

ENCUENTRO CON LA QUÍMICA



UNA REVISTA DE LA SOCIEDAD CUBANA DE QUÍMICA

Volumen 4. Número 3. Año 2018



Encuentro con la Química

Volumen 4 - Número 3
Septiembre – Diciembre, 2018

PORTADA



Imágenes tomadas de
GuoGuiyan Wallpapers

Elaborada por:



Claudia Iriarte Mesa

GRUPO EDITORIAL

Editora:
Prof. Dra. Margarita
Suárez Navarro
msuarez@fq.uh.cu

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

Composición y producción:
MSc. Claudia Iriarte Mesa
ciriarte@fq.uh.cu

Editorial	1
Investigación Química	
<i>¿Es perjudicial para la salud que la población utilice los envases de PET como recipientes para el consumo de agua potable?</i> Ricardo Martínez Sánchez	2
<i>Plásticos biodegradables. Una vía para disminuir la contaminación ambiental</i> Néstor Fernández Fernández.....	7
<i>Simulaciones de Anclaje Molecular. Una herramienta útil y sencilla para el químico/biólogo</i> Elena Moreno Castillo	15
<i>Las algas marinas como una alternativa de biorremediación</i> Lázaro Adrián González Fernández y Juan Jesús Piña Leyte-Vidal.....	17
Enseñanza de la Química	
<i>Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 11: Los autores de un artículo científico</i> Manuel Álvarez Prieto.....	22
<i>E vs D: el reto de un nuevo plan de estudio</i> Marianela González Hernández.....	27
Historia de la Química	
<i>Un acercamiento a la Historia de la Química en Cuba a partir de 1959</i> Rebeca Vega Miche.....	33
<i>A 155 años de la fundación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Habana.</i> Rebeca Vega Miche.....	39
<i>Alfred Sklar, la Química Física y los Coloides</i> Rebeca Vega Miche.....	41
Tributo	
<i>Dr. Julio Cesar Llopiz Yurell</i> Rebeca Vega Miche.....	43
<i>Dr. Rigoberto Quintana González</i> José M. Nieto Villar.....	44
Noticias	
<i>Químicos del 290 Aniversario</i> Rebeca Vega Miche.....	45
<i>VII Congreso Internacional de Biomateriales, BIOMAT'2018 oportunidad para reconocer a profesores que colaboran con la Universidad de La Habana</i> José Ángel Delgado García-Menocal.....	48
Normas de publicación de la revista Encuentro con la Química	53

Editorial



Queridos amigos y colegas,

Cuando a comienzos del año 2015 apareció el primer número de la Revista *Encuentro con la Química*, de la Sociedad Cubana de Química, declaré que con ese acto comencé a materializar un sueño que tenía desde hace varios años y es de que existiera un material que divulgara la química que desarrollamos en Cuba.

El objetivo fundamental de esta publicación es que los químicos cubanos estemos más relacionados y conozcamos qué hacemos en todas las esferas de nuestra ciencia. *Encuentro con la Química* es una revista electrónica cuatrimestral, con difusión gratuita y en la que se publican artículos de calidad y de interés para los profesionales de la docencia, la investigación y la industria química de nuestro país.

Con el presente número estamos concluyendo una etapa de vida de la revista. Han sido cuatro años de trabajo e ilusión en los que he podido contactar y colaborar con muchos apasionados de la química y de la ciencia, interesados en su divulgación. Hubieramos deseado tener más presencia de contribuciones de otras provincias y de otras instituciones del país.

En este Editorial quiero agradecer a Aldrin Vazco Vidal, a Leonardo González Ceballos y a Claudia Iriarte Mesa por su valioso trabajo en la composición y producción, ya que ellos han sido los responsables, en cada momento, de la calidad y belleza de la presentación de la revista.

Agradezco a todos los autores de los trabajos que se han publicado durante estos

cuatro años, que han sido profesores e investigadores cubanos y extranjeros, así como estudiantes, a los cuales felicito por su interés en participar en esta tarea.

En este número aparecen como es habitual trabajos referidos a la investigación química, la enseñanza, la historia de la química y otros de divulgación que permiten conocer qué estamos haciendo los químicos al día de hoy.

A los lectores les invito, como es costumbre, a que envíen sus manuscritos para mantener la existencia de esta revista.

Me siento razonablemente satisfecha de la situación actual de esta publicación, pero creo que ha llegado el momento de emprender este trabajo con espíritu renovador.

Espero que disfruten con la lectura de esta revista. Hasta siempre,

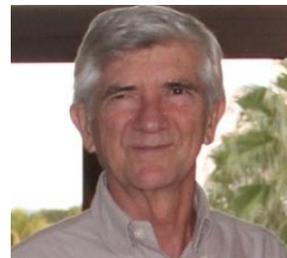
Margarita Suárez
Editora

¿Es perjudicial para la salud que la población utilice los envases de PET como recipientes para el consumo de agua potable?

Investigación
Química

Ricardo Martínez Sánchez

IMRE
Universidad de La Habana
ricardo@imre.uh.cu



El politereftalato de etileno (PET, por sus siglas en inglés) es el poliéster de mayor consumo a escala mundial. Salió al mercado en 1953 y se comercializa con distintas marcas como Dacron, Mylar, Terylene y Lavsan. Más del 60 % de su producción se usa en la fabricación de fibras con destino a la industria de tejidos, la salud y otros. Alrededor del 30 % del PET se emplea en la confección de contenedores para agua, refrescos, jugos, cervezas, vinos y bebidas alcohólicas. El uso seguro del PET para esos fines ha recibido por más de 30 años la aprobación de diferentes agencias reguladoras internacionales, entre ellas la europea y la U.S. Food and Drug Administration (FDA). El resto de la producción mundial del PET se usa principalmente en forma de películas, caracterizadas por su gran resistencia mecánica (Mylar, Melinex y Hostaphan).

En el caso de los contenedores de PET empleadas para envasar agua y refrescos la mayoría de los fabricantes recomiendan que se desechen y reciclen después de consumir su contenido. Ello no se debe a que la reutilización de los envases sea un riesgo para la salud sino a que obtienen mayores beneficios económicos si no establecen el sistema de recuperación de envases, limpieza y llenado. En cambio, algunos países europeos, como Alemania y Dinamarca, tienen la política de reutilizar las botellas de PET como una vía de protección del

medio ambiente¹ que sufre con la acumulación de los envases no degradables.

En la vida cotidiana es una práctica internacional que muchas personas reutilicen los envases vacíos para llevar consigo agua potable. Algunas fuentes no académicas han divulgado la opinión de que tal proceder es nocivo para la salud, pues afirman que el agua se contamina con sustancias químicas tóxicas, incluso carcinógenas, provenientes de los contenedores de PET.² La condena a la reutilización de las botellas de PET está relacionada con la tesis de maestría de una estudiante de la Universidad de Idaho,³ que no fue revisada por la FDA, ni publicada en una revista científica, y con la falsedad, divulgada en la web, de que la congelación del agua en los contenedores de PET producía dioxinas cancerígenas.⁴ C. Bach *et al.*⁵ publicaron un artículo con una revisión crítica de la información científica contradictoria sobre los compuestos químicos y los análisis toxicológicos del agua envasada en botellas de PET. Entre sus conclusiones se encuentra que se requiere una mayor cantidad de información comparable y confiable para decir que el uso del PET representa un riesgo para la salud.

La migración de componentes químicos provenientes del PET al agua, como los productos de la degradación del polímero, restos del catalizador y otros, se ha estudiado amplia y profundamente tanto para botellas

reutilizadas como obtenidas con PET reciclado.⁶

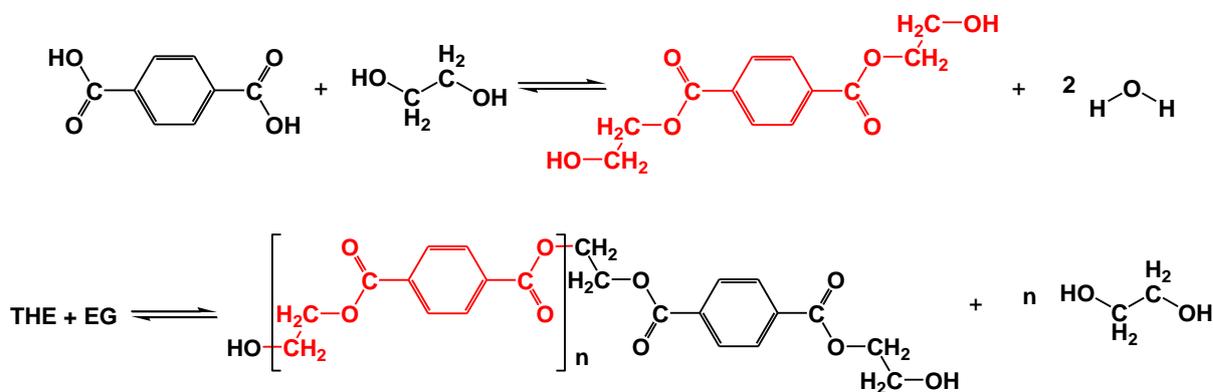
Puede afirmarse que llenar con agua potable los envases de PET y consumirla después no representa un riesgo para la salud por ingestión de productos químicos tóxicos. Si de algo hay que cuidarse cuando tomamos agua de una botella de PET reutilizada es de la falta de higiene. Los contenedores deben lavarse regularmente con detergente para eliminar la presencia de los microorganismos procedentes de nuestro cuerpo o del medio ambiente que pueden provocar alguna patología. Si se observa que los envases presentan daños físicos internos, como arañazos y grietas, deben desecharse porque son propicios para el crecimiento de las bacterias.

Tres aspectos importantes para juzgar el riesgo que pueda representar para la salud la reutilización de las botellas de PET son:

1. La presencia de compuestos químicos en el agua contenida en las botellas de PET.

Los análisis de la calidad del agua envasada en las botellas de PET muestran la presencia de contaminantes en cantidades por debajo del límite de toxicidad. El origen de esas sustancias se encuentra en la producción del polímero, la fabricación del envase y el proceso industrial de su llenado.

Existen dos procesos para la obtención del PET. El más empleado en la actualidad parte de la reacción entre 240 °C y 260 °C del ácido tereftálico (AT) puro con un exceso de etilenglicol (EG) para obtener el tereftalato de 2-hidroxietilo⁷ (THE). En una segunda etapa el THE reacciona con el EG entre 270 °C y 280 °C en presencia de un catalizador inorgánico como Ti, Sn, Sb, Mn o Pb. El más empleado es trióxido de antimonio (Sb₂O₃):



El polímero obtenido contiene como impurezas residuos de los monómeros y el catalizador, los cuales no afectan la salud. La difusión de los monómeros al agua envasada en las botellas de PET es despreciable. El catalizador se encuentra en el polímero en una cantidad de 170-300 mg/Kg. Sin embargo, sólo una pequeña fracción migra hacia el agua, por debajo de los límites aceptados por las agencias reguladoras (0.04 mg/kg).⁵

El polímero empleado para conformar los contenedores tiene una M_n promedio de 22 000

a 40 000 Da/mol y no requiere de la presencia de aditivos para su procesamiento. Estos envases se producen en dos pasos, que se ilustran en la figura 1. En el primero las granzas de PET se llevan a una inyectora donde se producen unas preformas, conocidas como *parison*. Durante la inyección el polímero alcanza de 290 °C a 315 °C. En el segundo paso se conforma el envase a partir de la preforma mediante el moldeo por soplado, donde el molde se mantiene entre 90 °C y 100 °C.



Figura 1. Etapas de la producción de los envases de PET.

La elevada temperatura a la que se somete el polímero durante el proceso de inyección, unido a la presencia de humedad y oxígeno, provoca reacciones de degradación y descomposición que producen oligómeros, dietilenglicol, CO y compuestos orgánicos volátiles, de los cuales los más abundantes son el formaldehído y el acetaldehído.⁷ Así, cuando un envase va a la línea de llenado, ya el polímero contiene cantidades pequeñas de Sb_2O_3 , formaldehído y acetaldehído.

Además de las impurezas mencionadas, los líquidos envasados contienen otras sustancias como como ftalatos, fenoles alquílicos, antioxidantes, estabilizadores UV y lubricantes. Estos últimos se han encontrado también en el agua envasada en contenedores de vidrio y por eso no se atribuyen al PET, sino a otras fuentes como las tapas de los envases, las tuberías de transporte, los agentes de desinfección, la contaminación de fondo en los métodos analíticos y el proceso de embotellado en sí mismo e incluso a la contaminación ambiental.⁵

2. El rebase industrial de las botellas de PET.

Después del consumo de su contenido los envases de PET pueden seguir dos caminos: el de engrosar el cúmulo de los residuos de plástico que dañan el medio ambiente o el del reciclado. Entre las posibilidades de este último se encuentran la producción de nuevas botellas a partir del PET recuperado por un proceso sofisticado (*super-clean*) que se inicia como un reciclado normal y continua con una

reextrusión, una policondensación en estado sólido y la obtención de las granzas de PET cristalino.⁸

Otra acción en favor de la protección del medio ambiente es el rebase de los contenedores de PET, que es popular en Europa. El proceso está totalmente automatizado desde la recolección de los envases, que se realiza en los establecimientos que las expenden llenas u otros puntos de distribución. En la industria los contenedores se lavan, se comprueba la eliminación de contaminantes con un detector electrónico (*sniffer*) y se llenan nuevamente en la planta. La principal dificultad del proceso es el mal uso de las botellas por el consumidor (llenarlas con insecticidas, bebidas de muy fuerte olor, etc).⁹

Al reutilizar una botella se debe tener en cuenta que el polímero actúa como un adsorbente y se establece el equilibrio adsorción-desorción con el líquido que contiene. Si originalmente el envase contenía un refresco, al vaciarse el contenedor el polímero mantiene adsorbido pequeñas cantidades de los solutos. Si el envase no se lava cuidadosamente, se produce la desorción de los solutos después de llenarlo, lo que se detecta por el sabor que le imparte al agua sin causar daños a la salud. Sin embargo, si el envase se usa una vez para almacenar algún producto tóxico, ya no se podrá reutilizar para el consumo de agua potable.

3. La reutilización de las botellas en la desinfección solar del agua para el consumo humano.

Más del 11 % de la población mundial no tiene acceso a fuentes seguras de consumo de agua potable lo que ocasiona diversas enfermedades contagiosas, algunas mortales, en países subdesarrollados. Una vía para aliviar este problema es la desinfección solar del agua (SODIS, acrónimo inglés), que consiste en exponer al sol el agua contenida en botellas de vidrio o plástico por 6 – 48 horas en dependencia de la intensidad del sol y la sensibilidad de los agentes patógenos (ver figura 2). En la actualidad los contenedores de vidrio se usan poco, debido a su fragilidad, mientras que las de PET están muy difundidas al combinar su resistencia mecánica y la abundancia de los recipientes que pueden reutilizarse. La acción germicida es la combinación del calor y la luz UV. McGuigan et al.¹⁰ publicaron una revisión que muestra las ventajas y dificultades del uso del SODIS.

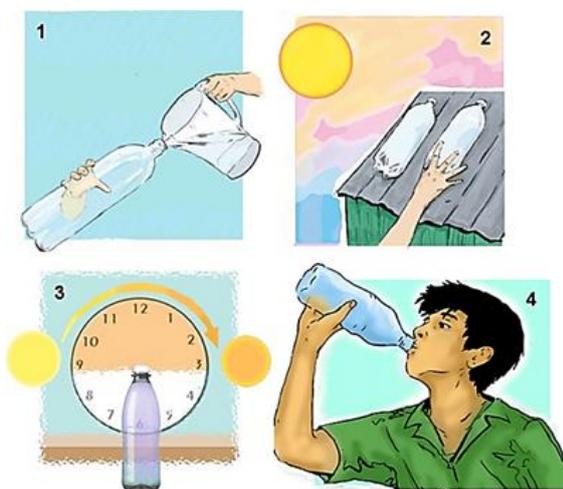


Figura 2. Esquema del método de desinfección solar del agua (tomado de McGuigan et al.¹⁰).

La figura 3 ilustra el uso del SODIS en más de 50 países de África, Asia y América Latina por más de 5 millones de personas.



Figura 3. Distribución mundial de la utilización del método de desinfección solar del agua (tomado de McGuigan et al.¹⁰).

A modo de conclusión.

El uso del PET para contenedores de agua y otras bebidas cuenta con el aval de las agencias reguladoras internacionales.

Los contenedores de PET se pueden reutilizar con seguridad para almacenar y consumir agua potable si se conoce que sólo contuvieron la bebida original y agua. Un requisito indispensable para reutilizar los contenedores es mantener su limpieza con detergente y desecharlas si se producen arañazos o grietas en su interior para así evitar el desarrollo de hongos y bacterias.

Internacionalmente se practica el reenvasado de los contenedores. En países desarrollados se puede consumir el agua envasada industrialmente en botellas que pasaron por un proceso de recogida, limpieza y reenvase. En países pobres donde la contaminación del agua afecta a su población, los contenedores de PET se reenvasan múltiples veces para emplearse en el proceso de la desinfección solar del agua y contribuir a mejorar la calidad de vida de esos pueblos.

Bibliografía

1. http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/packaging/reuse_country_reports.pdf.
2. https://www.hopkinsmedicine.org/kimmel_cancer_center/news_events/spanish_email_hoax.html.
3. Lilya, D. Analysis and risk assessment of organic chemical migration from reused PET plastic bottles. M.Sc., University of Idaho, Moscow., 2001.

4. <http://www.cordobatimes.com/sociales/2013/12/12/congelar-agua-en-botellas-pet-podria-causar-cancer/>

5. Bach, C.; Dauchy, X.; Chagnon, M.-C.; Etienne, S., Chemical compounds and toxicological assessments of drinking water stored in polyethylene terephthalate (PET) bottles: a source of controversy reviewed. *Water research* **2012**, *46* (3), 571-583.

6. Schmid, P.; Kohler, M.; Meierhofer, R.; Luzi, S.; Wegelin, M., Does the reuse of PET bottles during solar water disinfection pose a health risk due to the migration of plasticisers and other chemicals into the water? *Water Research* **2008**, *42* (20), 5054-5060.

7. Mihucz, V. G.; Zárny, G., Occurrence of antimony and phthalate esters in polyethylene terephthalate bottled drinking water. *Applied Spectroscopy Reviews* **2016**, *51* (3), 163-189.

8. Welle, F., Twenty years of PET bottle to bottle recycling—an overview. *Resources, Conservation and Recycling* **2011**, *55* (11), 865-875.

9. <http://refillables.grn.org/content/western-europes-experience-refillable-beverage-containers>.

10. McGuigan, K. G.; Conroy, R. M.; Mosler, H.-J.; Preez, M. d.; Ubomba-Jaswa, E.; Fernandez-Ibañez, P., Solar water disinfection (SODIS): A review from bench-top to roof-top. *Journal of Hazardous Materials* **2012**, *235-236*, 29-46.

Plásticos biodegradables. Una vía para disminuir la contaminación ambiental

Investigación
Química

Néstor Fernández Fernández

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



INTRODUCCIÓN

El siglo XX trajo al mundo la invención, producción y utilización de los llamados materiales plásticos. La denominación “plástico” es a causa de una de sus propiedades que permite moldearlo y conformarlo a voluntad. Desde el punto de vista químico son polímeros formados por reacciones que unen moléculas pequeñas, llamadas monómeros, formando agregados de alta masa molecular. Los materiales plásticos satisfacen las demandas de una gran variedad de usos, dando lugar a una vasta y rentable industria, alcanzando un papel determinante en el mejoramiento de las condiciones de vida del hombre y contribuyendo al acelerado crecimiento de la ciencia y la tecnología.

En 1909 Baekeland obtuvo la primera resina fenólica sintética, la llamada baquelita. Le siguieron pocos años después las resinas anilina-formaldehído, urea-formaldehído y melamina-formaldehído. En la década de 1930 todas ellas tenían un amplio y lucrativo empleo comercial.¹ Especialmente a partir de la mitad de la pasada centuria, la producción y utilización de una gran variedad de materiales plásticos se volvió masiva. Mientras que en 1950 la producción mundial fue de alrededor de 5 millones de toneladas, este volumen fue en ascenso vertiginoso y alcanzó en 2015 la cifra de 299 millones de toneladas.² Se estima que seguirá

creciendo en un 4% anualmente, duplicándose en los próximos 20 años. La fuente de materia prima para la elaboración actual de los plásticos es el petróleo, y constituye una importante rama de la industria petroquímica moderna. Pero el petróleo es una materia prima no renovable y se pronostica que su agotamiento se alcance en el futuro.

El éxito de los plásticos en el ámbito social y económico se debe a sus ventajosas propiedades. La mayoría de los plásticos actuales son fáciles de trabajar y moldear, tienen un bajo costo de producción, poseen baja densidad, suelen ser impermeables, buenos aislantes eléctricos, acústicos y térmicos y son resistentes a la corrosión y a muchos factores químicos y biológicos. Estos materiales pueden sustituir casi a cualquier material tradicional y reúnen cualidades desconocidas en las sustancias naturales.

Sin embargo, muchas de las ventajas de los productos plásticos se convierten en una desventaja en el momento de desecharlos y de este modo, surge el problema de la contaminación ambiental asociado con los desechos plásticos. Las características moleculares del plástico contribuyen a que presenten una gran resistencia a la degradación ambiental y a la biodegradación. La radiación UV del sol es la única forma de degradación natural que hace sentir sus efectos en el plástico, pero a muy largo plazo, destruyendo los enlaces

poliméricos y tornándolo frágil y quebradizo. Por ejemplo, el muy difundido polietileno, podría tardar 400 años en el entorno antes de su desintegración total.³

Por otra parte, desechar los plásticos después de un primer uso es un despilfarro económico. Del plástico usado mundialmente en empaquetamiento y envases se desecha el 95%, lo que equivale a 80 000-120 000 millones de dólares anuales. El 32% de este plástico escapa a los sistemas de recolección, daña los sistemas naturales y obstruye las infraestructuras urbanas. El costo de estos efectos sumado al costo asociado con la emisión de gases de efecto invernadero durante el proceso de producción original se estima en 40 000 millones de dólares anuales.⁴

El impacto ambiental de los desechos plásticos es especialmente grave para los mares y océanos. Por su baja densidad los plásticos son fácilmente dispersados por las corrientes marinas y el viento y pueden viajar miles de kilómetros desde sus fuentes originales. Como resultado, los desechos plásticos son contaminantes presentes aún en las más remotas áreas del mundo.⁵ Desde el inicio del presente siglo se ha incrementado la atención a este fenómeno nocivo tras el alarmante reporte de las “islas de basura”⁶ y la creciente apreciación de las muy pequeñas partículas (<0.5 mm), denominadas “microplásticos”, detectadas en los mares en muchas zonas geográficas y de potencial impacto negativo en la salud de los ecosistemas marinos.⁷ Las vías actuales para enfrentar el efecto contaminante de los plásticos no son del todo válidas para el entorno marino, el tema merece un capítulo aparte y constituye un reto de cara al futuro.

Las tendencias mundiales en nuestros días para enfrentar la contaminación causada por plásticos son el reciclado, la destrucción térmica y el desarrollo de plásticos biodegradables. El reciclado está limitado por la necesidad de clasificación, limpieza, transportación y procesamiento de los residuos y solamente resulta rentable en algunas

circunstancias. La destrucción por combustión produce gases tóxicos o contaminantes causantes de lluvias ácidas y efecto de invernadero. La sustitución con materiales plásticos biodegradables sería un buen remedio, pero aún está apenas en sus inicios.

Actualmente, la producción global de plásticos a partir de petróleo constituye el 90% del total, en tanto el reciclado es tan solo del 9%. Los plásticos biodegradables ocupan solamente el 1% y constituyen una dirección principal en la comunidad científica y de la industria química en todo el mundo.⁴

Las investigaciones y los reportes sobre el tema son de vasta amplitud y en este artículo se recogen solamente unos pocos aspectos que aunque en un limitado espacio ofrecen una panorámica de cómo la ciencia y la tecnología, las mismas que causan el conflicto ambiental, se disponen a buscar soluciones. Al mismo tiempo autoridades de gobiernos y de grupos ecologistas proponen y aprueban proyectos de leyes con relación al uso de los plásticos y a los medios para su desecho. Como en otros casos de amenazas globales al ambiente, la comunidad mundial va tomando conciencia de la necesidad de prestarle atención al asunto y de encontrar vías para aliviar la situación y los daños que produce.

Plásticos biodegradables

Se considera que un plástico es biodegradable cuando es desintegrado o reducido a pequeñas partículas o moléculas por organismos, de tal manera que el carbono que contienen retorne finalmente a la biosfera.⁸ Dichos plásticos sufren un cambio significativo en su estructura química bajo condiciones ambientales. La degradación es resultado de la acción enzimática de microorganismos que se encuentran en la naturaleza tales como bacterias, hongos y actinomicetos.⁹ La degradación aeróbica conduce a la formación de dióxido de carbono y agua, en tanto que en condiciones anaeróbicas los productos finales

son metano y agua.¹⁰ Simultáneamente se produce una biomasa ecológica que se incorpora al ambiente o que pudiera ser aprovechable para distintos fines. El término biodegradable debe manejarse con cautela. Existen esquemas y normas para certificar que un material se biodegrada en un entorno específico en un tiempo dado. Sin embargo, esto no significa que ese material se biodegrada en otro entorno con la misma escala de tiempo.

Hay dos tipos de plásticos biodegradables. Los primeros se obtienen de fuentes no renovables, incluyendo el petróleo. Ejemplos de ellos son la policaprolactona, algunos poliésteres alifáticos y el politereftalato de metileno. Los segundos son más beneficiosos, los llamados comúnmente bioplásticos, que se producen a partir de materias primas renovables y desde este punto de vista son más ventajosos. Entre ellos se cuentan los derivados de polisacáridos como el almidón y la celulosa, los obtenidos a partir de biomonomeros como el ácido poliláctico y los que se producen con técnicas de biotecnología a partir de cepas de bacterias llamados polihidroxialcanoatos (PHA).¹¹

Los plásticos biodegradables han encontrado aplicación en múltiples campos.¹² En medicina se emplean en drogas de liberación controlada y en suturas quirúrgicas absorbibles que evitan el procedimiento posterior de remoción. En la agricultura se emplean láminas de estos materiales para cubrir el surco alrededor de las plantas y al arar la tierra para la siguiente cosecha se incorporan sin dañar el suelo. En el campo de los empaques se producen bolsitas solubles en agua que contiene detergentes en su interior para su empleo en lavadoras de platos y de ropas. Incluso se fabrican plásticos comestibles para envasar condimentos que se añaden sin desempacar durante la cocción y bolsitas solubles de café, té, chocolate y otras bebidas que se disuelven en el agua de preparación.

Bioplásticos derivados del almidón

Los bioplásticos basados en almidón se pueden producir por modificación de esta sustancia. Se obtienen también buenos resultados mezclando almidón con polímeros sintéticos tradicionales. Las propiedades de estas mezclas pueden ser reguladas eficientemente mediante la variación de las composiciones.¹³ El carácter biodegradable de dichas combinaciones es muy superior a la de los polímeros sintéticos en la mezcla. Con 10% de almidón en el polietileno, la degradación completa se alcanza en menos de 20 años. En la actualidad los bioplásticos a base de almidón resultan la mayor parte del mercado de plásticos biodegradables con un 43% del total.¹¹ En la preparación de plásticos biodegradables se ha empleado almidón obtenido de papa,¹⁴ yuca,¹⁵ malanga,¹⁶ semillas de aguacate,¹⁷ maíz, trigo y otros.

Por sí mismo, el almidón no forma plásticos resistentes. Con la adición de ciertas sustancias como la glicerina se logra un producto final con características elásticas, permitiendo su maleabilidad. El almidón también puede ser modificado por reacción de los grupos hidroxilo libres y por ejemplo, la reacción con el ácido acético forma ésteres y permite modificar la naturaleza hidrofílica y obtener cambios significativos en las propiedades mecánicas y térmicas.¹⁶

Otras formulaciones ensayadas emplean fórmulas con distintas proporciones de almidón de papa, maíz y yuca, alcohol polivinílico, glicerina e hidroxietilcelulosa. Con ello se obtienen películas con buena elongación y resistencia a la tracción.¹⁴

Se han estudiado muchas mezclas de almidón con otros productos naturales, como quitina y pectina y con materiales plásticos tradicionales como el polietileno y el copolímero etileno-ácido acrílico. De esta forma se obtienen películas que, aunque con propiedades mecánicas inferiores a las de los sintéticos, muestran muy buen grado de

degradación tanto en laboratorio como en ecosistemas naturales.³

Aunque se consideran y se aprecian como biodegradables, las mezclas de almidón y de plásticos sintéticos convencionales son sólo parcialmente degradables. Los microorganismos del suelo degradan el almidón fácilmente, rompiendo así la matriz polimérica y reduciendo significativamente el tiempo de degradación. Sin embargo, en este tipo de plástico los compuestos que quedan después de la degradación del almidón son persistentes y permanecen en el medio ambiente durante un largo periodo de tiempo.¹⁸

Hay que decir que la producción de bioplásticos a escala masiva y a partir de fuentes alimentarias para la sustitución de plásticos derivados de la petroquímica, entraña una amenaza para la disponibilidad de cultivos destinados para alimentos tradicionales como el trigo, la papa, yuca, etc. Por otra parte, disponer de tierras para estos cultivos con propósitos industriales obligaría a destruir grandes extensiones de ecosistemas vírgenes, lo que acarrearía serios problemas de deforestación con las consabidas consecuencias para el clima global. Este tema debe ser tratado con toda cautela y responsabilidad por la ciencia y la política en el futuro.

Bioplásticos derivados de celulosa

La celulosa es un polisacárido que es el principal constituyente de la pared celular de todas las células de las plantas. Por tal motivo es una materia prima conveniente para bioplásticos porque puede ser obtenida a partir de residuos de cosecha como son las cáscaras de trigo, maíz, arroz, también de la industria de la madera como cortezas, aserrín y virutas y de otras fuentes naturales y renovables. La celulosa y sus derivados han tenido, ya por largo tiempo, múltiples aplicaciones industriales como la producción de fibras textiles (Rayon), películas (Celofan), papel, vidrios de seguridad, explosivos y otros.

Muchos son los reportes de investigaciones del empleo de la celulosa y derivados de ella en la preparación de bioplásticos. Los siguientes son algunos ejemplos.

Los residuos industriales de naranjas dulces contienen celulosa, pectina y hemicelulosa, Dichos residuos lavados, secados y molidos se pueden convertir mediante hidrólisis y en presencia de glicerina como plastificante, en biopelículas cuyas características son similares a las de algunos polímeros comerciales empleados en envolturas de alimentos. Las películas del biopolímero se degradan un 90% al cabo de 15 días en condiciones anaeróbicas.¹⁹

En un proceso parcialmente biotecnológico, la celulosa se trata previamente para entonces mezclarla con un polímero tradicional. El tratamiento de la celulosa es de tipo fermentativo con cepas bacterianas selectas y produce un material que copolimeriza con el polietileno en proporción de hasta un 50%. Con este material se producen pellets que pueden transformarse en láminas y moldearse por inyección en los equipos industriales habituales. Un ejemplo es la fabricación de bolsas biodegradables para desechos y de recipientes cubetas para envasar líquidos.¹⁰

La celulosa se transforma en un hidrogel mediante tratamiento con hidróxido de sodio y urea en medio acuoso. El proceso posterior del hidrogel produce un bioplástico transparente, con propiedades físico-mecánicas similares a las de algunos plásticos comunes para empaquetamiento. El material se degrada ecológicamente.²⁰

La producción de aceite de palma deja como residuo racimos secos que contienen 40% de celulosa, 20% de hemicelulosa y 23 % de lignina. Los residuos son tratados con hidróxido de sodio en caliente y a presión y luego blanqueados, lavados y oxidados con peróxido de hidrógeno para reducir la cristalinidad. La pulpa de celulosa así obtenida, se mezcla entonces en caliente con almidón de yuca y glicerina y se deja enfriar. Se obtienen películas transparentes

con buenas propiedades mecánicas que se degradan sin daño al entorno.²¹

La nanotecnología también está presente en el desarrollo de bioplásticos basados en celulosa. En este ejemplo, se parte de cáscaras de banana como fuente de celulosa. Las cáscaras después de licuadas se tratan a 150°C a presión y se hidroliza con ácido clorhídrico con lo que se obtienen nanopartículas de celulosa de 20 nm. A estas nanopartículas se añaden aditivos de función plastificante, cloruro de polivinilo, y almidón y se moldea con la forma de un parachoques de automóvil. Tras varias pruebas comparativas con el parachoques típico, que incluyen resistencia a impacto, perforación, humedad, recubrimiento con pintura y otras, el componente bioplástico resultó de iguales características que el típico de polímero sintético.²²

Biopolímeros a partir de microorganismos.

Una alternativa que ha recibido la principal atención para remplazar los plásticos derivados del petróleo es la producción biotecnológica de polihidroxialcanoatos (PHA). Estos son producidos por numerosos tipos de bacterias que los acumulan intracelularmente como material de reserva de carbono, energía y poder reductor. Son producidos completamente por procesos biológicos. Todo el proceso de biosíntesis, tanto la producción de monómeros como la polimerización, se produce en el interior de las células microbianas. La polimerización se produce por reacción de la función ácido carboxílico de un monómero de ácido hidroxialcanoico con la función hidroxilo del monómero siguiente, formando un enlace tipo éster. Los organismos capaces de sintetizar PHAs son al mismo tiempo capaces de degradarlos. En el interior de las células existen enzimas polimerasas y despolimerasas, dando lugar así a un ciclo metabólico natural de PHA.

Las propiedades de los bioplásticos PHA de cadena lateral media son semejantes a las del polipropileno comercial, por lo que puede

competir con los polímeros hechos a base de petróleo. Sin embargo, estos materiales son 100% biodegradables²³ por una amplia variedad de microorganismos existentes en muchos ecosistemas, tanto en condiciones aeróbicas como anaeróbicas y sin formar productos tóxicos.²⁴ El polipropileno se descompone completamente en aproximadamente 500 años²⁵, pero culminado este tiempo aún pueden existir “microplásticos”, partículas tan reducidas que a simple vista no se pueden ver, pero pueden alterar el ecosistema. Por el contrario, un HPA se descompone en cuestión de semanas.

La producción de HPA es compleja y costosa. En un proceso de fermentación se produce el crecimiento de la biomasa que sintetiza y acumula el polímero. Posteriormente, se extrae y recupera el polímero de las células, y finalmente se lleva a cabo la purificación del mismo. La estrategia de alimentación de la biomasa es muy importante para obtener una alta densidad celular y una alta producción de PHA. Para la síntesis de PHA a las bacterias se les limita un nutriente esencial como nitrógeno, fósforo, azufre, magnesio u oxígeno, y se le suministra un exceso de la fuente de carbono en el sustrato. El agotamiento del nutriente actúa como desencadenante para el cambio metabólico hacia la biosíntesis de PHA. Sin embargo, el defecto nutricional reduce el desarrollo de la biomasa bacteriana y es una limitante para la producción. Otras bacterias no requieren la limitación de nutrientes y producen HPA de manera continua, pero la proporción del biopolímero en relación a la biomasa es baja. Esta dicotomía del proceso ha conducido a diferentes métodos y materiales y constituyen uno de los campos actuales en la investigación biotecnológica del tema.²⁶

La elección del sustrato para el desarrollo bacteriano ha sido muy variada, buscando sobre todo rentabilidad por reducción de costos. Se han utilizado subproductos industriales, residuos agrícolas y domésticos, materias

lignocelulósicas, grasas y aceites, glicerina, azúcares y aguas residuales.²⁷

La compañía británica Imperial Chemical Industries (ICI) fue la primera en 1982 que desarrolló la producción y comercializó un poliéster PHA termoplástico completamente biodegradable, el copolímero poli(3-hidroxibutirato-co-3-hidroxivalerato), con la marca *Biopol* (28). Para ello usó la bacteria *Wautersia eutropha* empleando un proceso de fermentación. El *Biopol* cuenta con una amplia gama de aplicaciones que van desde objetos desechables de uso cotidiano, hasta productos médicos. Posteriormente, Metabolix inició la producción de diversos PHA de bacterias y plantas transgénicas, al igual que la empresa japonesa Kaneka Corporation, que desarrolló estos plásticos con el nombre de Nodax (29). Hasta el presente ha continuado creciendo tanto el volumen como la variedad de PHA que se producen.

Inicialmente las aplicaciones de los PHA fueran orientadas a sustituir a los plásticos derivados del petróleo como materiales de empaque y como revestimiento. Posteriormente, se diversificó su empleo en aplicaciones de alto valor económico, lo que los hace rentables. Actualmente, se usan en la agricultura para macetas biodegradables, tubos de irrigación y matrices para la liberación controlada de factores de crecimiento, fertilizantes, pesticidas y plaguicidas. También han encontrado una amplia aplicación en medicina por ser biocompatibles. Se emplean para la liberación controlada de fármacos y hormonas, en ingeniería de tejidos, materiales de osteosíntesis para la estimulación del crecimiento óseo o de fijación para la formación de hueso, en el tratamiento dental, maxilofacial y en fracturas óseas en forma de placas. También son ampliamente utilizados como suturas quirúrgicas, apósitos para heridas y conductos nerviosos artificiales. La mayor contribución a la medicina ha sido en el área cardiovascular en forma de parches de reparación del pericardio y del tabique

auricular, injertos vasculares, stents cardiovasculares y válvulas cardíacas.

CONCLUSIONES

La masiva producción, uso y desecho inadecuado de materiales plásticos se ha convertido en una amenaza para el medio ambiente global. La larga vida de los plásticos sintéticos en el entorno, que alcanza varios cientos de años, constituye otra preocupación adicional y creciente por el futuro del planeta. Por otra parte, el petróleo, que es la materia prima tradicional de la producción de plásticos, es un recurso agotable y esto repercutirá necesariamente en el precio de este producto. Una solución está basada en el empleo de fuentes renovables de materias primas, incluyendo los desechos de otras actividades productivas para producir los llamados bioplásticos. Estos además son en su mayoría sustancias biodegradables por la acción de microorganismos presentes en los ecosistemas y que los transforman en sustancias amigables con el medio ambiente. Los polisacáridos almidón y celulosa son en el presente la fuente principal de bioplásticos biodegradables, con la mayor presencia comercial en el mercado para este tipo de materiales. La producción biotecnológica de polihidroxialcanoatos, aunque limitada inicialmente por su alto costo, ha ido incrementando su presencia en aplicaciones de importancia especial y debe acrecentarse en el futuro a medida que su producción se haga más rentable.

La comunidad científica mundial, los gobiernos, organizaciones globales y las personas en general están tomando cada vez más conciencia de la necesidad de salvar el planeta y por lo tanto a la humanidad de las amenazas que el desarrollo tecnológico viene ocasionando. En los años por venir habrá que encontrar solución a la contaminación causada por los plásticos sin renunciar a los beneficios que estos materiales ofrecen a la sociedad.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-S. García, *Revista Iberoamericana de Polímeros*, **2009**, *10*, 71-80.
- 2.Plastics Europe. **2015**.
<http://www.plasticseurope.fr/Document/>
- 3.- K. Arevalo, Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo, Tesis Doctoral en Biotecnología, Monterrey. N.L. México. **1996**
- 4.- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company, *The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics*. **2016**,
<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>).
- 5.- D. Barnes, F. Galgani, R. Thompson, M. Barlaz, *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, **1998**, *364*, 985.
- 6.- E. Moore, S. Lyday, J. Roletto, K. Litle, J. K. Parrish, H. Nevins, *Marine Pollution Bulletin*, **2009**, *58*, 1045–1051.
- 7.- R. C. Thompson, Y. Olsen, R. P. Mitchell, A. Davis, S. J. Rowland, A. John *Science*, **2004**, *304*, 838.
- 8.- S. H. Gordon, S. H. Imam, R.V. Greene. Starch-Based Plastic (Measurement of Biodegradability). En: *Polymeric Materials Encyclopedia*. Joseph C. Salamone (ed). CRC Press, Die. Boca Raton, Florida. 10: 7885-7892, **1996**.
- 9.- R. Narayan, **1991**, Cap. 1. Development of Standards for Degradable Plastics by ASTM Subcommittee D-20.96 on Environmentally Degradable Plastics. En: *Biodegradable Polymers and Plastics*. ACS Symposium Series No. 575, American Chemical Society, pp. 176-187.
- 10.- M. Lopretti, Plásticos biodegradables una oportunidad de Mercado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional, Uruguay, **2017**.
- 11.- Proyecto de Análisis de Bioplásticos, Catedra ECOEMBES de Medio Ambiente, Ecoembalajes de España, Universidad Politécnica de Madrid, España, **2009**.
- 12.- A. Rodríguez, *Ciencia y Tecnología de alimentos*, **2012**, *22*, 69-72.
- 13.- D. Marjadi, N. Dharaiya, *Search and Research*, **2011**, *2*, 159-163.
- 14.- H. Alarcón, E. Arroyo, *TECNIA* **2014**, *24* (1).
- 15.- J. A. Durán, M. Morales, R. Yusti, *Revista Científica Guillermo de Ockham*, **2005**, Vol 3 No 2.
- 16.- A. Rosales, Tesis de Licenciatura en Química Industrial, Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación, Managua, Nicaragua, **2016**.
17. Maulida Lubis, Mara Bangun Harahap, Muhammad Hendra S. Ginting, Mora Sartika, Hidayatul Azmi, *Journal of Engineering Science and Technology*, **2018**, *13*, 381 – 393
- 18.- S. Khanna, A. Srivastava, *Process Biochem.* **2005**, *40*, 607-619.
- 19.- V. Bátori, M. Jabbari, D. Åkesson, P, R. Lennartsson, J. Taherzadeh, A. Zamani, *International Journal of Polymer Science*, Article ID 9732329, **2017**.
- 20.- W. Qiyang, C. Jie, L. Zhang, M. Xu, H. Cheng, Charles C. Han, S. Kuga, J. Xiao, R. Xiao, *Journal of Materials Chemistry A*, **2013**, *22*.
- 21.- A Cifriadi, T Panji, Nendyo A Wibowo and K Syamsu, Bioplastic production from cellulose of oil palm empty fruit bunch, IOP Conference Series Earth and Environmental Science, **2017**.
22. A.B.M. Sharif Hossain, Nasir A. Ibrahim, Mohammed Saad Al Eissa, Nano-cellulose derived bioplastic biomaterial data fo vehicle bio-bumper from banana peel, waste biomass, Data in Brief, Available online 25 May **2016**.
- 23.- L. Álvarez da Silva, Bioplásticos: obtención y aplicaciones de polihidroxialcanoatos, Universidad de Sevilla , Facultad de Farmacia. Grado en Farmacia, Trabajo Fin de Grado, **2016**.

- 24.- Y. González, J. Contreras, O. González, J. Córdova, *Rev. Int. Contam. Ambiental.* **2013**, 29, 77-115.
- 25.- C. Vidal, I. Jara, **2008**. *Degradación del plástico [blog sobre medio ambiente y ecología]*. <http://www.ecoclimatico.com/archivos/degradacion-del-plastico-137>
- 26.- A. Gandini, M. Belgacem. *Handbook of biopolymers and biodegradable plastics, science direct* **2013**, pp. 71-86. EE.UU. Elsevier.
- 27.- A. Anjum, M. Zuber, A. Zia, Noreen, M. Anjum, S. Tabasum, *Int. J. Biol. Macromol.* **2016**, 89, 161-174.
- 28.- M. Malagón, S. López, Á. Martínez, Síntesis de bioplásticos a partir de microorganismos, Fundación Universidad de América, Semilleros Formación Investigativa, **2007**, vol. 3 n° 1: 127-135.
- 29.- D. Segura, R. Noguez, G. Espín, *Biotecnología*, **2007**, 14, 363.

Simulaciones de Anclaje Molecular. Una herramienta útil y sencilla para el químico/biólogo

Investigación
Química

Elena Moreno Castillo

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



Muchos de los fármacos disponibles hoy en el mercado fueron caracterizados inicialmente mediante técnicas de cribado experimentales. Estas técnicas modernas, llamadas cribado de alto rendimiento (HTS del inglés *High-throughput screening*), se utilizan para ensayar cientos de miles de compuestos al día para buscar actividad contra una diana molecular específica. Es de esperar que este proceso resulte excesivamente caro y, por si fuera poco, su porcentaje de éxitos es muy bajo. En este sentido, los métodos computacionales han resultado exitosos en la búsqueda de nuevos fármacos. En lugar de realizar los experimentos HTS, los resultados pueden ser simulados o inferidos computacionalmente. Este proceso es referido como Cribado Virtual (en inglés *Virtual Screening*). El cribado virtual es un término general para los métodos computacionales que estudian bases de datos de compuestos para identificar candidatos prometedores para ser utilizados como fármacos. Los resultados de este procedimiento son utilizados por los químicos que realizan síntesis orgánica para diseñar u optimizar compuestos líderes.

Hace más de 30 años el uso de técnicas de simulación o modelación de biomoléculas se encontraba en el ámbito de especialistas con acceso a supercomputadoras, donde se requería un alto grado de comprensión de programación. Sin embargo, con el avance de la tecnología y el abaratamiento de las computadoras, actualmente cualquier “bio”-científico que esté interesado en

investigar problemas químicos y/o biológicos, puede utilizar métodos computacionales para simular sistemas biológicos.

En general el proceso de cribado virtual está dirigido a incrementar la probabilidad de sintetizar un fármaco activo y se basa en encontrar correlaciones entre la estructura química de una serie de compuestos y su actividad biológica mediante métodos computacionales. El anclaje molecular puede ser utilizado para realizar cribado virtual en grandes bibliotecas de compuestos. Este procedimiento computacional intenta predecir eficientemente la unión no covalente de macromoléculas o de una macromolécula (usualmente una proteína) y una molécula pequeña (ligando); comenzando por sus estructuras libres (ver Figura 1).

El campo del anclaje molecular ha emergido durante las últimas cuatro décadas, impulsado por la necesidad de la biología estructural y el descubrimiento de fármacos. Este enfoque ha sido utilizado en el diseño de fármacos contra patologías como cáncer, enfermedades cardiovasculares, enfermedades infecciosas como la tuberculosis y la malaria, y muchos otros.

En este punto cabe preguntar: ¿Cuándo se pueden realizar simulaciones de anclaje molecular? ¿Es posible realizar anclaje molecular con pocos recursos como los que cuenta un estudiante de la Universidad de la Habana? ¿Qué tipo de conocimientos se requieren? ¿Es difícil de aprender?

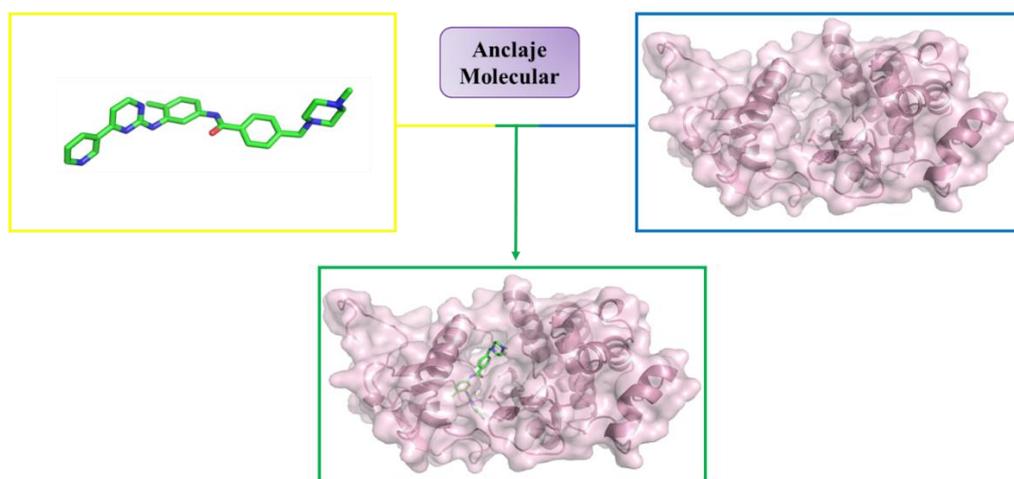


Figura 1. Anclaje molecular

En la Facultad de Química de la Universidad de la Habana no es extraño ver muchos temas de investigación o tesis sobre síntesis química. Sin embargo, la primera pregunta que se me ocurre hacerle a una persona que trabaje en este tema es: ¿por qué sintetizas esa familia de compuestos? La mayoría de las veces me responden que es para ser utilizado contra una enfermedad o patógeno. Como todos saben, debido a las limitaciones con las que cuenta la Universidad de la Habana, es muy difícil comprobar experimentalmente si, de hecho, estos compuestos pudieran tener algún efecto beneficioso para la sociedad o más específicamente, un efecto biológico. Entonces, ¿qué podría hacer el estudiante o investigador para superar esta limitación? La respuesta les debe surgir fácilmente: realizar simulaciones de anclaje molecular. Para ello necesitan conocer contra qué diana molecular deben actuar estos compuestos, lo cual se resuelve con una extensa búsqueda bibliográfica. Una vez conocida la diana molecular, que usualmente es una proteína, deben obtener su estructura 3D, es decir, las coordenadas x y z de cada átomo de su diana molecular. Existen varias bases de datos de donde se pueden obtener esta información y muchas son de libre acceso.

Hasta el momento, solamente se requiere acceso a internet para empezar a hacer simulaciones de anclaje molecular. Para poder continuar se necesita el programa que realiza las simulaciones. Existen varios reportados, algunos de ellos comerciales, pero también se pueden descargar otros de forma libre como Autodock, Autodock Vina, RosettaDock y pyDOCK. Estos se pueden correr en los sistemas operativos más utilizados en la Universidad de la

Habana, Linux y Windows. Adicionalmente, los cálculos se pueden realizar en cualquier computadora personal (PC) y existen muchos tutoriales y libros para ayudar al usuario primerizo. Por tanto, para realizar simulaciones de anclaje molecular se requiere: computadora, internet e interés.

Desde el año 2016, he tenido la oportunidad de compartir con estudiantes de pregrado y postgrado de la Facultad de Química y de Biología de la Universidad de la Habana mis conocimientos sobre anclaje molecular. Ellos a su vez han sido capaces de utilizar lo aprendido de manera exitosa en Trabajos de Curso, Exámenes de Premio, presentaciones en Jornadas Científicas Estudiantiles, Tesis de Diploma y de Maestría. De los estudiantes de pregrado, no pocos se encuentran cursando su 1er año de la carrera. Esto es un indicativo de la facilidad de aprendizaje que presenta el anclaje molecular y que, con solamente una pequeña base de la química y biología, es posible incursar en este campo.

Actualmente, muchas revistas de alto impacto incluyen dentro de sus temáticas un punto relacionado con estudios teóricos. La realización de este tipo de estudio le añade valor a la investigación y le posibilita ser publicada en revistas de alto impacto. Esto es un indicativo de la aceptación y actualidad que ya gozan los métodos computacionales, principalmente el anclaje molecular.

Para finalizar, le dejo una pregunta al lector respecto a este tema: ¿se atreverían a hacerlo?

Las algas marinas como una alternativa de biorremediación

Investigación
Química

Facultad de Química, Universidad de La Habana



Lázaro A. González Fernández

lagonzalez@estudiantes.fq.uh.cu



Juan Jesús Piña Leyte-Vidal

juanplv@fq.uh.cu

Una introducción necesaria

La búsqueda de nuevos materiales y técnicas utilizables como alternativa para el tratamiento de aguas residuales provenientes de procesos industriales y de minería se ha constituido como un desafío de los últimos tiempos.

El incremento de la industria de manufactura y metal-mecánica exige la extracción exhaustiva de metales pesados como materia prima, lo que conlleva a una elevada presencia de metales trayendo como consecuencia que los ambientes acuáticos presenten concentraciones de metales que exceden los criterios de calidad de agua.¹⁻³ Los metales pesados bajo su forma iónica son vertidos a ríos y mares provenientes de industrias como de curtiembre, fotográfica, pigmentos, plásticos, de baterías y metalúrgica sin el debido control ambiental.⁴

Entre los diversos efectos producidos por los metales pesados en las plantas se tiene la necrosis en las puntas de las hojas, la inhibición del crecimiento de las raíces y en el peor de los casos, la muerte total de la planta. En los seres humanos los metales pesados pueden llegar a ser muy tóxicos al introducirse en el organismo. En elevadas concentraciones, estos pueden ocasionar erupciones cutáneas, malestar de estómago (úlceras), problemas respiratorios, debilitamiento del sistema inmune, daño en los

riñones e hígado, hipertensión, alteración del material genético, cáncer, alteraciones neurológicas e incluso la muerte.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), estableció que la máxima concentración de iones de metales pesados en el agua debe estar en un rango de 0,01-1 ppm,⁵ sin embargo, en la actualidad se reportan concentraciones de iones de metales pesados hasta de 450 ppm en los efluentes.⁶

Numerosos esfuerzos han sido realizados con el fin de eliminar dichos metales tóxicos de aguas de desecho, entre los que destacan: micro-precipitación, electro-deposición, ósmosis, adsorción, filtración, ultra-centrifugación, resinas de intercambio iónico, etc., obteniendo resultados satisfactorios.

Desafortunadamente, dichos métodos no son efectivos a bajas concentraciones de metales pesados en disolución, tornándose altamente costosos y de bajo rendimiento a condiciones reales.^{7,8} Por ejemplo, la precipitación química y tratamiento electroquímico son ineficientes, especialmente cuando la concentración del metal en disolución acuosa es alrededor de 100 mg/L, y además producen una elevada cantidad de lodo, cuyo tratamiento, es de por sí, difícil y costoso. Las resinas de intercambio iónico, adsorción por carbón activo y tecnología de

membranas son procesos extremadamente caros, especialmente cuando se tratan grandes volúmenes y aguas de desecho conteniendo metales pesados en bajas concentraciones, lo que los hace poco recomendable para su aplicación a gran escala.^{3,4}

Estudios recientes han establecido el uso de metodologías alternativas para la adsorción de contaminantes, tales como los metales pesados, que emplean materiales de origen biológico como bacterias, algas y hongos, residuos industriales, agrícolas y urbanos, debido a su gran viabilidad, bajo costo y alta eficiencia de remoción.

Una de las técnicas empleadas para dichos procesos es la biosorción, que consiste en la transferencia selectiva de uno o más solutos de una fase líquida a un lote de partículas sólidas de material biológico e involucra la participación de diversos mecanismos físicos y químicos en función de diversos factores. Debido al origen natural de los sustratos y a la eliminación de lodos residuales durante el proceso de remoción, esta alternativa se constituye en un sistema que permite no sólo remover el metal contaminante disminuyendo el impacto ambiental generado sobre el medio en el cual se descarga, sino que además permite recuperarlo para integrarlo a un nuevo ciclo productivo.

La biosorción se caracteriza por la retención del metal mediante una interacción fisicoquímica del metal con ligandos presentes en la superficie celular, la cual se produce con grupos funcionales expuestos hacia el exterior celular pertenecientes a partes de moléculas componentes de las paredes celulares, como por ejemplo carboxilo, amino, hidroxilo, fosfato y sulfhidrilo. Es un mecanismo de cinética rápida que no presenta una alta dependencia con la temperatura y en muchos casos puede estudiarse en detalle mediante la construcción de los modelos de isothermas de Langmuir y Freundlich.⁹

Por razones económicas, la biotecnología ha prestado mucha atención a las algas, porque son

producidas naturalmente en grandes cantidades, yaciendo a las orillas de las playas y siendo consideradas material de desecho. Su aplicación como biosorbentes para la biosorción de metales pesados y radionúclidos, podría interpretarse como el uso de desechos para eliminar desechos. Las embarcaciones pesqueras que arrastran enormes cardúmenes de peces, arrastran también gran cantidad de algas, las cuales pueden ser vendidas, ahorrándose de esta manera el costo asociado a la eliminación de las mismas, consideradas como "basura" por ellas.¹⁰ Por lo expuesto, las algas marinas constituyen una poderosa herramienta biotecnológica para la eliminación de metales pesados.

La Biosorción

El término "biosorción" se utiliza en relación a la captación de metales que lleva a cabo una biomasa muerta completa, a través de mecanismos fisicoquímicos como la adsorción o el intercambio iónico. El proceso de biosorción involucra una fase sólida (biosorbente) y una fase líquida (solvente, que es normalmente agua) que contiene las especies disueltas que van a ser sorbidas (sorbato, i.e. iones metálicos). Debido a la gran afinidad del biosorbente por las especies del sorbato, este último es atraído hacia el sólido y enlazado por diferentes mecanismos. Este proceso continúa hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato enlazado al sólido (a una concentración final o en el equilibrio). La afinidad del biosorbente por el sorbato determina su distribución entre las fases líquida y sólida. La calidad del biosorbente está dada por la cantidad del sorbato que pueda atraer y retener en forma inmovilizada.¹¹

Las algas como biosorbentes

Las algas marinas crecen de forma natural en los zócalos continentales de mares y océanos. Las costas Pacíficas, por lo general, se encuentran revestidas de algas marinas, que

yacen en las riveras, sin ningún uso beneficioso. Por el contrario, dan mal aspecto y se transforman en materiales de desecho que con el tiempo causan mal olor. La gran diversidad de algas marinas permite aumentar su selectividad y eficiencia; se han descubierto diferentes capacidades de adsorción y selectividad por algas rojas, verdes y pardas (Figura 1) frente a diversos metales pesados.¹² La composición química y presencia de diferentes centros de adsorción (fucanoides, alginatos, proteínas fosfatadas, etc.)¹³ permiten una mayor adsorción de ciertos metales debido a su tamaño, grado de solvatación, presencia de iones quelatantes, tamices moleculares, intercambio iónico con especies presentes en el alga, etc.¹⁴⁻¹⁶



Figura 1. Diferentes especies de algas marinas: (izquierda) alga parda, (central) alga roja y (derecha) alga verde.

Las algas marinas son especies inocuas, con un contenido inorgánico rico en calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales son identificados en procesos celulares.¹⁵ Por lo tanto los biosorbentes hechos a partir de algas pueden ser fácilmente aceptados por el público cuando se apliquen biotecnológicamente.¹⁷

Finalmente, el alto contenido de alginatos en las algas marinas (en comparación con los demás grupos funcionales identificados como centros de adsorción), las convierte en modelos ideales para identificar el mecanismo de biosorción en la eliminación de metales pesados de soluciones acuosas, especialmente para investigar las interacciones metal-alga a nivel molecular. La existencia de un solo grupo funcional responsable de la adsorción de metales pesados, permite elucidar claramente su mecanismo mediante diferentes técnicas, como la determinación de la constante de ionización de las algas,¹⁸ efecto de la fuerza

iónica en la capacidad de adsorción, desorción de metales adsorbidos por especies quelatantes y ácidos, intercambio iónico, espectroscopia infrarroja, microscopía de barrido electrónico, etc. Las algas marinas son quizá los únicos adsorbentes cuya capacidad de adsorción se deba exclusivamente a los alginatos en más de un 90%.

Desde el punto de vista económico, es importante conocer las modificaciones a las que las algas marinas son sometidas para afianzar su capacidad de adsorción o propiedades térmico-mecánicas, así como su selectividad. El principal objetivo de la modificación química de las algas es la de facilitar el contacto de los iones de metales pesados con los grupos funcionales responsables de la adsorción y la de crear nuevas cadenas de biopolímeros o la de entrecruzarlas.^{19,20} Entre los principales tratamientos para la modificación, resaltan:

- CaCl_2 : provoca el entrecruzamiento de cadenas polialgínicas.²¹

- Formaldehído y glutaraldehído: también causan el entrecruzamiento de cadenas de polialginato entre grupos funcionales adyacentes, principalmente los grupos hidroxilo.²²

- NaOH : generalmente este tratamiento disminuye la protonación de grupos funcionales adsorbentes. Mediante el mismo se sustituyen los iones sodio en los grupos funcionales, incrementando la atracción electrostática hacia cationes de metales pesados, facilitando el intercambio iónico.²³

- HCl : El lavado con ácido origina el desplazamiento de metales ligeros por protones en la superficie del adsorbente. Además, el tratamiento ácido puede disolver a los polisacáridos exteriores dañados de la pared celular externa, creando nuevos y adicionales centros de adsorción.²⁴

Sin embargo, la modificación de la biomasa no siempre mejora la capacidad de adsorción. Algunas veces, la capacidad de eliminación de metales pesados disminuye debido a la

solubilización de las diferentes formas del alginato, como ha sido demostrado en presencia de NaOH.²⁵

De los resultados obtenidos se ha demostrado que la modificación química no es rentable y no da lugar a notables incrementos en la capacidad de adsorción de las algas. Cabe resaltar que dicha inversión en la modificación química, podría ser únicamente beneficiosa cuando se desea mejorar la estabilidad física de la biomasa, especialmente en procesos continuos (columnas).^{17,21}

Comparación con otros biomateriales

Bakkaloglu *et al.*²⁶ investigaron la biosorción de diversos metales con varios tipos de biomasas, incluyendo bacterias (*S. rimosus*), levaduras (*S. cerevisiae*), hongos (*P. chrysogenum*), lodos activados y algas marinas (*A. nodosum* y *F. vesiculosus*). Compararon la eliminación de cobre, cinc y níquel, observando la superioridad de *A. nodosum* por encima de los demás adsorbentes. Por otro lado, Navarro *et al.*²⁷ estudiaron bajo las mismas condiciones experimentales, la capacidad de adsorción de iones cadmio mediante el alga *L. trabeculata*, quitosano, quitosano reticulado y cascarilla de arroz, observando una alta afinidad del alga frente a los otros adsorbentes.

Además de las algas marinas, las levaduras son quizá los segundos biomateriales más prometedores para la biosorción de metales pesados,¹⁰ en función de rentabilidad y aplicabilidad para la descontaminación de aguas residuales. Por ejemplo, la levadura *S. cerevisiae* ha sido ampliamente investigada en forma paralela con las algas marinas, mostrando tres importantes ventajas: primero que las levaduras son fácilmente cultivadas a grandes escalas con alto rendimiento sin necesidad de equipos de fermentación sofisticados y solo requieren medios de cultivo convencionales; segundo: *S. cerevisiae* también puede ser obtenido de las industrias de alimentos y bebidas, obtenida como

subproducto y finalmente, al igual que las algas, las levaduras son consideradas inocuas y fácilmente aceptadas por el público y entidades ambientales para su uso biotecnológico, ya que no crea subproductos tóxicos o de difícil eliminación como la precipitación o filtración.^{28,29}

Consideraciones Generales

Las algas marinas constituyen un biosorbente prometedor para la eliminación de metales pesados y, debido a sus características intrínsecas, han recibido una atención que se ha incrementado en las últimas décadas. Lamentablemente la biosorción, a pesar de su desarrollo durante los últimos años, está reducida a procesos discontinuos básicamente a nivel de laboratorio. El mecanismo de biosorción está siendo elucidado, pero no se conoce con exactitud el tipo de interacción ión metálico-adsorbente ni sus factores. Asimismo, las condiciones óptimas alcanzadas no se ajustan completamente a las condiciones de las aguas residuales convencionales (fuerza iónica, iones interferentes, detergentes, acidez, contenido orgánico, etc.).

En el futuro, consideramos que se deben tener en cuenta muchos aspectos con respecto al mecanismo de adsorción, como la de estudiarlo con mayor intensidad utilizando varias técnicas y combinaciones de ellas, al igual que los factores que influyen el estado de equilibrio como pH, temperatura y el rol que juega el co-ión (anión) en el proceso de biosorción.

También se requieren mejores modelos matemáticos de equilibrio y cinética que se adapten a condiciones reales y que incluyan parámetros que los modelos convencionales descuidan. Esto podría ser afianzado por una mejor aplicación de la tecnología de la biosorción como mejorar las condiciones físico-químicas con pH y contenido iónico similares a las reales aguas de desecho, y finalmente analizar la posibilidad de recuperar

el metal pesado después de ser eliminado de la solución y adsorbido en el biosorbente.

Si bien la biosorción de metales pesados por algas marinas ha sido estudiado extensivamente durante las últimas décadas, aún existen muchas preguntas sin resolver y aspectos que determinar para su completa optimización, pero de lo que sí se puede estar seguro es que el uso de algas marinas es una de las mejores "armas ecológicas" con las que contamos para la descontaminación de nuestro planeta.

Referencias

- 1.-K. Gin, Y. Z. Tang, M. A. Aziz. *Water Res.*, **2002**, 36, 1313-1323.
- 2.-E. Guibal, N. von Offenber, M. Zikan, T. Vincent, J. M. Tobin. *Int. J. Biol. Macromol.*, **2001**, 28, 401-408.
- 3.-J. C. Ng, WH: Cheung, G. McKay. *J. Colloid Interface Sci.* **2002**, 255, 64-74.
- 4.-B. Volesky. *Biosorption and biosorbents*. Florida CRC press, **1990**, 3-5.
- 5.-WHO, "Chromium in drinking-water," Geneva, Switzerland, **2003**.
- 6.-M. L. Pinzón-Bedoya and A. M. Cardona-Tamayo, "Influencia del pH en la bioadsorción de Cr(III) sobre cáscara de naranja: Determinación de las condiciones de operación en proceso discontinuo," *Rev. la Fac. Ciencias Básicas*, vol. 8, no. 1, pp. 21-30, **2010**.
- 7.-F. Veglio, F. Beolchini, M. Prisciandaro. *Water Res.* **2003**, 37, 4895-4903.
- 8.-R. Jalali, H. Ghafourian, Y. Asef, S. Davarpanah, S. Sepher. *J. Hazard. Mater.* **2002**, B92, 253-262.
- 9.-A. E. Navarro, D. Blanco, B. Llanos, J. Flores, H. Maldonado, *Rev. Soc. Quím. Perú*, **2004**, 70, 147-157.
- 10.-A. Kapoor, T. Viraraghavan. *Bioresour. Technol.*, **1995**, 53, 195-206.
- 11.-R. O. Cañizares-Villanueva. *Rev. Latinoamer. Microbiol.*, **2000**, 42, 131-143.
- 12.-V. Murphy, H. Hughes, P. McLoughlin. *Water Res.*, **2007**, 41, 731-740.
- 13.- G. Rojas, J. Silva, J. Flores, A. Rodríguez, M. Ly, H. Maldonado, *Separ. & Purif. Technol.*, **2005**, 44, 31-36.
- 14.- K. Ramos, A. E. Navarro, L. Chang, H. Maldonado. *Rev. Soc. Quím. Perú*, **2004**, 70, 137-146.
- 15.- S. Ródenas, A. Ergueta, F. Sánchez, Ma. T. Larrea. *Schironia*, **2002**, 1, 10-15.
- 16.- K. P. Ramos, B. P. Llanos, H. J. Maldonado, A. E. Navarro. *An. Quím.*, **2007**, 103(2), 36-40.
- 17.-A. Díaz, J. Arias, G. Gelves, A. Maldonado, D. Laverde, J. Pedraza, H. Escalante. *Rev. Fac. Ingeniería, Universidad de Antioquia*. **2003**, 30, 34-48.
- 18.-A. E. Navarro, K. Ramos, R. Agapito, N. A. Cuizano, *Rev. Latinoamer. Rec. Natur*, **2006**, 2, 45-52.
- 19.-T. Davis, B. Volesky, A. Mucci. *Water Res.*, **2003**, 37, 4311-4330.
- 20.-G. Yan, T. Viraraghavan. *Water SA.*, **2000**, 26, 119-123.
- 21.-J. Matheickal, Q. Yu, G. Woodburn., *Biores. Technol.*, **1999**, 69, 223-229.
- 22.-P. Kaewsarn, Q. Yu., *Environ. Pollut.*, **2001**, 112, 209-213.
- 23.-G. Yan, T. Viraraghavan. *Water Res.*, **2003**, 37, 4486-4496.
- 24.-C. H. Huang, C. P. Huang., *Water Res.*, **1996**, 30, 1985-1990.
- 25.-M. Figuera, B. Volesky, V. Ciminelli, F. Roddick., *Water Res.*, **2000**, 34, 196-204.
- 26.-I. Bakkaloglu, T. J. Butter, L. M. Evison, F. S. Holland y I. C. Hancock., *Water Sci. Technol.*, **1998**, 38, 6, 269-277.
- 27.- A. E. Navarro, K. Ramos, K. Campos, H. Maldonado, *Rev. Iberoamer. Polím.*, **2006**, 7, 113-126.
- 28.-B. Volesky. *Biosorption and biosorbents*. Florida CRC press, **1990**, 3-5.
- 29.- P. L. Bishop. *Pollution prevention: fundamentals and practice*, Beijing Tsinghua University Press, **2002**

Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 11: Los autores de un artículo científico

Enseñanza de la Química

Manuel Álvarez Prieto

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



Con este artículo se continúa la serie dirigida a discutir lo que su autor ha denominado los principios del trabajo científico.¹ En los siguientes artículos se presentaron y discutieron en detalle varios de esos principios. Con el artículo anterior,² es decir la parte diez, se discutieron normas sobre la formulación de los títulos de los artículos.² Aquí se continúa la presentación de aspectos relacionados con la elaboración de otros elementos y secciones que componen los artículos científicos.

A continuación se pretende exponer y discutir todo un conjunto de normas relacionadas con la definición de los autores, sus nombres y la descripción de sus instituciones de origen. Por supuesto, el primer asunto es seguir las normas editoriales de la revista a la cual se envía el artículo, en cuanto al orden de presentación del nombre y los apellidos. Estos deben constituir el nombre oficial con el cual se encuentra inscrita la persona de referencia en su país de nacimiento. En la onomástica hispana lo usual es tener uno o dos nombres de pila (es decir, el o los nombres otorgados por los padres, a menudo declarado durante el sacramento cristiano denominado bautismo, y de ahí su denominación de “nombre de pila bautismal”), y dos apellidos (el primero heredado de padre y el segundo de la madre, aunque eso puede ser

diferente en distintas legislaciones). Una excepción notable, en la cual no se usó el nombre oficial de su autor sino un seudónimo, fue el famoso artículo de William Sealy Gosset en donde dio a conocer la muy bien conocida distribución t o de “Student” que surge al estimar la media de una población normalmente distribuida cuando el tamaño de la muestra es pequeño³. Precisamente Gosset usó el seudónimo “Student” para evitar ser descubierto por su empleador, ya que trabajaba como estadístico en la famosa destilería de cerveza irlandesa Guinness, que prohibía a sus empleados la publicación de artículos científicos debido a una publicación previa de secretos industriales de la firma.



Figura 1. La definición de la autoría de los artículos científicos debe estar condicionada por comportamientos éticos.

En la “*Guía para los Autores*” de algunas revistas se suministran criterios para la definición de autores, al igual que en documentos emitidos por organizaciones que realizan declaraciones sobre ética en el trabajo científico.

Muchos aspectos sobre la autoría de los artículos científicos han sido discutidos en entornos biomédicos. Quizás la razón de eso se deba a la gran responsabilidad que implica en esos contextos la publicación de resultados científicos relacionados con la salud de los seres vivos, y en particular de los seres humanos. Es posible que eso haya determinado la puntualización de ciertos requisitos a cumplir en la definición de las autorías y evitar que las responsabilidades se diluyan.

El International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) establece una serie de pautas con ese propósito.⁴

- El crédito de autoría debe basarse en: 1) una contribución sustancial en la concepción y diseño, o adquisición de datos, o análisis e interpretación de los datos; 2) escritura del artículo o su revisión crítica del contenido intelectual importante; y 3) aprobación final de la versión a publicarse. Los autores deben cumplir las condiciones 1, 2 y 3.

- Cuando un grupo en el que participan personas de muchos centros académicos, científicos y de otros tipos, el grupo debe identificar las personas que aceptan la responsabilidad directa sobre el manuscrito. Esas personas deben cumplir completamente con los criterios de autoría definidos anteriormente y los editores de la revista le solicitarán a ellas el completamiento del formulario sobre autor y conflicto de intereses. Cuando se envía un manuscrito de un grupo autorial, el autor corresponsal debe indicar claramente el orden de cita preferido

y deben identificar claramente a todos los autores individuales, al igual que el nombre del grupo. Las revistas generalmente enlistarán otros miembros del grupo en la sección de “*Reconocimientos*” o “*Agradecimientos*” (del inglés, Acknowledgments). El *National Library of Medicine* indexa el nombre del grupo y los nombres de los individuos han sido identificados como directamente responsables del manuscrito; también enlista los nombres de los colaboradores si ellos están enlistados en la sección mencionada.

- Adquisición de financiamiento, obtención de datos o supervisión general del grupo de investigaciones, exclusivamente, no constituyen bases para definir la autoría.

- Todas las personas designadas como autores deben clasificar para la autoría, y todos los que califican debe ser enlistados como tal.

- Cada autor debe haber participado suficientemente en el trabajo como para aceptar responsabilidad pública por porciones apropiadas del contenido del artículo.

Sin embargo, en la década de los 90, el modelo del ICMJE fue revisado debido a que el número de autores y la amplitud de las contribuciones involucradas en los estudios clínicos se incrementaron, y debido a que los autores fallaron en revelar adecuadamente las contribuciones correspondientes.⁵⁻⁶ Las insuficiencias del modelo del ICMJE condujo a sugerir un modelo complementario que se aparta de los conceptos más tradicionales de autoría, con la esperanza que los editores de las revistas científicas pudieran ser más hábiles en obtener más información sobre las verdaderas contribuciones de los autores y elevaran su capacidad para transmitir la responsabilidad de cada autor en la investigación.⁶

El nuevo modelo sobre la base de las contribuciones individuales de los autores se fundamenta en la descripción exacta de lo hecho por cada uno.⁵ Con este modelo se espera que los autores designen su rol funcional dentro del colectivo de autores (investigador principal, co-investigador, estadístico, autor participante, etc.). Se ha argumentado que esta declaración adicional contribuya a una mayor transparencia sobre las autorías por parte de los autores⁷. Por ejemplo, la revista *Clinical Chemistry* solicita que los autores especifiquen una serie de informaciones relacionadas con la elaboración del artículo: contribuciones de los autores, declaraciones de los autores al respecto o conflictos de interés potenciales, empleo o dirección, rol de consultor o supervisión, propiedad de los resultados, honorarios, financiamiento de la investigación y testimonio de experto.¹¹

Aunque los anteriores lineamientos para definir la autoría y la contribución en los artículos científicos fueron formulados en el contexto biomédico, esos principios se aplican en otras áreas de la ciencia.

Se han identificado varios tipos de autorías inapropiadas, que se han calificado como “autor invitado”, “autor regalado u honorario”, “autor fantasma”, “autor anónimo” y “autor fallecido o incapacitado”.⁸ La “autoría grupal” puede ser utilizada incorrectamente.

El “autor invitado” ha sido definido como un autor cuya inclusión como tal incrementará la probabilidad de que el artículo sea aceptado como publicación o que contribuya a acrecentar la percepción que se tenga de la publicación. No debe confundirse con el autor que es invitado a enviar una contribución por el editor de una revista, tal como un artículo de revisión.

El “autor regalado u honorario” es el que ha tenido una relación escasa o débil con el trabajo, que no califica como para ser un autor propiamente. Un ejemplo típico es la inclusión del jefe del departamento u organización en donde se ha desarrollado el trabajo, pero que no cumple con los requisitos del ICMJE.

Un “autor fantasma” es uno que participó en la investigación, en el análisis de los datos y/o la escritura del artículo, pero que no aparece nombrado en la lista de autores y su autoría no queda revelada. La motivación para definir este tipo de autor puede deberse a intereses comerciales que pudieran resultar evidentes o conflictos potenciales entre instituciones involucradas. Quizás es el comportamiento irregular relacionado con la autoría de los artículos científicos más difícil de detectar.

El “autor anónimo” es el que utiliza un seudónimo en lugar de su nombre, como en el ejemplo antes citado de “Student”. Debido a que la autoría debe ser transparente y requiere reconocimiento de responsabilidad pública, no es apropiado emplear seudónimos o publicar anónimamente. En casos extremos, el Council of Scientific Editors recomienda aceptar el anonimato cuando, por ejemplo, el autor que reclama el anonimato puede argumentar una amenaza a su seguridad personal o la pérdida de su empleo.⁸

El “autor fallecido o incapacitado” es el que ha sufrido uno de esos percances durante la realización, escritura, envío o la revisión por pares del trabajo científico. Para esos casos la American Medical Association recomienda que los restantes autores gestionen pruebas documentales de la autoría del fallecido o incapacitado ante un familiar o representante legal.⁶

La “autoría grupal” puede ser apropiada cuando un grupo de investigadores, por ejemplo, ha colaborado en un proyecto, en un ensayo que involucra a múltiples centros académicos, de investigación y de otros tipos, cuando el artículo describe una posición consensuada sobre un aspecto de importancia científica, o cuando discute las conclusiones de un panel de expertos.⁹

En la sección de “Reconocimientos” o “Agradecimientos”, los autores pueden mencionar aquellos que no califican como autores.

El orden de mención de los autores en las publicaciones científicas es otro asunto de especial interés. El orden debe constituir una decisión colectiva y consensuada por los autores, y los editores no deben involucrarse en ello. Actualmente, algunas revistas que utilizan sitios web les exigen a los autores corresponsales que les informen las direcciones de correo electrónico de los restantes autores, a los cuales se les expide un mensaje que informa sobre su pertenencia como autor en el trabajo enviado. Si el usuario del buzón no está de acuerdo, puede reclamar. Las disputas que puedan surgir sobre el orden de mención de los autores pueden detener o demorar el procesamiento editorial del manuscrito.⁸

Mucho se ha discutido sobre el significado del orden de los autores de los artículos científicos. No hay un criterio rígido sobre el orden de los autores. Usualmente se considera como primer autor el que más ha contribuido al trabajo. Es el responsable de escribir la primera versión del artículo y se considera como el máximo responsable del contenido. El último autor de la lista es frecuentemente un autor experimentado, supervisor, líder científico del colectivo o responsable del proyecto que financia la investigación (que debe estar necesariamente involucrado y comprometido con el trabajo). En los casos en que las contribuciones de autores individuales sean equiparables, el orden en que se enlistan puede ser alfabético o aleatorio. En ese caso se puede añadir la declaración de que esos autores han contribuido igualmente. No obstante, no existen pautas definitivas sobre el asunto y tal vez no sean necesarias.

Durante el proceso de revisión pueden incorporarse otros autores, debido a la realización de nuevos experimentos o contribuciones adicionales importantes. El orden de los autores en la versión final del artículo debe ser conocido y aceptado por todos los autores.

También es apropiado señalar que los autores deben utilizar una forma única de expresar su nombre. Por ejemplo, si el nombre de un autor es Ariel Alejandro Pérez Dávila, puede utilizar su nombre completo o Ariel A. Pérez Dávila desde el primer artículo que publique en su carrera profesional. Pero independiente de la forma que escoja, debe mantenerla definitivamente. Eso puede evitar confusiones en los lectores y los que trabajan en los servicios bibliográficos. Si en el país de origen de un autor los nombres emplean dos apellidos, es recomendable unirlos mediante un guión para artículos escritos en inglés. De lo contrario, los editores pueden interpretar el primer apellido como un nombre y para abreviarlo lo pueden acortar con un punto. Así, el ejemplo de Ariel Alejandro Pérez Dávila, lo pudieran abreviar como Ariel A. P. Dávila. Para un artículo en inglés una mejor opción es declararlo como Ariel A. Pérez-Dávila.

Los artículos en inglés de las revistas de medicina y otras áreas relacionadas con la salud acostumbran incluir los títulos académicos (por ejemplo, M.D., M.S., M.T., Ph.D.) después de los nombres de los autores, pero la mayoría de las revistas de ciencias exactas y naturales no los incluyen.

Las direcciones postales de las instituciones de origen de los autores a menudo se colocan inmediatamente debajo de la línea de nombres, pero también pueden ubicarse al pie de la primera página. Otras revistas utilizan una línea para el nombre de cada autor, y debajo su dirección postal. En otros casos, cuando se ubican los nombres de los autores al final del artículo, las instituciones de origen se colocan inmediatamente debajo de los nombres. Eso es un asunto de normas editoriales y se manifiestan diferencias entre revistas. Las direcciones postales se acompañan de los teléfonos respectivos, al menos el del autor corresponsal. Debido a la importancia que ha adquirido la comunicación a través de Internet,

actualmente se incluyen también las direcciones de correo electrónico y las direcciones de Internet de las instituciones de origen (puede ser una de cada una por autor, aunque algunas revistas se circunscriben exclusivamente al autor corresponsal). Usualmente se señalan mediante superíndices inmediatamente después del nombre de cada autor, aunque este asunto puede diferir entre revistas. Se parte de la base que las direcciones deben ser lo suficientemente claras y explícitas para que cualquier interesado pueda comunicarse por cualquier vía, al menos con el autor corresponsal. La costumbre de los autores que se han jubilado y no pertenecen a una entidad académica, científica o de otro tipo, es simplemente informar su dirección postal personal.

Epílogo

Si el lector de este artículo comienza a considerar con más cuidado la definición de los autores de sus publicaciones, se ha logrado el objetivo principal de este artículo. No se puede perder de vista que la definición de la autoría involucra aspectos éticos. Infortunadamente, uno puede observar algunos casos que inducen a pensar que la definición de la autoría no se realizó con rigor. A menudo los científicos trabajan bajo la presión de publicar por exigencias del medio y las circunstancias en las cuales desarrollan sus actividades. Pero eso no puede ser motivo para realizar prácticas inapropiadas con relación a la definición de autorías. A veces nos puede preocupar que la no inclusión como autor de un trabajo científico de un colega que tuvo alguna participación no esencial o nos brindó alguna ayuda para su conclusión, sea interpretada como una falta de ética, de reconocimiento o falta de gratitud por parte nuestra. Esa preocupación es muy humana. Hay que ser muy cuidadoso y tomar la decisión acertada para obrar con justeza. Eventualmente el asunto puede conversarse amigable y claramente, si se diera el caso.

En próximos artículos, se continuará la discusión *in extenso* de otros principios de esta visión personal del trabajo científico, tales como la confección del resumen, la introducción, la bibliografía y otros componentes de los artículos científicos. En la medida de lo posible, se tratará de que sean artículos breves para estimular la lectura.

Referencias

1. Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 1, Encuentro con la Química, Vol. 1, No. 2, p.p. 38-41, 2015.
2. Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 10: El título de los artículos científicos, Encuentro con la Química, Vol. 4, No. 1, p.p. 26-29, 2018 y referencias que contiene.
3. Student, The Probable Error of a Mean. *Biometrika*, Vol. 6, No. 1, p.p. 1–25, 1908.
4. International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) Uniform requirements for manuscripts submitted to biomedical journals. II.A. Authorship and contributionship. Bajado el 20 de enero de 2011 de <http://www.icmje.org/#author>
5. Yank, V., Rennie, D., Disclosure of researcher contributions: a study of original research articles in *The Lancet*. *Ann Intern Med.*, Vol. 130, p.p. 661–670, 1999.
6. Rennie, D., Yank, V., Emmanuel, L., When authorship fails: a proposal to make contributors accountable. *JAMA*. 1997;278:579–585.
7. Report to the Council of Biology Editors from the Task Force on Authorship. Who's the author? Problems with biomedical authorship, and some possible solutions. *Science Editor*, Vol. 23, No. 4, p.p. 111–119, 2000.
8. Scott-Lichter D and the Editorial Policy Committee, Council of Science Editors. CSE's White Paper on Promoting Integrity in Scientific Journal Publications, 2009 Update. Reston, Va: 2009.

Marianela González Hernández

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



Los inicios...

El estudio de la Química a nivel universitario comienza en Cuba en fecha tan temprana como 1880, con el antiguo Doctorado en Ciencias Físico Químicas instaurado en la Universidad de La Habana. Este se impartió también en la Universidad de Oriente a partir de 1948 y en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas) desde 1956.

En 1962 se crean nuevas carreras universitarias como parte de la Reforma Universitaria, con lo que la Licenciatura en Química se instituye en las tres universidades existentes en el país. Entre este momento y el establecimiento del Plan Unificado en 1973 el plan de estudio de la carrera se modifica en aras de elevar el nivel científico y de actualización de los contenidos. En este período no se exigía una tesis de grado como requisito de graduación. Sin embargo, desde esa época, ya los estudiantes y profesores respondían a importantes tareas socio-económicas vinculadas a la profesión, y un significativo número de estudiantes realizaron tesis de grado.

En 1972, se produjo la Unificación de los Planes y Programas, y el Plan Unificado tuvo como idea rectora el principio martiano de la combinación del estudio con el trabajo. La inserción de los estudiantes en actividades relacionadas con su futuro desempeño profesional fue un gran logro y desde esa fecha, los estudiantes de Química se vinculan sistemáticamente a las investigaciones.

Las “generaciones” de planes de estudio.

Con la creación del Ministerio de Educación Superior de Cuba en 1976, se establece como objetivo permanente el perfeccionamiento continuo de los planes de estudio. Con ello comenzó el diseño del Plan de Estudio A, que resultó el punto de partida para sucesivas “generaciones” de planes de estudio, denominadas por letras.

Este plan entró en vigor en el curso 1977-78 y desde entonces, la Universidad de La Habana es el Centro Rector para la Carrera de Química. En 1981, comenzó el Plan de Estudio “B”. El diseño del Plan de Estudio “C”, introducido en 1990, tuvo como base un modelo de perfil amplio que parte de los problemas básicos identificados para el ejercicio de la profesión. El diseño de la disciplina Métodos de Investigación en Química, estableció el vínculo entre lo académico, lo laboral y lo investigativo en el proceso docente.

En 1997, se defendió el Plan de Estudio C perfeccionado. En este se identificó la investigación científica como modo de actuación fundamental del químico en la solución de los problemas profesionales, se establecieron los objetivos generales, de una forma más clara y precisa y se concibieron objetivos integradores de año, que permitían alcanzar de forma escalonada los objetivos plasmados en el Modelo del Profesional.

El logro fundamental de este plan radicó en la incorporación de los estudiantes a las investigaciones desde el tercer año, dentro de colectivos que realizan tareas de gran importancia científica y social. No obstante, el diseño curricular de este plan dedicaba un escaso fondo de tiempo a asignaturas optativas, lo que

no proporcionaba suficiente flexibilidad para atender las particularidades de los distintos centros donde se imparte la carrera y las necesidades individuales de los estudiantes.

El Plan de Estudio D.

En este plan de estudio se definió un currículo base, común a todos los centros, que garantizaba los contenidos básicos esenciales de la formación del profesional. Los objetivos planteados en el modelo del profesional se completaban a través del currículo propio, que cada Centro de Educación Superior (CES) diseñó en dependencia de sus necesidades, y de asignaturas optativas y/o electivas que se le ofertan al estudiante.

Con el Plan de Estudio D comienza una transformación importante del currículo en lo que respecta a la integración de los contenidos y la incorporación de nuevas asignaturas. Mediante la inserción de los estudiantes en grupos de investigación priorizados de las tres universidades y unidades docentes, para la realización de la práctica laboral investigativa, la disciplina integradora Métodos de Investigación en Química ha garantizado, el logro del objetivo general plasmado en el Modelo del Profesional.

La calidad del diseño del Plan de Estudio D —basado en los resultados de una amplia investigación para determinar el modo de actuación y las funciones básicas del profesional, a partir de la consulta a profesionales de diversas esferas de actuación—, el nivel que alcanza la formación de los estudiantes y el trabajo metodológico que desarrollan los tres colectivos de carrera están avalados por el hecho de que, en estos momentos, la *Carrera de Química está acreditada de Excelencia en las tres universidades* donde se imparte, lo cual es una evidencia del prestigio alcanzado por la carrera y su claustro. Además, en la Universidad de La Habana y en la Universidad Central de Las Villas, están acreditados de *Excelencia los programas de Maestría en Química y el de Doctorado en Ciencias Químicas* (radicado en la Universidad de La Habana), que constituyen las vías de superación profesional naturales para el licenciado en Química.

El reto: diseñar un nuevo plan de estudio.

A finales de 2015 el Ministerio de Educación Superior planteó a sus instituciones educativas la necesidad de diseñar un nuevo plan de estudio para todas las carreras. Este debía responder a la necesidad de formar un profesional en sólo cuatro años, sin afectar las habilidades y conocimientos que le permitieran resolver los problemas fundamentales que se le planteen en su actividad laboral.

Para ello, estableció entre las bases del diseño:

- ✓ Perfeccionar la formación de pregrado en carreras de perfil amplio, reenfoicándolas hacia la solución de los problemas generales y frecuentes de la profesión en el eslabón de base.

- ✓ Seleccionar los contenidos esenciales para el logro de los objetivos previstos en la carrera, con una adecuada secuencia lógica y pedagógica. Ello contribuye a una disminución de las horas lectivas a favor de un mayor tiempo de autoperparación de los estudiantes.

- ✓ Renovar las concepciones y prácticas pedagógicas; romper con el concepto del profesor como fuente principal del conocimiento; lograr un amplio y generalizado empleo de las TIC. Orientar más el proceso de formación al aprendizaje, para favorecer la independencia cognoscitiva y el espíritu creativo e innovador del estudiante.

¿Por qué este empeño constituía un reto para la Carrera de Química?

Como se ha evidenciado, la Carrera de Química desde el Plan de Estudio C ya se diseñó con un perfil amplio, sobre la base de identificar los problemas básicos para el ejercicio de la profesión, y potenciando el vínculo entre lo académico, lo laboral y lo investigativo en el proceso docente.

Asimismo, el Plan de Estudio D perfiló la formación profesional al reconocer la investigación científica como el modo de actuación fundamental del químico en la solución de los problemas profesionales y establecer la incorporación de los estudiantes a las investigaciones desde el tercer año, dentro de

colectivos que realizan tareas de gran importancia científica y social.

Además, la carrera se ha caracterizado por potenciar el trabajo independiente del estudiante y ha sido líder en la incorporación y empleo de las TIC en el proceso docente e investigativo.

Por otra parte, los resultados obtenidos en los procesos de evaluación externa acreditan la calidad del plan de estudio, de su implementación y de la formación lograda, así como la satisfacción de los empleadores con los profesionales que se forman.

Luego, los colectivos de carrera consideraban que –en esencia– las bases para el nuevo diseño ya se cumplían en el plan de estudio vigente (D).

Sin embargo –partiendo de la necesidad de reducir el tiempo de las carreras universitarias a cuatro años y la posibilidad de perfeccionar la formación lograda hasta el momento–, los claustros se dieron a la nueva tarea considerándola como un reto, es decir, un “objetivo o empeño difícil de llevar a cabo, y que constituye por ello un estímulo y un desafío para quien lo afronta”.¹

El Plan de Estudio E.

El nuevo diseño partió de un diagnóstico sobre los criterios de profesionales de experiencia, empleadores y jóvenes graduados acerca de las cualidades y carencias que en su opinión presentaba el Plan de Estudio D.

Sus resultados mostraron que:

☑ Propusieron esferas de actuación que coincidían con las declaradas en el Plan de Estudios D.

☑ Todas las funciones profesionales del Plan de Estudios D fueron consideradas Pertinentes.

↗ Señalaron la necesidad de una mayor formación experimental, a partir de las propuestas de aumentar la cantidad y calidad de las prácticas de laboratorio.

↗ Se manifestó la necesidad de mayor formación en la esfera “bio”, a partir de propuestas de incorporar asignaturas que

aborden temas bioquímicos, biológicos, biotecnológicos, etc.

El análisis de estos resultados llevó a la conclusión de que, si bien las funciones profesionales y esferas de actuación vigentes coincidían con las opiniones de recogidas, era necesario buscar vías que garantizaran la calidad de las prácticas de laboratorio –deprimidas por la situación material– y atender la formación en temas “frontera” para los químicos.

El diseño del el Plan de Estudio E mantiene en el modelo del profesional el modo de actuación del químico como la solución de *tareas de investigación científica*, pero se ha ampliado al incluir que en su actuación también debe ser capaz de resolver *tareas de desarrollo*. Además, se precisó que el *eslabón de base* para el licenciado en Química es un puesto de trabajo en un *laboratorio*, que con independencia de la denominación que reciba —especialista, investigador... —, su contenido de trabajo sea *realizar funciones de investigación y desarrollo*.²

Se declaran ciencias afines a los campos de acción que, sin llegar a derivarse en disciplinas básicas específicas, resulta imprescindible en la actualidad considerar su vínculo con estas. Ejemplo son las Ciencias de Materiales, Ambientales, Biológicas y las Nanociencias. Se actualizaron las esferas de actuación del profesional, las tareas básicas de la profesión y se incluyó la *gestión de calidad* como una de las consideraciones a tener en cuenta en el *objetivo general* propuesto.

Teniendo en cuenta lo anterior se definieron las bases del Perfil Profesional:

■ El licenciado en Química enfrenta la solución de los problemas profesionales a través de *tareas de investigación científica y desarrollo*, lo que constituye su **MODO DE ACTUACIÓN**. Realiza actividades teóricas y experimentales, de forma sistemática y utilizando el método científico, con el fin de generar conocimientos, y aplica los resultados de la investigación para la fabricación de nuevos materiales o

¹ Aceptación de RETO según el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española.

² No significa sustituir las funciones de un técnico medio en la especialidad, sino poder manifestar el modo de actuación

declarado, desempeñando sus funciones en un primer nivel de solución de los problemas profesionales que se le planteen.

productos, el diseño de nuevos procesos o sistemas de producción y la mejora de los existentes.

- El modo de actuación se desempeña en centros de investigación, producción y servicios, vinculados fundamentalmente a las **ESFERAS DE ACTUACIÓN**: biotecnológica, ambiental, médico-farmacéutica, energía y petróleo, caña y sus derivados, gestión de la calidad, minero-metalúrgica, agroalimentaria y de la defensa, así como en el área de la normalización y metrología, entre otras. También está capacitado para comunicar contenidos de Química y desarrollarse en el campo de la docencia universitaria.
- Las **FUNCIONES** principales del profesional son:

1. Obtener sustancias mediante síntesis o aislamiento, seleccionando el procedimiento más adecuado, adaptándolo creativamente a las condiciones de trabajo.

2. Caracterizar la composición y estructura de sustancias y mezclas, mediante la medición de magnitudes físicas y químicas, utilizando métodos teóricos y las técnicas más empleadas en la investigación, la producción y los servicios, adecuándolas con creatividad a las características del problema a resolver.

3. Interpretar y predecir el comportamiento de sistemas químicos aplicando modelos y teorías científicas que expliquen las propiedades de las sustancias.

4. Trabajar en el laboratorio y/o en la industria, teniendo en cuenta requerimientos de calidad, criterios económicos, medidas de protección, de seguridad y de preservación del medio ambiente, sobre la base de los fundamentos de la química sostenible.

5. Trabajar de forma individual y en equipo de una manera responsable y ética.

6. Diseñar experimentos, procesar los resultados, almacenar y recuperar la información, aplicando criterios estadísticos y software de uso general y especializado, en correspondencia con el problema a resolver.

7. Elaborar documentos científicos a partir del procesamiento y valoración de los resultados experimentales obtenidos y la consulta de bibliografía especializada, tanto en español como en inglés.

8. Colaborar con otros especialistas en la introducción de los resultados en la práctica social y en su protección legal.

9. Comunicar contenidos relacionados con la Química ante una comunidad científica, tribunales o auditorio no especializado, tanto en idioma español como en inglés, utilizando las tecnologías de la información y las comunicaciones.

El **OBJETIVO GENERAL** de la Carrera es:

Resolver problemas relacionados con la síntesis, aislamiento, caracterización, modelación y transformación química de las sustancias en el campo de la química o afines, de forma individual o colectiva, con creatividad, independencia y honestidad, aplicando la metodología de la investigación científica, teniendo en cuenta consideraciones económicas, éticas, de protección del medio ambiente, de gestión de la calidad y de la defensa del país, que faciliten una adecuada toma de decisiones, con un alto sentido de responsabilidad y compromiso político y social.

Estas modificaciones fueron avaladas por opiniones muy favorables recogidas en una encuesta realizada a expertos con un promedio de más de 23 años de experiencia profesional, que se desempeñan en 38 centros laborales vinculados al perfil químico, distribuidos en las tres regiones del país donde se forman licenciados en Química.

De ellos, el 46,4% son Doctores en Ciencia; Master en Ciencias el 62,2%; han realizado estudios de Diplomados el 18,2% y de Especialización el 15,9%.

Las características y distribución de la muestra evidencian la confiabilidad de sus criterios. El resultado del procesamiento de las opiniones recogidas sobre el nuevo diseño se resume en los gráficos 1 y 2.



Gráfico 1. Valoración sobre la pertinencia de las esferas de actuación.

El gráfico 1 muestra la valoración sobre la pertinencia de las esferas de actuación declaradas. Se observa que más del 95 % de los encuestados considera pertinente o muy pertinente la mayoría de las esferas de actuación declaradas. Solo el 56 % valora acertadamente la esfera de la Defensa, lo cual puede estar sesgado por el posible desconocimiento de las múltiples tareas profesionales que un químico puede desempeñar en este ámbito.

El gráfico 2 valora el nivel de adecuación de las funciones profesionales enunciadas. Muestra que todas son consideradas como muy adecuadas o adecuadas por más del 90 %, excepto “colaborar con otros especialistas en la introducción de los resultados en la práctica social y en su protección legal”, pero de todas formas el 84% la valora positivamente.

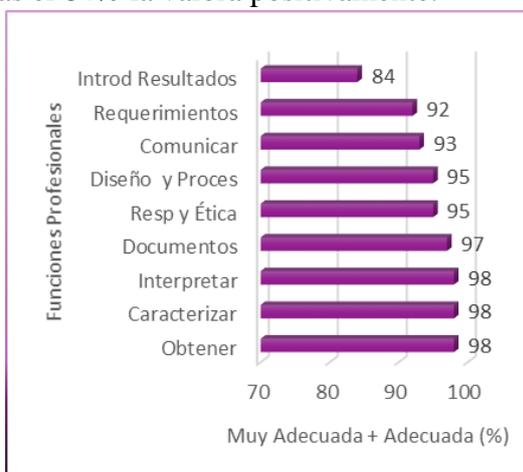


Gráfico 2. Nivel de adecuación de las funciones profesionales.

El nuevo diseño solo ha sido posible logrando un mayor nivel de integración y esencialidad de los contenidos, tanto vertical dentro de las disciplinas como horizontal en los años académicos. Esto exige la introducción de métodos y medios de aprendizaje que potencien la actividad independiente de los estudiantes y un incremento relativo del tiempo dedicado a las clases prácticas, seminarios y laboratorios.

Para ello, todas las disciplinas de la carrera se diseñaron de forma tal que se lograra la:

- ✓ Ampliación del trabajo práctico y la disciplina Química sistemática de investigación.
- ✓ Reordenamiento de contenidos específicos en asignaturas optativas y/o de postgrado.

Asimismo, cada disciplina reestructuró sus contenidos esenciales para garantizar estos propósitos.

En este sentido, resulta novedoso la consecución de un viejo anhelo de la carrera: la integración de los contenidos básicos sobre enlace químico y estructura de la sustancia, que históricamente se impartían de manera fragmentada entre las asignaturas *Química General* y *Química Inorgánica I*. Con este objetivo, se diseñó la asignatura *Fundamentos de Estructura y Enlace*.

En consecuencia, la disciplina Química General quedó conformada por dos asignaturas, una precedente de igual nombre que constituye un eslabón entre los conocimientos de Química de la enseñanza media superior y la universitaria. Se encarga del estudio de la estequiometría, las disoluciones, termoquímica, cinética química, equilibrio químico, equilibrio iónico, y las reacciones de oxidación reducción.

La nueva asignatura *Fundamentos de Estructura y Enlace* integra los contenidos esenciales sobre el enlace químico, la estructura atómica y molecular, de los sólidos y la reactividad de las sustancias, a partir de los postulados fundamentales de los modelos teóricos relacionados. De esta forma el estudiante, desde los primeros años, será capaz de explicar la reactividad de sustancias sobre la

base de la relación entre el tipo de enlace y la estructura con sus propiedades.

La disciplina Química Inorgánica parte del estudio de la periodicidad química y aborda el análisis sistemático de las propiedades de sustancias simples y sus compuestos a partir de la integración y sistematización de tópicos generales de la química de los elementos. El estudio de la Química descriptiva se orienta como trabajo independiente que se ejercita y comprueba en clases prácticas y prácticas de laboratorio.

En la disciplina Química Analítica se reordenan los contenidos básicos de Métodos Clásicos, Instrumentales y de Separación y Concentración dentro del tipo de equilibrio químico correspondiente en el currículo básico. Los relacionados con los Métodos Electroquímicos se integran en el currículo básico.

La disciplina Química Orgánica integra y generaliza los contenidos relacionados con las familias del grupo carbonilo. Amplía la orientación de contenidos como trabajo independiente que se ejercitan y comprueban en clases prácticas y prácticas de laboratorio.

La reorganización de contenidos de electroquímica dentro del formalismo de los temas de termodinámica y de fenómenos de transporte, así como la integración de estos últimos, constituyen el sello distintivo de la disciplina Química Física en el nuevo plan de estudio.

Se mantiene la disciplina integradora Métodos de Investigación en Química, cuya forma de enseñanza fundamental es la práctica laboral investigativa. En su nueva concepción cobra especial relevancia la realización de trabajos de curso como **etapas de la ejecución de un Proyecto de Investigación o Desarrollo**.

El estudiante se inserta desde segundo año en un colectivo de trabajo de la Universidad o centro externo, donde confeccionará y llevará a cabo un **Proyecto de Investigación o Desarrollo**, que será controlado en diferentes etapas. A partir de ese

momento debe lograr de forma paulatina y lógica, el cumplimiento de objetivos y tareas parciales, de forma tal que constituyan un trabajo de curso en cada año académico.

También resalta el papel fundamental que cobran en esta forma de enseñanza las estrategias de Inglés, Medio Ambiente y formación Económica.

En cuarto año, la última etapa de ejecución y presentación de los resultados obtenidos durante todo el desarrollo del Proyecto, adquiere las características de un trabajo de diploma,³ por lo que en su evaluación final los estudiantes deberán demostrar un mayor dominio de conocimientos, métodos científicos y técnicas característicos de la profesión que en las etapas anteriores.

Conclusiones

Así, se pueden plantear como logros generales del nuevo Plan de Estudio:

- Mayor integración intra e interdisciplinar, a partir de *mantener los contenidos fundamentales ajustados* a los requerimientos básicos que necesita el recién graduado.
- Mejor armonización de la organización de los temas de cada disciplina, considerando la necesaria *precedencia de contenidos de una disciplina para otras*.
- *Mayor trabajo independiente de los estudiantes* a través de la preparación para seminarios, talleres, clases prácticas y laboratorios.
- *Mayor coherencia en el desarrollo de la práctica laboral investigativa*, al modelar su diseño de forma más cercana al trabajo de investigación por proyectos que caracteriza la ciencia actual.

De esta forma, a partir del trabajo de los colectivos de carrea de las Universidades de La Habana, de Las Villas y de Oriente, la Comisión Nacional de Carrera, considera haber respondido al reto de diseñar un plan de estudio que superara la calidad del anterior, con la formación en cuatro años de un profesional que responda a las necesidades de nuestro tiempo.

³ Tipo de trabajo investigativo de los estudiantes que les permite adquirir un mayor dominio y actualización de los métodos científicos y técnicas característicos de la profesión.

Se realiza de manera individual y, por lo general, en una de las esferas de actuación del profesional.

Un acercamiento a la Historia de la Química en Cuba a partir de 1959

Historia de la
Química

Rebeca Vega Miche

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



Como continuación del artículo publicado en el número anterior de la revista *Encuentro con la Química* publicamos el artículo “Un acercamiento a la Historia de la Química en Cuba: de la Colonia hasta 1959”, en este analizaremos a lo que ha ocurrido con esta disciplina a partir de 1959.

LA QUÍMICA DESPUÉS DE 1959

Resulta complejo escribir sobre los avances de la Química en Cuba después de 1959 debido por una parte a las disímiles líneas de investigación que se han desarrollado, los logros y nivel científico alcanzado, y por otra a causa de la inter y multidisciplinariedad de los mismos, los numerosos científicos e instituciones que han trabajado, las distintas esferas y campos de actuación donde la Química ha participado y por su ocurrencia e incidencia en todo el territorio nacional. También incide que el desarrollo de la Química no ha sido evaluado históricamente y la información está dispersa, por lo que solo se pueden señalar los hechos más relevantes.

El 15 de enero de 1960, Fidel Castro establece las bases de lo que sería la política científica de Cuba al plantear que “*El futuro de nuestra Patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, de hombres de pensamiento*”. Esta filosofía implicó un cambio radical en lo que respecta a la enseñanza de la ciencia y la tecnología ya que había que

responder a las exigencias del desarrollo económico y social del país.

En 1962 se aprueba la ley Reforma Universitaria, hito importante en la educación superior cubana. En el espíritu de la Reforma estaba la transformación universitaria, no solo desde el punto de vista estructural sino en lo que se refiere a la formación de los profesionales, dejando atrás una enseñanza tradicional para asumir la construcción y producción del conocimiento científico. En consecuencia, se produce un cambio radical en la relación de la Universidad con la sociedad. Con la Reforma se instituye la carrera de Química en las tres universidades. Los planes de estudio de la carrera se fueron perfeccionando para adecuar su nivel científico al creciente desarrollo de la Química en el mundo, a las nuevas tendencias pedagógicas y a las necesidades del país. Las tres universidades priorizan la investigación básica y aplicada en Química en temas de importancia científica para el territorio, en los cuales participan tanto para los profesores como los estudiantes. En la actualidad, la carrera está evaluada de excelencia en las tres instituciones, lo que responde a la calidad de su claustro y a la formación de los profesionales que egresan de ella. Hasta el año 2012, y sólo en la Universidad de La Habana, se habían graduado 2393 licenciados en Química.

En 1971, se crea la carrera de Bioquímica, a partir de la carrera de Química. En su desarrollo se unió durante un breve periodo a la carrera de Farmacia como bioquímica farmacéutica,

estableciéndose finalmente con propiedad con un perfil propio. Actualmente se denomina carrera de Bioquímica y Biología molecular. Hasta el momento es una carrera nacional, acreditada de excelencia, que se cursa solo en la Universidad de La Habana.

También se continuó la formación de ingenieros químicos y con la Reforma se crea la carrera de Ingeniería Industrial.

En 1976, se funda el Ministerio de Educación Superior, MES, como organismo encargado de dirigir, proponer, ejecutar y controlar la política del Estado y el gobierno en cuanto a la educación superior. Un paso importante en el aumento de la calidad de la enseñanza universitaria fue la aprobación de la ley de categorías docentes. Durante los cursos 75-76 y 76-77, los tribunales designados evaluaron el profesorado y en 1977 se imponen las categorías de profesores titulares y auxiliares.

Desde muy temprano, las universidades promueven las investigaciones científicas entre sus profesores. En 1962 comienza el intercambio científico con los antiguos países socialistas, y profesores de Química realizan estudios postgraduados en el extranjero y asesores del campo socialista desarrollan estancias de trabajo en Cuba. Se forman los primeros doctores en Ciencias Químicas en Cuba, en el campo socialista, y en menor medida en otros países europeos. Se abren algunos programas de maestrías en Química. En 1971, se realiza el I Seminario de Investigaciones de la Facultad de Ciencias donde se discuten 89 ponencias, de las cuales 12 son de Química, y 12 de Bioquímica Farmacéutica. En 1971 comenzó a aplicarse el principio de estudio trabajo como parte de la formación universitaria y la práctica profesional empezó a aplicarse en los años superiores de la carrera de Química y sus resultados se presentan en la Jornada Científica Estudiantil.

En 1965, se crea el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, CNIC, con la

finalidad de crear las condiciones para el desarrollo de investigaciones en diferentes áreas de la biología y la química. Este centro estuvo adscrito inicialmente a la Universidad de la Habana, pasando en 1976 al MES, convirtiéndose luego en una entidad independiente. El CNIC se nutrió originalmente de un pequeño grupo de médicos que se dedicarían a la investigación biomédica y también de químicos e ingenieros de diferentes especialidades. La finalidad principal del centro en sus primeros años era elevar la preparación en “ciencias básicas” (Matemática, Física, Química, Biología) de esos jóvenes graduados de medicina, y se organizó un programa de cursos, prácticas, estancias y becas dirigidos por profesores cubanos y asesores extranjeros, iniciándose en tareas investigativas. Al CNIC pasan a trabajar investigadores de experiencia y muchos profesores y graduados de Química participaron de esta formación postgraduada.

En pocos años, y gracias —en parte— a una fuerte inversión en equipamiento, el CNIC se transformó en el “centro de excelencia” nacional para investigaciones químicas y biológicas experimentales. En lo que a la química se refiere, el CNIC desarrolló los procedimientos para la obtención del policosanol (conocido como PPG). Además, desarrolló trabajos de síntesis, aunque centró su labor en el análisis químico. Para ello introdujo en Cuba las técnicas de espectrometría de masa, de resonancia magnética nuclear, de absorción atómica, de ultracentrifugación, análisis automático y muchas más.

La política en ciencia y tecnología promovió reorganización y creación de centros o instituciones de investigaciones en el país.

La Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana, da paso en 1962 a la Academia de Ciencias de Cuba (ACC), renovada en sus objetivos y dirección. A la Academia quedan adscritos un grupo de institutos de investigación y sociedades científicas. En esos años su principal prioridad eran las investigaciones relacionadas con los

recursos naturales y los estudios históricos y sociales. En 1980, se le transfieren a la Academia las funciones del Comité Estatal de Ciencia y Técnica y se le da la tarea de ser el organismo rector de la ciencia y la tecnología a nivel nacional.

En lo que respecta a las investigaciones en el sector de la agricultura, la Estación Experimental Agronómica de Santiago de las Vegas se convirtió en el centro nacional para las investigaciones no cañeras y no tabacaleras. La Estación Experimental fue adscrita al Instituto Nacional de Reforma Agraria y se le asignó un presupuesto que permitió el desarrollo de las investigaciones agrícolas en el país. En 1967 pasa a ser el Instituto de Agronomía de la Academia de Ciencias. Dado el desarrollo alcanzado, la estación se convierte, en 1974, en Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt, INIFAT. Durante este periodo alcanza resultados importantes en la obtención de nuevas variedades de hortalizas y de semillas de cultivos; la recomendación de nuevos plaguicidas; el incremento en rendimientos de frijol, el establecimiento del cultivo de la soya, además del desarrollo de tecnologías de fabricación de biofertilizantes y bioestimuladores.

Ya en la década del 70 se crean por el Ministerio de Agricultura, la Academia de Ciencias y la Universidad de La Habana, un conjunto de nuevos institutos de investigación agrícola y pecuaria. Un ejemplo es el Instituto de Ciencia Animal (ICA) fundado en 1973, anexo a la Universidad de la Habana. Priorizado en cuanto a recursos para las investigaciones, logró en poco tiempo un alto nivel científico. Fue un centro pionero en las investigaciones bioquímicas y graduados de la carrera de Química formaron parte de ello.

En 1961, el Ministerio de Industrias, dirigido por Ernesto "Che" Guevara, trazó una estrategia de desarrollo industrial, en cuatro líneas: metalurgia, construcción naval,

electrónica y sucroquímica. A partir de esa estrategia se fundan entre 1962 y 1963, entre otros, tres centros donde la Química juega un papel importante: el Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), el Instituto Cubano de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) y el Instituto Cubano de Desarrollo de la Industria Química (ICIDIQ), más tarde Centro de Investigaciones Químicas, (CIQ). A partir de 1959, y con programas de desarrollo integrales en diferentes ramas, se incrementó en el país la presencia de la industria química.

Las principales producciones industriales son: ácidos y sales inorgánicas, gases, cloro, sosa, oleum, fertilizantes, explosivos nitroamoniacaes, pinturas, barnices y tintas, plaguicidas y fibras químicas. Las industrias papeleras, de la goma, de materiales de construcción, plásticos y la industria eléctrica completan este panorama. La mayoría de estas industrias cuentan con centros de investigación-desarrollo asociadas a las mismas.

Las investigaciones en área de las ciencias médicas también se desarrollaron a partir de 1959. Los institutos creados en la primera mitad de siglo, que se habían mantenido con escasos recursos y esfuerzos personales de sus investigadores se reorganizan y revitalizan y amplían sus funciones. Estos centros quedan incluidos dentro del Sistema Nacional de Salud.

El Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kouri", heredero del creado originalmente en 1937, se refundó en 1979 con los objetivos de proteger a la población cubana y otros países de las llamadas enfermedades tropicales. Sus investigaciones han logrado importantes avances en los campos de la Microbiología, Parasitología, Epidemiología y Medicina Tropical.

Algo similar sucede con el Instituto Nacional de Higiene y el Laboratorio Histobacteriológico e Instituto de Vacunación Antirrábica. En la década del 60, ambos centros se funden bajo el nombre de Instituto de

Higiene y Epidemiología (INHE) que asume los trabajos de epidemiología. Posteriormente se incorpora el Laboratorio de Nutrición del Instituto Finlay y los Departamentos Nacionales de Medicina del Trabajo y de Higiene de los Alimentos. Desde 1969, se designó a la institución con el nombre de Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Un grupo de licenciados en Química trabaja en los laboratorios de esta institución. El INHEM desarrolla sus investigaciones científicas en Salud Ambiental y Epidemiología.

Como dato de interés cabe señalar que hasta 1973 se habían creado 53 entidades de I+D (Investigación y Desarrollo) en el país, parte importante del conjunto de institutos de investigación en las ciencias exactas y naturales, médicas, tecnológicas, agrícolas y sociales. En lo que respecta a Química en esos primeros años de los 70, el Consejo Científico de la Dirección de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de la Habana redacta un informe acerca de las investigaciones fundamentales en esta ciencia y las instituciones que trabajaban en las mismas. Ese informe refiere que las principales instituciones son las escuelas de Química de la Universidad de La Habana, la Universidad Central de Las Villas, la Universidad de Oriente, la Universidad de Camagüey, la Escuela de Bioquímica de la UH, el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y el Instituto Técnico Militar. En la Academia de Ciencias de Cuba la actividad estaba concentrada en el Instituto Nacional de Investigaciones Fundamentales de la Agricultura Tropical y en el Instituto de Química, mientras que en los organismos de producción los principales centros eran: el ICIDCA, el ICINAZ, el CIPIMM, el Instituto Cubano del Petróleo, el Centro de Investigaciones Químicas y el Ministerio de Salud Pública. Se plantea en el informe que el 90% de estas dirigidas a resolver problemas inmediatos de la producción y los servicios estando comprendidas dentro de las

investigaciones aplicadas y de desarrollo. La investigación fundamental orientada es solo una pequeña fracción de la actividad investigativa y en esa línea se ubican la química del furfural y sus derivados, métodos de extracción y separación de níquel y cobalto, estudios de corrosión, la obtención de nuevos materiales y fármacos y el desarrollo de nuevos métodos analíticos.

En el año 1981 se crea el Frente Biológico que agrupó algunas instituciones que se dedicaban a la investigación biomédica, y una de sus primeras tareas fue la obtención de interferón, producto con propiedades antivirales y efectivo en la lucha contra ciertos tipos de cáncer. Un pequeño grupo de científicos cubanos se entrena en el Centro Anderson en Houston Estados Unidos y en Finlandia y en 1981 comienza a producirse en Cuba, interferón obtenido de leucocitos, el cual se empleó con éxito en la epidemia de dengue hemorrágico de ese año. En 1982 se funda el Centro de Investigaciones Biológicas, donde se trabajó en las investigaciones para la obtención de interferón por ingeniería genética, a partir de la considerable experiencia acumulada por el Departamento de Genética de Microorganismos del CNIC.

El Centro de Investigaciones Biológicas dio paso, en 1986, al Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), que se agrupó a muchos investigadores provenientes de otras instituciones entre ellas el CNIC y la UH. En el CIGB se han realizado importantes trabajos de investigación, con importantes resultados, como la vacuna recombinante contra la hepatitis B; el factor de crecimiento epidérmico, obtenido también por vía recombinante; la estreptoquinasa (obtenida así por primera vez en el mundo), y otros muchos compuestos.

Se ha ido creando la capacidad científica y técnica para asumir la producción nacional de fármacos, medios diagnósticos y productos biológicos. Las instituciones que desarrollan investigaciones científicas en el área biomédica

se agruparon, en 1991, en el Polo Científico del Oeste de La Habana, que incluye, entre otras instituciones, un nuevo Instituto Finlay, el Centro de Inmunología Molecular y el nuevo Instituto de Medicina Tropical. El Instituto Finlay se dedica, sobre todo, a la obtención y producción de vacunas, destacándose la obtenida contra la meningitis meningocócica B-C y el Centro de Inmunología Molecular ha logrado un conjunto de anticuerpos monoclonales muy eficientes en la lucha contra diferentes tipos de tumores malignos.

Un resultado relevante de las investigaciones apoyadas por el Polo Científico, fue la obtención en el 2004, de la primera vacuna sintética contra el *Haemophilus influenzae* Tipo b en el cual el laboratorio de antígenos sintéticos de la Facultad de Química tuvo un papel preponderante. En este caso utilizando procedimientos químicos novedosos y extraordinariamente complejos se sintetizó la vacuna a partir de polisacáridos conjugados.

Los problemas medioambientales comienzan a ser investigados en Cuba en la década del 90. El tratamiento de residuales, la detección de contaminantes, el uso de fuentes de energía alternativas, la producción de sustancias químicas biodegradables son algunas de las líneas investigativas que se desarrollan en la actualidad en esta temática. La Química está íntimamente vinculada a los trabajos interdisciplinarios que se están realizando para contrarrestar los daños ecológicos y a las medidas de protección del medio ambiente.

En 1994, se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba (CITMA) a partir de la integración de la Academia de Ciencias de Cuba, la Secretaría Ejecutiva para Asuntos Nucleares, la Comisión Nacional para Protección del Medio Ambiente y el Uso Racional de los Recursos Naturales y la Comisión Rectora del Gran Parque Nacional Sierra Maestra. El CITMA es el órgano estatal que se encarga de *dirigir, ejecutar y controlar*

la política del Estado y del Gobierno en la actividad científica y tecnológica, la política ambiental y de uso pacífico de la energía nuclear, asegurando su desarrollo y evolución de una manera coordinada para contribuir al desarrollo sostenible del país. La creación de este Ministerio, en una etapa tan difícil del período especial, más que tener por propósito una realización en sí, fue una expresión concreta de la voluntad política del Estado y el Gobierno cubano de la prioridad que desde los primeros años de Revolución se les ha concedido a estas actividades.

La Academia de Ciencias de Cuba, a partir de 1996, queda integrada por científicos de relevantes méritos, representantes a título personal, con carácter honorario y en condición de Académicos de la comunidad científica nacional. La ACC tiene actualmente entre sus objetivos principales contribuir al desarrollo de la ciencia cubana y a la divulgación de los avances científicos nacionales y universales, prestigiar la investigación científica de excelencia en el país, elevar la ética profesional y la valoración social de la ciencia, así como estrechar los vínculos de los científicos y sus organizaciones entre sí, con la sociedad y con el resto del mundo.

Forman parte también de la ACC las sociedades científicas nacionales, entre las cuales se halla la Sociedad Cubana de Química (SCQ). La SCQ fue creada en 1978 con el objetivo de promover la unión y comunicación entre químicos, bioquímicos e ingenieros químicos del país. Con más de 900 asociados, la SCQ auspicia la *Revista Cubana de Química* y la revista divulgativa *Encuentro con la Química*, los Congresos de la Sociedad Cubana de Química, la Conferencia de Química de Oriente y el Simposio Internacional de Química de Las Villas.

Bibliografía

- III Congreso de la Sociedad Cubana de Química. Resúmenes. Revista Cubana de Química. Vol. X, No. 4, **1998**.
- Palabras de Rosa Elena Simeón, Presidenta de la Academia de Ciencias de Cuba en el día de la Ciencia Cubana. Periódico Granma. La Habana, 16 de enero de **1990**.
- De Armas, R.; Torres-Cuevas, E.; Cairo A. Historia de la Universidad de La Habana, Ed. Ciencias Sociales, La Habana, **1984**.
- Díaz F. Miembros Fundadores de la Real Academia de Ciencias Médicas, Físicas y Naturales de La Habana. Ed. Academia, La Habana **1983**.
- Altshuler J. Presentación en el primer taller de Historia de la Química Luis F. Le Roy. 12 de enero de **2018**.
- Breve esbozo del desarrollo de la ciencia y la tecnología en Cuba En: <http://resultados.redciencia.cu/historia/>
- Vega, R. De la Píldora de Ugarte al PPG. *Revista Cubana de Química*. **2000**

A 155 años de la fundación de la Facultad de Ciencias de la Universidad de La Habana

Historia de la
Química

Rebeca Vega Miche

Facultad de Química
Universidad de La Habana

vega@fq.uh.cu



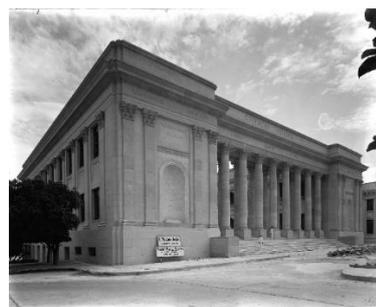
A fines del mes de agosto de 1863 se publica en la Gaceta de La Habana un nuevo plan de estudios para la Universidad de La Habana que conllevó la creación de la Facultad de Ciencias, por lo que este año cumpliría su 155 aniversario.

En sus inicios en esa institución universitaria solo se impartían programas preliminares y de ampliación, correspondientes al Bachillerato, que debían cursar, como requisito previo los aspirantes a las carreras de Derecho, Medicina y Farmacia. La Facultad abarcaba tres secciones, Ampliación de la Física Experimental a cargo del Dr. Antonio Caro Cerecio, la de Química General que desempeñó Cayetano Aguilera Navarro y la de Zoología Botánica y Mineralogía con nociones de Geología, que ocupó el eminente naturalista Felipe Poey Aloy.

El plan de estudios de 1880 aprobado en España para la Real y Literaria Universidad de La Habana amplió los estudios de ciencias al nivel de licenciatura en 1880. Ya en 1883 se establecen los estudios de doctorado y como consecuencia de estos cambios la Facultad se reestructura en tres secciones: Ciencias Físico Matemáticas, Ciencias Físico Químicas y Ciencias Naturales. En estas últimas dos décadas del siglo XIX se encuentran profesando en las cátedras de ciencias, los doctores Claudio Mimo, Manuel Fernández de Castro, Plácido

Biosca Viñoles, Simón Vila Vendrell, Carlos Theye y Lhoste, Aristides Mestre Hevia, Juan Vilaró Díaz y Carlos de la Torre Huerta, entre otros. Los programas aprobados para impartir eran los mismos de las universidades españolas.

Al finalizar la guerra del 98 y durante la intervención norteamericana en Cuba, se implementan primero el Plan de Estudios González-Lanuza (Noviembre de 1899) y después el Plan Varona (Junio 1900) mediante las órdenes militares 216 y 26. Con el Plan Varona se reestructuran las facultades universitarias y se crea la Facultad de Letras y Ciencias con su correspondiente Escuela de Ciencias.



Fachada de la antigua Facultad de Ciencias y su patio central (Hoy Facultad de Matemática y Computación).

En la Escuela de Ciencias en su inicio funcionaron las cátedras: *A* que impartía los cursos de Análisis Matemático; *B*, Trigonometría y Geometría; *C*, Mecánica racional y Astronomía; *D*, Mecánica y Física; *E*, Química; *F*, Antropología; *G*, Biología y Zoología; y *H*, Mineralogía, Cristalografía y Geología. En la década del 30 y con la incorporación de nuevos cursos el número de cátedras se amplía y en particular en Química se crean la cátedra *K* para la Química Orgánica, la cátedra *L* para el Análisis Químico y años más tarde en 1953, la cátedra *P* para la Química Física.

Entre los profesores de la Escuela de Ciencias en esta etapa republicana se pueden mencionar a los matemáticos Pablo Miquel Merino, Mario González, Juan M. Lagomasino; los físicos Manuel F. Gran Gilledo, Marcelo Alonso y Enrique Badell; los químicos Francisco de la Carrera, Francisco Vargas, Luis Felipe Le Roy, y Ernesto Ledón Ramos y a naturalistas como Luis Montané Dardé y Carlos García Robiou, entre otros.



Antiguos edificios de Química (hoy Facultad de Filosofía e Historia) y de Física (hoy alberga la

biblioteca de la Facultad de Filosofía y otras dependencias universitarias).

Con la reforma universitaria en 1962 se constituye nuevamente la Facultad de Ciencias, y se crean las escuelas de Matemática, Física, Química, Geografía, Biología y Psicología, con carreras de licenciatura Matemática, Física, Química, Química Farmacéutica, Ciencias Biológicas, Psicología, Geografía y Geología.

El nivel alcanzado en estas ciencias después del triunfo revolucionario, conducido por una adecuada política científica en el país, posibilitó que en 1979 desapareciera como tal la Facultad de Ciencias, surgiendo nuevas facultades para estas disciplinas, todas ellas con claustros de excelencia y que desarrollan en la actualidad la docencia de pre y postgrado, así como importantes tareas de investigación, producción y servicios dentro y fuera del ámbito universitario.

BIBLIOGRAFÍA

- Batard L.F., Villegas P.(2010) Las ciencias exactas y naturales en Cuba. Ed. Científico-Técnica. La Habana.
- De Armas, R., Torres-Cuevas, E., Cairo A. (1984) Historia de la Universidad de La Habana. Tomos I y II. Ed. Ciencias Sociales. La Habana
- Le Roy L. F. (1963) La Facultad de Ciencias de la Universidad de la Habana en el centenario de su creación. Imprenta de la Universidad de La Habana, La Habana.
- Vega, R. (2008). Química Intramuros. *Revista Universidad de La Habana*. Número Especial por el 280 Aniversario de la UH.

Alfred Sklar, la Química Física y los Coloides

Historia de la
Química

Rebeca Vega Miche

Facultad de Química
Universidad de La Habana

vega@fq.uh.cu



Durante la Segunda Guerra Mundial se inició en Cuba un tímido desarrollo industrial debido a las restricciones en las importaciones tanto desde Europa como de los Estados Unidos. Se fundaron algunas industrias dedicadas a la producción de cerveza, refrescos, ron, conservas, textiles, cuero, jabón y detergentes, neumáticos, papel, vidrio, pinturas, fertilizantes. Esta incipiente industria nacional despertó el interés, tanto en los aspectos teóricos como aplicados, de los sistemas coloidales.

Hay que recordar que una dispersión coloidal contiene partículas de diámetro comprendido entre 1 nm y 1 μm , lo que confiere a las mismas peculiares propiedades ópticas, cinéticas, eléctricas, como la adsorción superficial, el efecto Tyndall, la electroforesis, la diálisis, etc., de gran aplicación en Química.

El plan de estudios de 1944 para el Doctorado en Ciencias Físico Químicas solo contaba con un curso de Química Física, lo que no permitía profundizar en las propiedades de los coloides y menos discutir sobre sus aplicaciones industriales.

No es de extrañar entonces que el decano de la Facultad de Ciencias y director de su sección de Química, Dr. Francisco de la Carrera, solicitase al estadounidense Dr Alfred Sklar,

profesor de Química en la Universidad Católica de América y en la John Hopkins y residente en Cuba en esa época,⁴ que dictase un curso acerca de la Física, la Química y la Tecnología de los fenómenos de superficie.



Dr. Alfred Sklar

El curso estuvo organizado en dos partes. La primera dedicada a la Física y la Química de los coloides, abarcó la clasificación y preparación de los sistemas coloidales, las suspensiones, emulsiones, geles, y espumas, los fenómenos electrocinéticos, así como la coagulación y sedimentación. La segunda estuvo dirigida a la tecnología de los coloides y los materiales amorfos, y analizó las aplicaciones en diferentes industrias como: la goma, el cemento, resinas, pinturas, barnices, cosmética, papel, cuero, textil, y alimentación, entre otras.

⁴ Para mayor información ver artículo "La mecánica cuántica visita la Universidad de la mano de Linus Pauling" en Encuentro con la Química Vol. 3., No. 2, 2016

Las conferencias se convocaron dos veces por semana en los horarios de 6 a 9 PM y se emitió el certificado correspondiente a los alumnos que asistieron regularmente y rindieron satisfactoriamente las pruebas exigidas.

Desde un punto de vista teórico vale señalar que si bien el programa contiene temas bastante avanzados para la época como lo era la electroforesis, no realiza distinción entre partículas coloidales y macromoléculas, a pesar de que ya estaban publicados los trabajos de Staudinger y se realizaban importantes investigaciones en el campo de los polímeros.

A pesar de sus posibles limitaciones, la impartición de este curso es un ejemplo muy poco frecuente de una vinculación entre la docencia universitaria y los intereses del desarrollo nacional durante la república mediatizada.

BIBLIOGRAFÍA

- Vega R. Un acercamiento a la Historia de la Química en Cuba, de la Colonia hasta 1959. *Rev. Encuentro con la Química*. Vol.4, No. 2, 2018.
- Archivo UH. Francisco de la Carrera. Expediente Administrativo No. 9035.



*Dr. Julio Cesar Llopiz Yurell
1948-2018*

La Facultad de Química y el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Materiales (IMRE) de la Universidad de La Habana ha perdido a otro de sus profesores, el Doctor en Ciencias Químicas y Profesor Titular Julio César Llopiz Yurell. Llopiz, como era conocido, nació en Niquero, actual provincia de Granma, el 2 de julio de 1948. Comenzó, con sólo 16 años, a estudiar la carrera de Química, graduándose como licenciado en 1969. Durante su etapa como estudiante participó durante cuatro años en los llamados grupos polivalentes dirigidos por el Dr. Amaral con trabajos de perfil químico en varias industrias, así como en los análisis de suelos para el plan café Nuevo Mundo del Cordón de La Habana en 1968-69. Su labor profesional la inicia en la entonces Escuela de Química dentro del departamento de Química General e Inorgánica. Desde muy temprano se interesó por la ciencia de los materiales y se le recuerda a comienzos de los 70 realizando sus primeras investigaciones dirigidas a la obtención de silicio a partir de arenas sílices cubanas. En ese marco dirigió el trabajo de varios alumnos ayudantes y recién graduados. Realizó su tesis doctoral en la Universidad Lomonosov de la antigua Unión Soviética, obteniendo el grado en 1977. A su regreso, en 1979 asume la dirección del departamento de Química Inorgánica. Al crearse el IMRE y con el objetivo de desarrollar materiales para la electrónica, Llopiz pasa a realizar sus investigaciones en dicho instituto. Como profesor titular impartió docencia de pre y postgrado y dirigió más de 30 tesis de maestría y 14 de doctorado, dejando inconclusa

desafortunadamente la dirección de otros 6 trabajos de doctorado.

Fue miembro del tribunal Nacional de Grados Científicos de Química desde su creación, invitado al tribunal de Ciencias Técnicas (Metalurgia) con sede en Moa, y miembro de los comités académicos de doctorado en Química y Ciencias de Materiales, así como de la cátedra honorífica “Álvaro Reynoso” de la UH. Su labor científica fue vasta y abarcó la síntesis, caracterización y estudio de propiedades físicas y químicas de materiales tan diversos como los composites de $Al_2O_3-MgAl_2O_4$, hidroxiapatita, cementos, carbonatos básicos de níquel y cobalto, quitina y quitosana, etc., cuyos resultados están recogidos en más de 60 publicaciones, 3 libros de texto y 14 patentes.

Infatigable lector, sus intereses incluían no solo libros de ciencia, sino también los que aportaban conocimientos de historia, geografía, literatura y otras áreas de la cultura. Obtuvo importantes reconocimientos y distinciones entre los que se pueden destacar la Medalla de la Alfabetización, la moneda conmemorativa “XXX Aniversario de la ACC”, los sellos 250 Aniversario y 280 Aniversario de la Universidad de La Habana, la medalla conmemorativa 40 Aniversario de las Fuerzas Armadas Revolucionarias, y “Servicios Distinguidos de las FAR”; la Distinción por la Educación Cubana, la Distinción Rafael Ma. de Mendive, la Medalla José Tey, y la Orden Frank País de Segundo Grado. Recibió además en 1988 la "Distinción Especial del Ministro de Educación Superior y en 1988 fue seleccionado como Vanguardia Nacional de la ANIR.

Su presencia perdurará en la memoria de sus discípulos, colegas y profesionales que lo acompañaron durante sus casi 50 años de trayectoria laboral.

Rebeca Vega Miche



*Dr. Rigoberto Quintana González
1940-2018*

Nació en La Habana el 27 de febrero de 1940. Se graduó de bachiller en ciencias en el colegio “Más Luz” a finales de 1958. Graduado en 1965 de Doctor en Ciencias Químicas, último de su tipo antes de la Reforma Universitaria. En 1962 comenzó a trabajar como profesor del Instituto Preuniversitario “José Martí” de La Habana y como alumno ayudante del Departamento de Química-Física dirigido por el Dr. Antonio Alzola. Formó parte del grupo de Corrosión del CNIC donde obtuvo el grado de Máster en Ciencias. Participó en las movilizaciones durante los combates de Playa Girón y la Crisis de Octubre.

Tal y como expresase el Padre Varela, “...*la gloria de un Maestro es hablar por boca de sus discípulos...*”, es un gran honor para mí, escribir estas pequeñas y sentidas notas para rendirle tributo al Profesor Rigoberto.

El Profe Rigo, como cariñosamente lo llamábamos sus compañeros de trabajo, fue mi Maestro, colega y amigo entrañable por más de 30 años. Del Profe Rigo se puede escribir un anecdotario que no alcanzarían estas cuartillas para cubrirlo, desde su famosa “bruja del mar”, sus pronósticos meteorológicos que desafiaban al mismísimo Rubiera, como sus habilidades manuales en disímiles campos.

Fue un Profe querido y recordado por todos, por sus amenas clases y humanismo. Sus conocimientos sólidos en la termodinámica, nunca los abandonó, aún después de su

jubilación, que aconteció más que todo por problemas de salud, donde solíamos debatir en la terraza de su casa en el ultramarino pueblo de Regla, diversos tópicos relacionados con la misteriosa y apasionada entropía y la irreversibilidad del tiempo.



Junto con el Profesor Alzola y la Dra. Yolanda, durante años integraron ese trío de inolvidables termodinámicos en el Departamento de Química-Física, la termodinámica tenía un nombre: Alzola, Yolanda y Rigoberto, cuya prístina obra “*Termodinámica para Químicos*”, sigue siendo un Texto necesario en la Licenciatura en Química.

Como reconocimiento a su actividad educativa la FEU de la Facultad de Química le dedicó la Jornada Científica Estudiantil en mayo de 2013.



La memoria en desafío a la Segunda Ley de la Termodinámica, muestra su carácter “reversible” del tiempo, por lo cual el Profe Rigo vivirá para siempre en nuestro recuerdo como ejemplo de Educador, persona y amigo; gracias por todo.

*José Manuel Nieto Villar
La Habana, 28 de agosto de 2018*

Rebeca Vega Miche

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



Este año se conmemora el 290 aniversario de la fundación de la Universidad de La Habana por lo que la graduación de la Facultad de Química se ha dedicado a este importante acontecimiento.

El pasado 12 de julio se efectuó el acto de graduación de 43 nuevos licenciados en química en un emotivo acto celebrado en el Aula Magna de nuestra Universidad.

La graduación estuvo presidida por la vicerrectora Dra. Julia Ileana Deas, el decano de la Facultad de Química Dr. Dionisio Zaldívar, los vicedecanos Dres. Armando Paneque y Alicia Díaz, y la presidenta de la FEU Ariadna Valdés.



Presidencia del Acto de graduación

El pase de lista por los mártires universitarios fue realizado por el graduado José Alejandro Ricardo García, destacado de la Facultad en la esfera de trabajo defensa, título de oro y diploma al Mérito Científico, mientras que hizo uso de la palabra a nombre de los graduados, el estudiante Irodiel Viñales Lozano, destacado integral de la carrera, y

destacado también en docencia y cultura a nivel de Facultad y Universidad, Título de Oro con un índice académico de 5,19 y diploma al Mérito Científico.



Irodiel Viñales firmando el libro de graduados en la graduación de la UH



Irodiel leyendo las palabras a nombre de los graduados en la graduación de la Facultad

Fue distinguido en el acto el graduado Alejandro Fuentes García, más destacado en la Universidad en la esfera de investigaciones y en la Facultad en este mismo rubro, así como en la categoría de alumno Ayudante. Fuentes García recibió también Título de Oro y el diploma al Mérito Científico.



Alejandro Fuentes recibiendo el reconocimiento como destacado en investigaciones y como alumno ayudante

Onibag Gutiérrez Artilles fue acreedor del Diploma al Mérito Científico, y el estudiante Héctor Viel Juara recibió Título de Oro. Susandy Hernández Méndez fue seleccionada como destacada por la residencia estudiantil.



Onibag Gutiérrez Artilles (3ro de izq. a der.) recibió el diploma al Mérito Científico en la graduación UH



José Alejandro Ricardo destacado en defensa



Susandy Hernández destacada en residencia estudiantil



Héctor Viel recibiendo el Título de Oro

Los recién licenciados en Química se incorporarán a la profesión como adiestrados en diferentes centros de investigación, de la producción y los servicios de nuestro país. Entre los centros que recibirán a estos jóvenes se pueden mencionar la propia Facultad de Química, el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Materiales (IMRE), el Instituto Finlay, el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), entre otros.

Encuentro con la Química felicita a los nuevos químicos y les desea éxitos en su vida profesional asegurándoles que la Facultad de Química mantendrá sus puertas abiertas y acogerá a todos los que deseen continuar su superación académica tanto en la maestría como en el doctorado.



Foto de familia de los graduados de Curso 2017-2018

VII Congreso Internacional de Biomateriales, BIOMAT'2018. Oportunidad para reconocer a profesores que colaboran con la Universidad de La Habana

Noticias

José Ángel Delgado García-Menocal

**Centro de Biomateriales
Universidad de La Habana**
jadelgado@biomat.uh.cu



En el pasado mes de marzo se desarrolló en el Colegio San Gerónimo de La Habana el **VII Congreso Internacional de Biomateriales (BIOMAT'2018)**, organizado por el Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana, la Cátedra UNESCO de Biomateriales y el Grupo de Biomateriales del Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC-España) entre otras organizaciones e instituciones nacionales e internacionales.

BIOMAT'2018 incluyó diversas actividades docentes y científicas con la participación de gran cantidad de estudiantes y profesionales tanto nacionales como extranjeros de diversas especialidades relacionadas con la investigación de los materiales de uso médico.

Entre las actividades más relevantes destacaron:

1) La 5ta edición del **Curso Internacional de Biomateriales** con el tema central: *Avances en Biomateriales para Medicina Regenerativa y Liberación Controlada* con la presencia de 24 profesores procedentes de Alemania, Canadá, Cuba, España, EEUU, Holanda, Israel, Italia, Portugal y Reino Unido y 92 estudiantes, de ellos 16 estudiantes extranjeros de Brasil, Chile, México, Ecuador, Holanda, España y 76 estudiantes cubanos.

- 2) El Taller de Innovación, Calidad y Regulaciones de productos médicos dedicado en esta ocasión a los *“Biomateriales de uso alternativo a las amalgamas”* el cual estuvo auspiciado por la Organización Panamericana de la Salud OPS/OMS y ofreció distintos panoramas de las problemáticas asociadas al uso del mercurio.
- 3) El Taller del **Grupo Latinoamericano de Aplicaciones e Investigaciones Clínicas en Biomateriales (GLAICB)**, espacio dedicado al intercambio de experiencias y resultados de investigación entre clínicos que hacen uso quirúrgico de los biomateriales.

BIOMAT'2018 tuvo el privilegio de contar con la presencia de investigadores y profesores de talla mundial como los profesores: Dr. Allan S. Hoffman y Dr. Buddy D. Ratner ambos de la Universidad de Washington, EEUU. Asistieron también a la cita de La Habana profesores del Claustro de la Cátedra UNESCO de Biomateriales que en su XX aniversario tuvo a bien reconocer a los profesores que nos han acompañado de forma sistemática en los Cursos Internacionales de Biomateriales, a aquellos que han apoyado la actividad científica del Centro de Biomateriales y que a la vez han sido contrapartes internacionales de proyectos de

investigación o redes de colaboración y que han apoyado la superación postgraduada de nuestros profesionales.

Reconocimiento Doctor *Honoris Causa* en Ciencias Químicas al Prof. Dr. Javier Gil Mur

En el acto inaugural del BIOMAT'2018 celebrado el 14 de marzo en el Aula Magna de la Universidad de La Habana, le fue entregada la condición Doctor *Honoris Causa* en Ciencias Químicas al **Prof. Dr. Javier Gil Mur** quien es Catedrático de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC), España. El Prof. Gil Mur es Doctor en Ciencias Químicas por la Universidad de Barcelona, España (1989) y ha ocupado cargos de responsabilidad como Vicerrector de Investigación e Innovación de la UPC (2006-2010), Vicerrector de Política Científica de la UPC (2010-2013), director del Centro de Biomateriales, Biomecánica e Ingeniería de Tejidos de la UPC y director de la Escuela de Ingeniería de Barcelona (UPC). En la actualidad se desempeña como Rector de la Universidad Internacional de Cataluña.

Entre sus resultados y méritos docentes y/o académicos destaca que ha realizado importantes aportes al conocimiento en el campo de los materiales metálicos con aplicaciones en medicina, en biomecánica, así como en la ingeniería de tejidos lo que le ha permitido la realización de 654 presentaciones en congresos, conferencias, simposiums y talleres desarrollados tanto en España como en diversas partes del mundo. Además es autor de 445 publicaciones científicas de ellas 261 publicaciones en revistas científicas de la *web of science*, de 3 libros de investigación y 6 libros docentes, de 24 capítulos en libros de investigación y 21 capítulos en libros docentes, siendo el editor de 6 libros especializados. Ha participado en 75 Proyectos de Investigación financiados por diversas agencias y empresas, siendo en 23 de ellos el investigador principal.

Ha dirigido más de 50 Tesis Doctorales y es Profesor Invitado de la Universidad de La Habana así como miembro del Claustro de su Cátedra UNESCO en Biomateriales. Es director de la Cátedra Klockner Implant System (SOADCO), España. En el Centro de Biomateriales, Biomecánica e Ingeniería de Tejidos de la UPC, su colectivo de investigación se ha dedicado al desarrollo de nuevos materiales con memoria de forma para aplicaciones odontológicas y *stents* coronarios, al estudio biomecánico y la caracterización mecánica de tejidos naturales y materiales sintéticos, y para ello han trabajado en el desarrollo, caracterización, validación preclínica y clínica de nuevos implantes dentales, nuevas formulaciones de cementos acrílicos y basados en fosfatos de calcio y materiales biofuncionalizados para diversas aplicaciones clínicas. Estos desarrollos le han permitido ser autor de 22 patentes de invención.

El Dr. Javier Gil Mur es una personalidad prestigiosa y reconocida en el campo de los materiales dentales en toda Europa e Iberoamérica. Se desempeñó como presidente de la Sociedad Ibérica de Biomecánica y Biomateriales (1999 – 2001), presidente del *Scientific Advisory Committee of the University of Minnesota, School of Dentistry* de los Estados Unidos, miembro de honor de la Sociedad Española de Implantes, miembro académico de la Academia Internacional de Implantología y Periodoncia (2002), Académico numerario de la Real Academia Europea de Doctores (2013). Ha trabajado como evaluador de proyectos científicos en agencias de España, Portugal, Rumanía, Estados Unidos, Argentina y Colombia, entre otros. Es el editor principal de la revista *Journal of Applied Biomechanics and Biomaterials* y del *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, además ha ejercido como árbitro en 51 revistas científicas, la mayoría de la *Web of Science*. Ha recibido numerosos

reconocimientos a su trayectoria académica e investigadora entre los que se destacan, Miembro de Honor de Sociedad Española de Implantes, Premio de la *European Society for Biomaterials*, Premio de la Real Sociedad Española de Química, Premio a la Transferencia Tecnológica, Premio a la mejor publicación científica del *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, Premio Simon-Virgili, Premio de Biomecánica Antonio Viladot, entre otros. Ha contribuido con la formación de profesionales y especialistas de diversas regiones, impartiendo cursos en Cuba, México, Argentina, Italia y Costa Rica.



Entrega de la condición Doctor Honoris Causa en Ciencias Químicas al Prof. Dr. Javier Gil Mur por el Dr. Gustavo Cobreiro Suárez, Rector de la Universidad de La Habana

La fructífera relación de trabajo entre el Prof. Dr. Javier Gil Mur y el personal científico del Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana comenzó en el año 1997. Desde ese momento se estableció una excelente colaboración en determinadas líneas de investigación materializados a través de varios proyectos internacionales enfocados en la investigación básica y también a la investigación aplicada dirigida al desarrollo de

productos a base de biomateriales deficitarios y con una alta demanda en el Sistema de Salud Pública cubano. Desde entonces su apoyo ha sido vital en el trabajo, resultados y logros que ha alcanzado el Centro de Biomateriales entre los que destaca la obtención del Registro Médico del granulado cerámico biodegradable Biograft-G®. El profesor Javier Gil coordinó la realización de varios ensayos de caracterización exigidos en las normas internacionales de evaluación de biomateriales y que fueron decisivos para la lograr el Registro Médico del producto. El Biograft-G® se encuentra en etapa de generalización en las clínicas estomatológicas del Sistema Nacional de Salud de nuestro país y hasta la fecha cerca de un millar de pacientes han sido tributarios del mismo. Resulta oportuno resaltar que el profesor Gil Mur ha tenido vinculación directa con la realización de la parte experimental de las Tesis Doctorales de cinco investigadores de BIOMAT, los cuales actualmente se encuentran trabajando en dicha institución de la Universidad de La Habana y han desarrollado una meritoria trayectoria científica además de ocupar cargos de dirección en BIOMAT. Así mismo, ha acogido a varios investigadores cubanos en su colectivo de trabajo en la UPC para la ejecución de proyectos de investigación conjuntos entre ambas instituciones de Educación Superior. El Dr. Javier Gil fue uno de los primeros profesores extranjeros en integrar el claustro de la Cátedra UNESCO de Biomateriales y ha participado en la mayoría de las ediciones del Congreso Internacional de Biomateriales que organiza BIOMAT (1999, 2003, 2010) de los que formó parte del Comité Científico Internacional. Además, ha desempeñado un destacado papel en la formación y actualización científica de profesionales cubanos pues ha impartido 4 cursos de postgrado en Cuba, donde han participado más de 200 especialistas cubanos tanto del área de las ciencias naturales como de las ciencias médicas. Fue el artífice y principal impulsor del Convenio que se firmó entre la

Universidad Politécnica de Cataluña y el Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana. Con su entusiasmo, profesionalidad y calidez se ha ganado el aprecio y la admiración de muchos profesionales de nuestro país. Por su actitud y permanente compromiso con el Centro de Biomateriales y la Universidad de La Habana fue merecedor en el año 2002 de la Distinción de Profesor Invitado de la Universidad de La Habana. Como se mencionó anteriormente la colaboración del profesor Javier Gil Mur es de un valor incalculable para el Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana, desde hace 20 años no ha vacilado en brindar su apoyo en todo momento a la institución y a los investigadores que en ella laboran a pesar de las múltiples obligaciones que ha ido contrayendo en su exitosa carrera profesional. Ha sido un ejemplo de solidaridad y altruismo, con un carácter en extremo afable que lo ha convertido desde hace mucho tiempo en un imprescindible amigo de BIOMAT, de la Universidad de La Habana y de nuestro país.

Reconocimientos Profesores Invitados de la Universidad de La Habana: Prof. Dr. James Kirkpatrick y Prof. Dr. Rui Luis Reis

En el propio acto le fue entregada la categoría de Profesor Invitado de la Universidad de La Habana al **Prof. Dr. James Kirkpatrick**, Profesor Emérito de Patología de la *Johannes Gutenberg University* en Alemania, quien además de sus innumerables resultados y reconocimientos científicos ha mantenido por más de 16 años la colaboración con el Centro de Biomateriales de la Universidad de La Habana, asistiendo a cuatro ediciones del Congreso Internacional de Biomateriales. Ha participado como profesor en los Cursos Internacionales de Biomateriales y en los Encuentros Cuba-Alemania, organizados por la Cátedra UNESCO de Biomateriales y desarrollados en la Facultad de

Estomatología de la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana.



El Prof. Dr. James Kirkpatrick recibe la categoría de Profesor Invitado de la Universidad de La Habana de manos del Rector de la casa de altos estudios Dr. Gustavo Cobreiro Suárez

Igualmente le fue conferida la distinción Profesor Invitado de la Universidad de La Habana al **Prof. Dr. Rui Luis Reis**, Profesor de la Universidad de Minho, Portugal, quien es un científico de elevado prestigio internacional, actual Presidente Mundial de la Sociedad Internacional de Ingeniería de Tejidos y Medicina Regenerativa (TERMIS), y quien ha participado en todas las ediciones del Congreso Internacional de Biomateriales y en los cursos internacionales que se han organizado además de propiciar investigaciones en la institución que dirige contribuyendo a la superación profesional de investigadores cubanos.



El Dr. Gustavo Cobreiro Suárez Rector de la Universidad de La Habana entrega la categoría de Profesor Invitado de la Universidad de La Habana al Prof. Dr. Rui Luis Reis

Ambos profesores son dos personalidades altamente reconocidas en el campo de los biomateriales a nivel mundial, prestigian los congresos y cursos organizados por BIOMAT con su constante presencia entre nosotros y dan muestras sistemáticas de solidaridad y compromiso con la formación docente y labor investigativa de nuestro país.

En este acto desarrollado en el Aula Magna tanto el **Dr. Julio San Román del Barrio**, Coordinador Internacional del V Curso Internacional de Biomateriales, quien ostenta desde el año 2016 la distinción de Profesor Doctor *Honoris Causa* de la Universidad de La Habana, como el **Dr. Javier Gil Mur** recién nombrado, expresaron su compromiso con la Universidad de La Habana a través del Centro de Biomateriales a apoyar las actividades de investigación relacionadas con el desarrollo de nuevos materiales y dispositivos de uso médico. Así mismo, dejaron constancia de su admiración a la labor, empeño y perseverancia de los investigadores cubanos por lograr las metas científicas de la cual por 20 años podían dar fe. Expresaron su confianza en un futuro promisorio para este sector científico y su disposición de continuar relaciones de trabajo y de amistad tan entrañables como las desarrolladas hasta la fecha.



Profesores Dr. Javier Gil Mur y Dr. Julio San Román del Barrio, profesores Doctor Honoris Causa en Ciencias Químicas de la Universidad de La Habana, amigos invaluableles del Centro de Biomateriales

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

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

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

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

Con relación a las referencias bibliográficas, en el texto, los números deben aparecer como superíndices (por ejemplo, **García¹**) y, si procede, después de las marcas de puntuación (por ejemplo, **Soto.²**). Los nombres de las revistas deben abreviarse de acuerdo al Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI) [en caso de duda, consúltese: www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html] y deben seguir el estilo general siguiente:

Artículos de revistas:

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

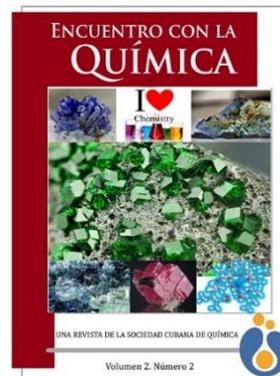
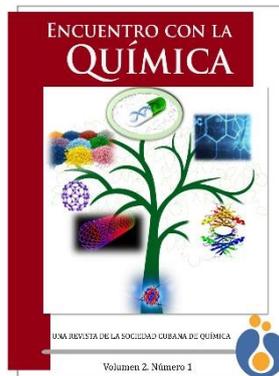
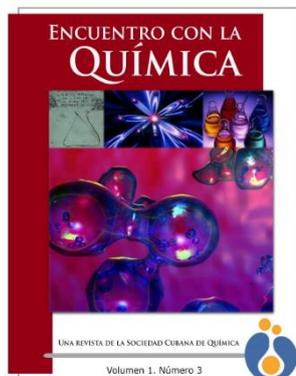
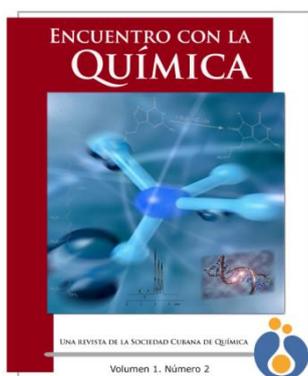
2.-V. Polshettiwar, R. S. Varma, *Chem. Soc. Rev.* **2008**, 37, 1546–1557.

Libros:

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

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

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



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

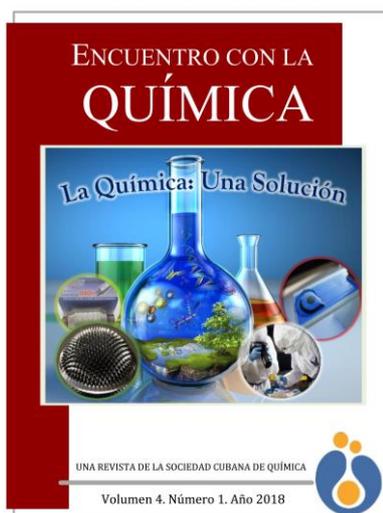
Su distribución es gratuita y su frecuencia es cuatrimestral.

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

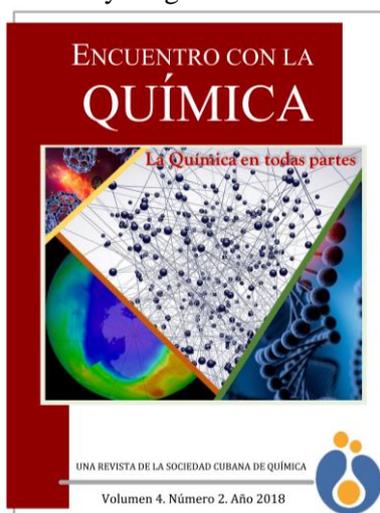
http://www.scq.uh.cu/encuentro_con_la_quimica

Últimos números

Volumen 4 Número 1
Enero-Abril de 2018



Volumen 4 Número 2
Mayo-Agosto de 2018



Volumen 4 Número 2
Septiembre – Diciembre, 2018

