El primer y segundo lugar fueron declarados desiertos y se otorgó un tercer lugar compartido a Gabriel O. Acosta Pozo que cursa el tercer año en el Instituto Superior Politécnico José A. Echevarría y a Asiel Mena Jiménez, del quinto año de la Facultad de Química de Universidad de la Habana.

También se reconoció a los estudiantes Álvaro Lagar Sosa del primer año y a Reinaldo Martín Pardo del tercer año, ambos de la Facultad de Química de Universidad de la Habana.



Gabriel Acosta



Asiel Mena



Reinaldo Martín



Álvaro Lagar

# Concurso “*Diseño de un sistema de reacción que produzca químicamente los colores de la bandera cubana: azul, blanco y rojo*”

Nuestra  
Comunidad

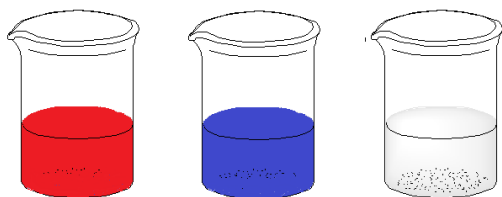
El Prof. Dr. Jorge Lodos Fernández propone el siguiente problema a resolver: “Diseño de un sistema de reacción que produzca químicamente los colores de la bandera cubana: azul, blanco y rojo”.

Este concurso se convoca con motivo de la realización del Congreso que la Sociedad Cubana de Química realizará el próximo mes de Octubre de 2015.

## Características del Concurso:

Tener tres vasos precipitados con igual cantidad de tres disoluciones transparentes de igual color que pueden tener diferente composición. En ningún caso los colores de estas tres disoluciones pueden ser rojo o azul, aunque si incoloro.

Tener un recipiente con una única solución transparente de cualquier color, excepto rojo y azul que, al ser añadida en igual cantidad a cada una de las soluciones de los tres vasos anteriores, convierte su color en rojo en una, azul en otra y blanco en la tercera, en todos los casos opacos.



Todos los socios de la Sociedad Cubana de Química podrán participar enviando la descripción del experimento propuesto a través de e-mail antes del 15 de Septiembre de 2015 a

la dirección: [msuarez@fq.uh.cu](mailto:msuarez@fq.uh.cu), indicando en el Asunto: Concurso SCQ, antes del 15 de septiembre de 2015.

Deben incluir además el nombre de los autores, su ubicación laboral, lugar de residencia y forma de contactarlos.

Un tribunal conformado por especialistas de alto nivel juzgará las propuestas recibidas y otorgará premios a las mejores soluciones. La decisión se dará a conocer en el marco del Congreso y será inapelable. Los criterios para la premiación serán:

- Vistosidad del experimento y de los colores obtenidos
- Originalidad
- Simpleza
- Costo
- Disponibilidad, toxicidad y peligro de las sustancias utilizadas.



Se otorgará un premio único que será la inscripción por un año a la Sociedad Cubana de Química. Además, se recomendará la experiencia para que sea implementada como práctica de laboratorio en el sistema nacional de educación.

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

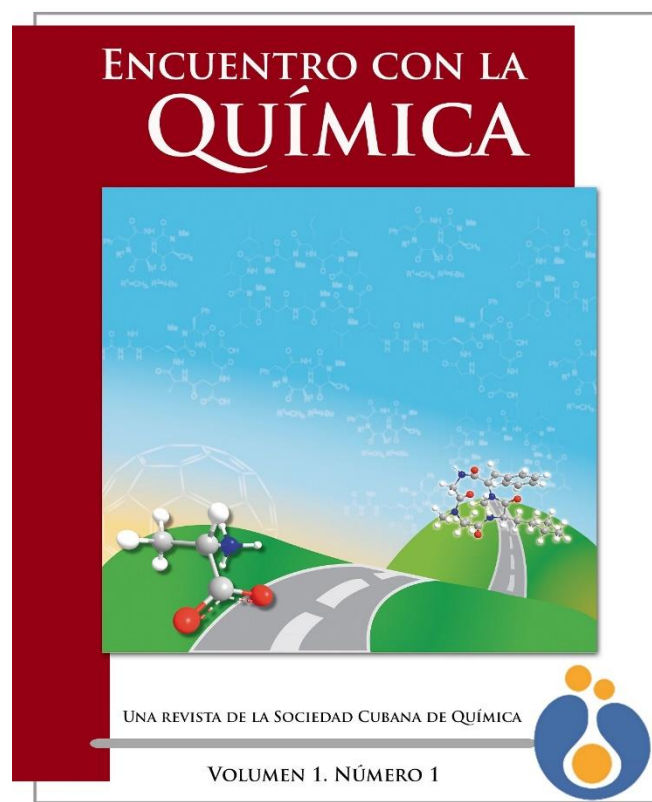
Su distribución es gratuita y su frecuencia es cuatrimestral.

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)

### Volumen 1. Número 1

Enero-Abril de 2015



### Volumen 1. Número 2

Mayo-Septiembre de 2015

