

# ENCUENTRO CON LA QUÍMICA



Química que une

UNA REVISTA DE LA SOCIEDAD CUBANA DE QUIMICA

Volumen 6. Número 2. Año 2020



## Encuentro con la Química

## Volumen 6 - Número 2

Mayo - Agosto 2020

## Portada



Elaborada por:



Kenneth Fowler Berenguer

## Grupo Editorial



Editora:

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

Colaboradora:

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

Composición y producción:

Lic. Kenneth Fowler Berenguer  
[kenneth.fowler@biomat.uh.cu](mailto:kenneth.fowler@biomat.uh.cu)

<b>Editorial</b> .....	1
<b>Especial</b>	
<i>Química y Biotecnología en el Desarrollo de la Vacuna Cubana contra la COVID-19</i> Yuri Valdés Balbín, Dagmar García Rivera y Vicente Vérez Bencomo .....	3
<i>Action Items for Latin-American Chemists and Chemical Societies to Improve Equity and Diversity in Science</i> Daniel García Rivera .....	7
<i>La Facultad de Química en el enfrentamiento a la COVID-19</i> Armando Augusto Paneque Quevedo y Annia Hernández Rodríguez .....	17
<i>Una respuesta de compromiso y esfuerzo joven ante una pandemia viral</i> Liena de Regla Ponce Rey .....	23
<b>Investigación Química</b>	
<i>Disolventes verdes, una buena opción</i> Margarita Suárez Navarro .....	29
<i>La Stevia rebaudiana Bertoni, un edulcorante natural</i> Ariel Martínez García .....	33
<i>Los hidrogeles como alternativa prometedora en el tratamiento de heridas</i> Lorenzo Daniel García Gámez .....	38
<b>Seguridad Química</b>	
<i>Papel de la Exposición en la relación Peligro/Riesgo</i> Mercedes Fernández García .....	44
<b>Historia de la Química</b>	
<i>Aspectos relevantes del desarrollo de la Ingeniería Química en el siglo XX</i> Ruberth Rivera Pérez .....	49
<i>La Química en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas, CNIC</i> Rebeca Vega Miche .....	53
<b>Tributo</b>	
<i>Tributo a la Dra.C. Silvia Prieto González (1947-2020)</i> Rebeca Vega Miche .....	56
<b>Ciencias y Humanidad</b>	
<i>Ciencia, Arte y Música. Parte IV. Matemática y Música. ¿Cantar, contar?</i> Gastón Fuentes Estévez y Francisco J. Sola Dueñas .....	58
<i>De Química, cocina y moléculas</i> Reinier Lemos García .....	65
<b>Noticias</b>	
<i>Bionanotecnología: un puente de La Habana a Roma</i> Marcos Muñoz Arias y Amira Páez Rodríguez .....	68
<i>Circular 23 Conferencia de Química Virtual de Santiago de Cuba (16-20 Nov. 2020)</i> .....	72
<b>Curiosidades</b>	
<i>¿Sabías...</i> Margarita Suárez Navarro .....	78
<b>Entretenimiento</b>	
<i>Descubre la palabra secreta</i> Gabriel R. Guerrero Porras .....	81
<b>Normas de Publicación de la revista <i>Encuentro con la Química</i></b> .....	82

# Editorial



**A** la salida de este número, el virus SARS-CoV-2 (infelizmente) había infestado a unas 27 millones de personas a nivel mundial y había cobrado la vida de más de 895 000 habitantes de nuestro planeta. Desde la aparición de los primeros casos en la ciudad china de Wuhan, en diciembre de 2019, la comunidad científica se ha volcado en la búsqueda de una vacuna que nos permita protegernos de esta mortal enfermedad. Actualmente, unos 200 grupos de trabajo se encuentran en la búsqueda de la misma; mientras que 18 potenciales vacunas están en las primeras fases de ensayos clínicos en humanos. Es entonces con gran orgullo que nos complace presentarles una reseña sobre el candidato vacunal cubano SOBERANA 01: primero en América Latina desarrollado íntegramente en un país subdesarrollado y en ser aprobado para ensayos clínicos.

En este, el segundo número del año, les proponemos además una reflexión realizada por el presidente de la Federación Latinoamericana de Química (FLAQ), Dr Daniel García Rivera, sobre la igualdad de género y diversidad en la ciencia actual como respuesta a un artículo de opinión publicado hace unos meses en una prestigiosa revista alemana.

Igualmente les damos a conocer sobre las diferentes tareas desempeñadas por estudiantes y pro-

fesores de la UH en apoyo al enfrentamiento a la COVID-19 y que han marcado estos últimos meses de trabajo.

Contamos como siempre con las secciones habituales y en esta ocasión la Investigación Química está dedicada al uso de materiales no convencionales en diferentes aspectos de la Química y de la vida diaria. Así conoceremos sobre los disolventes verdes amigables con el medio ambiente; las bondades de la *Stevia rebaudiana* y algunos aspectos de interés sobre los hidrogeles como alternativa al tratamiento de heridas dérmicas.

Hablaremos también de la importancia de conocer la diferencia entre los términos Peligro/Riesgo y Exposición: sus características y como evitarlos. En la sección de Historia de la Química conoceremos sobre el desarrollo de la Ingeniería Química en el pasado siglo y sobre la creación y desarrollo del primer Centro de Investigaciones Químicas del país (posterior a 1959 y de carácter interdisciplinar) y sobre su aporte en el desarrollo de la Química de nuestro país.

Continuamos con la serie Ciencia, Arte y Música, en esta ocasión explicándonos el papel de la matemática en la Música; mientras que aprenderemos como conceptos básicos de Química y de Física son utilizados en la cocina moderna para crear verdaderas obras de arte tanto a la vista como al

paladar. Como es costumbre ya les traemos noticias, curiosidades y un poco de entretenimiento.

Dedicamos también unas líneas de tributo a una de las primeras doctoras en Química de nuestra facultad quien fuera profesora de Química Física y falleciera el pasado mes de julio.

Nos despedimos (por el momento) no sin antes agradecer una vez más a todos los colaboradores de la Revista quienes de manera desinteresada nos ayudan a divulgar aspectos tan interesantes de la Química, la Investigación y el mundo que nos rodea. Los invitamos, además de a enviarnos sus contribuciones, a extremar medidas de higiene, evitar el contacto social, quedarse en casa siempre que

sea posible y usar correctamente el tan mencionado “nasobuco” como prenda ya imprescindible de nuestro guardarropa.

Este ha sido un número especial, un número editado desde casa, desde la distancia, (nunca desde el aislamiento), preparado con mucho trabajo, amor y con mucha esperanza por la llegada del próximo. Con el anhelo de poder anunciar en breve el fin de la pandemia y con la expectativa de hacer posible el descubrimiento de esa tan anhelada vacuna con la que soñamos todos y en la Cuba tiene un pedacito: su esperada **SOBERANA01**.

**Dra Loreley Morejón Alonso, Editora**

# Química y Biotecnología en el Desarrollo de la Vacuna Cubana contra la COVID-19

Especial



**Lic. Yuri Valdés Balbín**  
**Dra. Dagmar García Rivera**  
**Dr. Vicente Vérez Bencomo**  
Instituto Finlay de Vacunas (IFV),  
BIOCUBAFARMA  
[dgarcia@finlay.edu](mailto:dgarcia@finlay.edu)



**L**a emergencia sanitaria mundial provocada por la COVID-19 acumula al cierre de agosto más de 24 millones de casos y más de 800 mil fallecidos a nivel global. En Cuba, el 11 de marzo de 2020 se reportaron los tres primeros casos positivos a la COVID-19, al tiempo que la Organización Mundial de la Salud declaraba al nuevo coronavirus y su consecuente enfermedad como Pandemia. Al cierre de la primera semana de septiembre del 2020, se habían reportado 4309 casos positivos a la COVID-19 y 101 fallecidos. El manejo de la epidemia en el país, liderada por el Ministerio de Salud Pública, ha combinado estrategias de pesquizaje de sintomáticos a nivel comunitario, aislamiento de los casos positivos y sus contactos, el uso de productos innovadores en el tratamiento de la enfermedad y la vinculación de todas las capacidades científicas en función de la epidemia. Esta estrategia permitió un control de la epidemia en los primeros 4 meses, sin embargo, no se pudo evitar que apareciera un rebrote concentrado fundamentalmente en la capital del país, volviendo a alcanzarse cifras de contagiados similares al peor momento de la primera

etapa de la epidemia en el país.

Ante esta situación, el esfuerzo de la comunidad científica cubana se centra en el desarrollo de vacunas que contribuyan, a la mayor brevedad, a generar inmunidad protectora en los individuos y de esta forma contribuir a controlar la pandemia. El Instituto Finlay de Vacunas (IFV), el Centro de Inmunología Molecular (CIM) y la Facultad de Química de la Universidad de La Habana, han establecido una alianza que ha permitido conducir varios proyectos de investigaciones para desarrollar candidatos vacunales contra la COVID-19. Otras Instituciones del país como el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología también trabajan en proyectos de candidatos vacunales contra la COVID-19.

El Instituto Finlay de Vacunas tiene experiencia en el diseño y desarrollo de vacunas. En la historia de su capacidad innovadora destacan la creación de la vacuna antimeningocócica VA-MENGOC-BC que contribuyó a controlar una epidemia de meningitis bacteriana en la década de los 80; la vacuna conjugada contra *Haemophilus influenzae* tipo B



**Figura 1.** Líderes del proyecto del candidato vacunal cubano del IFV y del CIM. De izquierda a derecha: Dr Vicente Vérez, Dra Belinda Sánchez, Dra Dagmar García, Dr Eduardo Ojito, Dra Tamy Boggiano, Lic Yury Valdés (Foto tomada de Cubadebate)

que constituye la primera vacuna en el mundo que se obtiene a partir de un antígeno sintético; y el candidato vacunal conjugado contra los neumococos que está en fase final de ensayos clínicos para su introducción en el sistema nacional de salud.

Por otro lado, el Centro de Inmunología Molecular tiene la capacidad de producir a gran escala proteínas recombinantes complejas y domina técnicas inmunológicas a partir de su experiencia en el desarrollo de vacunas contra el cáncer. Mientras que el Laboratorio Conjunto de Síntesis Química de la UH complementa capacidades de investigación fundamental a nivel molecular, donde se incluyen la síntesis de péptidos, y la caracterización de proteínas entre otras tareas. Todas estas capacidades se han complementado de manera efectiva para abordar el desarrollo de proyectos de investigación para desarrollar candidatos vacunales contra la COVID-19.

El momento cumbre para redondear la motivación y responsabilidad que tendrían los científicos cubanos para desarrollar un candidato vacunal contra la COVID-19, fue la reunión celebrada el 19 de

mayo con el presidente de la república Miguel Díaz-Canel Bermúdez, cuando señaló que “aunque haya vacunas de otros países, nosotros necesitamos la nuestra, para tener soberanía”. A partir de ese momento, cambiaron las prioridades de trabajo en nuestras Instituciones y comenzaba a correr el tiempo. Todas nuestras capacidades científicas e intelectuales se volcaron en función de este objetivo.

Asumir el desarrollo de una vacuna contra la COVID-19 supone grandes desafíos. El primero es el conocimiento científico, porque al tratarse de un virus nuevo, es importante capitalizar el conocimiento que aparece diariamente sobre el virus y la enfermedad, para conocer las estructuras antigénicas del virus que serían relevantes para el diseño de vacunas y los mecanismos inmunológicos que se deberían inducir con la vacunación. El segundo desafío es el tiempo, porque el proceso de desarrollo de una vacuna profiláctica, normalmente, nunca toma menos de 10 años, y si esta vacuna contra el coronavirus se obtiene dentro de una década, ya no hará falta. Por tanto, el reto era desarrollar una vacuna que respondiera en el menor tiempo posible a las preguntas de investigación que se le hacen a cualquier producto antes de avanzar a la fase de evaluación clínica. Se estableció un sistema de gestión del proyecto que apostó por minimizar los riesgos y las incertidumbres, acelerar las transiciones sin ceder en la calidad de la investigación, y buscar alianzas con otras Instituciones que complementarían las capacidades requeridas en el proyecto. El tercer desafío fue concebir los candidatos vacunales como vacuna basada en las plataformas tecnológicas que tenemos en ambas instituciones (IFV y CIM) porque así se podría acelerar el camino regulatorio para el desarrollo del candidato

vacunal. Los organismos regulatorios a nivel internacional están definiendo que los candidatos de vacunas contra la COVID-19 que se basen en plataformas de vacunas ya conocidas, pueden acelerar su desarrollo clínico basado en los datos de la plataforma.

La primera definición importante para los proyectos de candidatos vacunales del Instituto Finlay de Vacunas fue la identificación del antígeno viral diana de la vacunación. Las evidencias científicas emergidas definían que una porción de la proteína S del virus, conocida como RBD, (del inglés Receptor Binding Domain) es la clave en la entrada a la célula del huésped a través de la interacción con el receptor ACE2, y a su vez, los anticuerpos anti-RBD presentes en el suero de convalecientes de COVID-19 correlacionan con la neutralización del virus. Por tanto, la definición del RBD como antígeno vacunal específico y su inclusión en diferentes plataformas tecnológicas es la apuesta de los candidatos de vacuna específica contra la COVID-19 en el IFV, lo que tiene altas probabilidades de éxito en el contexto de las plataformas de vacunas que se ensayan en el mundo actualmente.



**Figura 2.** Candidato vacunal cubano, Soberana 01  
(Foto tomada de Cubadebate)

El primer candidato vacunal en investigación se basa en la combinación de antígeno RBD con la plataforma de vesícula de membrana externa del meningococo B, que es la base de la vacuna cubana contra la meningitis meningocócica VA-MENGOCC-BC®. Este elemento le ofrece mucha seguridad a este candidato vacunal, porque se basa en la plataforma de una vacuna que tiene más de 30 años de uso y que también resolvió un problema epidemiológico en el país y se usa en el programa ampliado de inmunización, incluso en niños lactantes, con seguridad y alta eficacia. Este candidato vacunal, conocido como **FINLAY-FR-1** o **SOBERANA**, es el primero de Latinoamérica que consigue avanzar a la fase de evaluación clínica, una vez culminado el desarrollo preclínico de manera acelerada, viniendo las principales pruebas de conceptos de la investigación. Los resultados de la evaluación preclínica de este candidato vacunal están en fase de publicación.

En apenas tres meses, se logró avanzar significativamente en el diseño de un candidato vacunal con resultados alentadores, gracias al esfuerzo y dedicación de cientos de trabajadores de estas instituciones. No ha habido tiempo para el descanso, no ha habido sábados, domingos, vacaciones para los que se han dedicado completamente a esta tarea, y hay que reconocer el papel de los jóvenes y las mujeres en este resultado, porque han sido mayoría. Pero la investigación no ha acabado, solo se venció una etapa y se transitó a una fase superior. Estamos empezando ahora una nueva etapa de la investigación científica, que es la fase clínica, a partir de la aprobación del Centro para el Control Estatal de Medicamentos, Equipos y Dispositivos Médicos (CECMED). En esta etapa, el candidato vacunal tiene que demostrar en ensayos clínicos en

humanos su seguridad e inmunogenicidad, y después avanzar a fases superiores de las investigaciones clínicas. De acuerdo con la información publicada en el Registro Público Cubano de Ensayos Clínicos, el estudio, nombrado **Soberana 01**, será aleatorizado, controlado, adaptativo y multicéntrico y tiene el propósito de evaluar la seguridad, reactividad e inmunogenicidad del candidato en un esquema de dos dosis.



*Figura 3. Equipo que conduce el ensayo clínico fase I de Soberana 01. (Foto de Yuri Valdés Balbín/Twitter)*

En el mundo, 29 candidatos vacunales han avanzado a la fase clínica y varios de encuentran en Fase III. Aun cuando existan vacunas en el mundo que logren vencer todas las etapas de desarrollo, es estratégico para Cuba desarrollar su propia vacuna, para garantizar la equidad de acceso y la sostenibilidad de su uso.

Si la Ciencia cubana ha sido capaz de avanzar rápidamente con un candidato vacunal contra la COVID-19, es porque las capacidades científicas creadas por la Revolución estaban ahí, esperando el reto de tener que hacer esta vacuna.

Nosotros sabemos que va a haber vacuna en el mundo, pero otra cosa diferente es que haya vacuna para Cuba en el mundo. Por eso ha sido estratégico para el país que desarrollemos nuestra propia vacuna, para nosotros y para los pobres; porque difícilmente las que se están desarrollando ahora lleguen de igual forma a todos. La opción para los pobres del mundo pudiera ser una vacuna cubana.





## Action Items for Latin-American Chemists and Chemical Societies to Improve Equity and Diversity in Science

Especial

**Dr. Daniel García Rivera**

**Presidente de la Asociación Latinoamericana de Sociedades Químicas (FLAQ).**

**Facultad de Química,  
Universidad de La Habana**

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



**E**stimados miembros de la Sociedad Cubana de Química, el 4 de junio de este año (2020) se publicó un artículo de opinión en la prestigiosa revista alemana *Angewandte Chemie*, donde su autor (a quien no mencionaré porque no lo merece) realizó comentarios sexistas, racistas, y discriminatorios hacia lo que se considera sectores poblacionales minoritarios de EEUU y Europa, entre otros lugares (referido a poblaciones de origen africano, asiático, latino o indígena). En ese artículo, se dijo que la diversidad en la Química no negativa para su desarrollo y se insinuó que las posiciones académicas que alcanzan miembros de esos grupos minoritarios en dichos países se debe a que son favorecidos por su origen étnico en busca de una mayor representatividad, y no por su capacidad y trayectoria científica. Además, se mencionó que dar espacio a mujeres y miembros de esos grupos minoritarios en las conferencias científicas le quitaba tiempo de hablar a los hombres, imagino que refiriéndose a hombres blancos.

Dicho artículo resultó insultante para muchísimos miembros de la comunidad científica interna-

cional, incluyéndome, y tuvo consecuencias tales como la sustitución de parte del cuerpo editorial de dicha revista alemana y la publicación de artículos de opinión refutando lo dicho por el autor (no alemán). En discusiones al respecto dentro del Consejo Directivo de la Federación Latinoamericana de Asociaciones Químicas (FLAQ), de la que soy presidente en el mandato 2018-2020, se me pidió escribir un artículo donde declarara la postura de FLAQ en este sentido. Yo decidí ir más allá y escribir un artículo donde, desde mi perspectiva personal, expongo el reto de Latinoamérica para lograr una mayor igualdad y diversidad y cuál debe ser, también en mi opinión, la posición de nosotros, los científicos, y de las sociedades científicas al respecto. El artículo ese refiere a los químicos y sociedades químicas, pero puede ser de utilidad para cualquier científico latinoamericano. Reconozco que la realidad cubana no se refleja en algunas partes de este artículo, pero lo escribí intentando dar una visión más latinoamericana y solo cubana, por lo que también evito temas políticos que pudieran desviar la atención del artículo hacia ese aspecto tan complejo en nuestra región. El artículo va a ser publicado en la semana del 10 de agosto por el

*Journal of the Brazilian Chemical Society*, y por cuatro importantes revistas de la *American Chemical Society*, estas son: *The Journal of Organic Chemistry*, *Organic Letters*, *Inorganic Chemistry*, and *Or-*

*ganometallics*, cuyos editores aceptaron divulgar este mensaje en sus páginas.

Dr. Daniel García Rivera

**I**n June 2020, the international community of chemists responded with anger and disappointment to an essay, published online as *Accepted Article* and soon thereafter removed, expressing opinions that go against the spirit of attaining equality and embracing diversity in academic and research communities. The despair that followed upon publication of this article in a leading chemical journal soon mutated into a movement strongly denouncing the views expressed in that manuscript as obsolete, inaccurate and offensive to women and underrepresented minorities.<sup>1</sup> It was most gratifying to see in commentary posted on social media and science magazines, that the opinions expressed were not representative of the wider chemical community.<sup>2</sup> From a Latin-American perception, many other colleagues and I felt the need to speak out not only as individuals but as representatives of various chemical societies to provide some perspectives on the challenges for Latin-America to improve equity and favor diversity in chemical sciences. By representing the Latin-American Federation of Chemical Associations (FLAQ) as President, 2018-2020 mandate, I would like to use the current momentum to focus both on how to proceed in our region and on our strategy for greater recognition by the broader international scientific community.

First, there is no other way to start this *Letter* than by expressing – on behalf of FLAQ – the most emphatic condemnation of any point of view, belief or action that either supports racism and discrimination in all its forms or is opposed to a more inclusive and diverse scientific scenario in our region and the world. FLAQ, since its foundation in 1959, has gathered and represented the most important chemical societies, associations and colleges of Latin-America, and continues (re) incorporating either newly formed or previously affiliated associations. As stipulated by its principles and statutes, FLAQ is an inclusive and egalitarian organization of scientific associations that share the aim of promoting and supporting the chemical sciences for the benefit and well being of our respective countries. FLAQ provides a snapshot of Latin-America, which is one of the most ethnically diverse regions in the world. As such, it is a mixture of races, colors, customs, and beliefs that collectively define not only our social values but also our way of planning, conducting and communicating science. Whereas this article is directed to all people involved in science, in many parts I use the term ‘we’ to refer to Latin-American scientists, working or not in this region, as I believe we can do better to represent our region in the international community. In addition, some of the actions

here proposed indeed depend not only on our will to implement them but on having the funds to do so. However, it is also true that the will of scientific leaders can influence decision-makers to do differently with the same budget. I would like this piece to be seen as a call to rethink our future actions at the time we advocate for a more inclusive agenda.

### ***Do we have minority and discrimination problems in Latin-American science too?***

Perhaps the first question would be: do we have minorities in the sense generally referred to in Europe, Canada and the United States of America (USA)? Strictly speaking, the whole of Latin-America proudly is made up of what, for example, in the USA are considered ‘minority groups’, with reference to Black, Asian, Latin, or indigenous populations. Therefore, although the perspective from which we have to look at our ‘minority issue’ may be different from that of scientists from Europe and the USA, the representation problem is essentially the same. We would be naïve if we don’t recognize that in many Latin-American universities, certain populations and social classes are extremely underrepresented in both undergraduate and post-graduation programs, not only in sciences but also in engineering and many other academic areas. Of course, the reasons for this are largely socioeconomic, and they vary substantially from one country to another, because each country has very different minority issues as well as economic and political systems. In any case, one would be inclined to accept that our region also shares the same problems of other parts of the world regarding the significant underrepresentation of certain population classes in physical and life science

graduate programs and university faculty positions. How each country faces and addresses this problem is not the subject of this letter, but as scientists and educators, we should embrace the movement calling for “*actions not just words*”.<sup>3</sup> In Latin-American universities, ‘minorities’ are not only Black, indigenous or Asian populations (whose percentages vary a lot in each country), but also students from disadvantaged social classes who may have taken more time to complete their studies because they received poorer basic formation or had to work for a living, thus dedicating less time to study. Any of them could be a bright scientist in the future if proper opportunities are given. By no means should we discriminate or stop scientific or professional progression based on how people look or what their social background is. Science, more than anything, is made more powerful when it is nourished by all kinds of diverse thoughts and life experiences.

In the above-mentioned essay, it was indicated that the diversity of the workforce has a negative influence on Organic Synthesis. This aspect was rightfully criticized because it was lacking in supporting reference or data; indeed, it is also refuted by numerous researchers stating – and demonstrating with data – that research groups can become more productive when they are more diverse and international. Today one can see that among the most successful research groups are those integrating students from different parts of the world. There is also a generalized movement in universities and chemical societies to support diversity in research groups<sup>5</sup> and faculty positions.<sup>3</sup> For Latin-American students that choose and can study abroad, PhD programs and internships in Europe, Canada, and USA are the preferred destination. As

they integrate not only with the nationals but also with students and postdocs from Asia, Africa, etc., they can learn the scientific and personal benefits of being part of a multicultural research group. The positive experience that these scholars bring back to their home countries can be crucial not only for their future as educators or entrepreneurs but also to reshape the composition and behavior of the groups where they reintegrate after returning.

### ***What can we do to favor diversity of the workforce in Latin-American research groups?***

In addition to favoring, at all institutional levels, the inclusion of all types of underrepresented groups in science careers and post-graduate programs, we scientists should diversify research groups by actively integrating members of different social classes, countries and continents. Chemical societies, universities, companies, and we, as individuals, can do a lot to promote actions in this regard. Here are some examples:

- *Give the same opportunities to all students and graduates.* The recognition that talent is everywhere and not only in those who received better chances early in life (e.g., basic education) results in being more open to giving opportunities to students arising from minority populations or disadvantaged social classes. Like anyone else, such students can have a special talent for science and become highly productive and talented researchers. This applies to careers in academia and the chemical/pharmaceutical industries, which are widely represented in our chemical societies. As they hire most of the graduates of our universities, they should consider the power of diversifying the scientific workforce. Ex-

amples of highly diverse and successful – in terms of creativity, productivity and revenues – technological enterprises are very common, especially in North America.

- *Implement bidirectional exchange programs within Latin-America and between Latin-America and other continents.* Unfortunately, most Latin-American exchange programs are intended to send students abroad, while just a few allow *bidirectional* exchange. It is not enough to send our best students to be trained in Europe, Canada and the USA, thus making the destination groups more diverse. We should also favor the diversity of our own research programs by bringing international students to work in our groups. As a positive example, I have been part of a very international group in a federal university in Brazil, which, in addition to nationals, included PhD students and postdocs from Colombia, Cuba, Pakistan, India, Portugal, and Germany. This diversification of the workforce leads, for example, to seminars and daily lab work conducted in English, while each student incorporates their own experience to enrich scientific productivity.
- *Increase the internationalization of doctoral programs in science.* The tendency of some Latin-American universities to give priority to national students is detrimental to the pursuit of a more diverse scientific workforce. On the other hand, I have seen positive examples in universities of Mexico, Chile and Brazil, which have internationalized considerably their doctoral programs in chemistry, although they are still mostly populated by

Latin-American students. Some of our best Latin-American universities certainly have the capacity and quality to welcome graduate students from Europe, the USA, China or India, just to mention areas of large populations with significant contributions to science. This action should not be seen as funding spent on educating individuals from other countries but as an investment in the internationalization of our research groups. Latin-American students can learn a lot from the competitiveness found in research of scholars from other regions.

- *Attract visiting professors.* Looking at more senior staff, we have to do more than merely invite professors from abroad to give a seminar once per month. We need to host post-docs and visiting professors to be fully integrated temporarily in our groups and bring their expertise and perspective to our universities. Some of these foreign academics, upon returning to their home countries, will eventually become editors of chemical journals and occupy decision making positions at universities, thus helping to boost the position of Latin-America in the international scientific scenario and provide opportunities for Latin American scientists in the global setting. While hiring, even temporarily, foreign professors might be financially difficult for many Latin-American countries, it is viable for various Latin-American universities and science funding agencies from our region.
- *Open our minds to mentoring international students.* Even if they come from countries whose customs or religion we don't under-

stand well, be open-minded to receive and train students with a different culture and language from yours. Very often, those students integrate successfully and contribute to diversifying the skills and research topics of your group. Even neighboring countries sometimes have very different teaching systems, and those students might have learned specific aspects of chemistry differently from what you teach to your own. The diversity of minds, languages and working systems can never be negative for creativity and innovation.

### ***How do we face the gender issue in Latin-American science?***

In this relevant subject for our societies, Latin-America faces the same challenges as other international scientific communities. It has been recognized that in our region the gender gap in education is not as pronounced as in other parts of the world. However, gender disparity in natural sciences is still present in most Latin-American countries, with a few documented exceptions. In general, the percentage of women's representation in Latin-American undergraduate and doctoral programs in sciences is not low but it decreases significantly when moving upward to more senior positions.<sup>11,12,</sup> Interesting studies shed light on the pre-existing biases, possible causes and actual dimension of this phenomenon in different Latin-American areas.

From FLAQ's perspective, one aspect that we can celebrate is how well-represented women are in both the scientific programs and committees of the Latin-American Congresses of Chemistry (CLAQs). In the last 33<sup>rd</sup> CLAQ of 2018, held in

Havana, Cuba, 67% of the more than 1200 participants were women, and 11 out of the 14 members of the Scientific Committee and section coordinators were women, including the President. In the next CLAQ to be held in Colombia in October 2021, the President of the Scientific Committee is also a woman. All this is proof of the outstanding quality of female researchers in Latin-American chemical societies. However, in the CLAQs and other conferences hosted in Latin-America, the majority of invited speakers still are men; therefore, a greater commitment to gender equity could be shown by the organizing committees. In general, much work remains to be done in our region before we can rest assured equality and inclusion has been reached. Here are some actions that we could implement.

- *As chemical societies:* Advocate at all stages for equal opportunities for men and women in ALL aspects of science, including access to under- and postgraduate programs, promotion to faculty positions in universities, talks in scientific conferences, and press coverage of results. This is an important step forward towards providing equity in the competitive realm of scientific research.
- *Don't forget the industry.* Whereas the academic sector has recognized problems with gender inequality and taken actions to improve it, the perception of various colleagues who gave me suggestions for this article is that the Latin-American chemical and biopharmaceutical industry is lagging in facing this problem. Therefore, it is important to use the influence of our scientific societies to promote the debate on gender equity in this

industrial sector. Many industrial leaders and decision-makers are members of our chemical societies and they could be positively influenced to take actions in this regard.

*As an individual,* advocating for equal opportunities is not enough.<sup>3</sup> In any academic or industrial position we occupy, we must actively ensure fairness in the opportunities given to women as compared to men. This commitment begins from the moment we choose how many women and men integrate our research groups and continues when we organize a symposium and seek for a proper gender balance in the speaker slots. Taking care of a proper balance in scientific conferences or any other scientific scenario is not – and can never be seen as – a favor we do for underrepresented groups, instead it follows from the fact that diversity and inclusiveness generate better conferences, insightful discussions, and ultimately better science.

### ***How underrepresented is Latin-America in Chemistry conferences and top journals?***

In my perspective, the answer to this question is clear: *very much*. An example of this is the rather low number of Latin-American articles in the leading journals of the American Chemical Society, the Royal Society of Chemistry, Elsevier, Wiley-VCH, and Springer Nature, and in the editorial boards of those journals.<sup>3</sup> I don't intend to compare in numbers the scientific contribution of Latin-America with that of China, India and Japan, among others, because the reality is that our region has systematically abandoned the long-term investment in scientific and technological development. Various factors such as limited access to grants, low budgets for laboratory facilities and salaries of scientists,

and high cost and inadequate supply of reagents and modern instrumentation, indeed, contribute to the low scientific productivity of the region. However, the number of scientists, research institutions and publications has certainly increased over the last two decades and I do believe we are undervalued as a scientific community.

The underrepresentation of Latin-America chemists in the mainstream journals and conferences might have several causes, including the actual quality of our science, the lack of proper opportunities and also our insufficient activism and leadership in the international scenario. Too often I hear complaints from Latin-American colleagues about the editorial reject-without-review that has been implemented by some top journals to deal with the large volume of submissions. While this can be fundamentally unfair to all researchers, I truly believe that underrepresented regions like Latin-America are more affected by this trend. The global community of scientists needs to devise a more equitable, inclusive system that does not put at a disadvantage underrepresented regions and those seeking to establish themselves as leaders in the global scientific enterprise. However, we, Latin-Americans, have to do more ourselves to be better recognized in the international community. For example, during interaction with journal editors for the preparation of this article, it was raised the point regarding the low number of articles submitted by Latin-American authors to some journals that are world leaders in their specific fields. This and other facts suggest that our position should not be self-indulgent and blaming the publishing system of the leading journals or the selection of speaking slots in international conferences but to be more competitive in publicizing our science and

gain our space in the international scenario. Here are some actions that we could implement for such a purpose.

- *As an individual:* Be more proactive in the scientific interaction with the leaders of your specialty, especially editors, members of editorial boards and conference chairs. Help them understand the potential of Latin-American science and encourage them to give opportunities to researchers of this region. If possible, invite them to visit your university to evaluate first-hand the relevance of your results and those of your colleagues.
- Advocate in international congresses and personal interactions with decision-makers for fairer publishing opportunities such as the option of double-blind reviewing. This works not only for the benefit of underrepresented communities but also for younger or less known scientists from all countries.
- *Trust more in your science.* Don't hesitate to ask the editor to reconsider the decision to not send your manuscript to peer-review. At this stage, the persuasive content of the cover letter is crucial to convince him/her of the novelty and impact of your results. Similarly, don't be afraid of requesting an additional reviewer in the case of contradictory or partially biased reports. Speak out if you see any discriminatory or chauvinist comment in the referee report – you can ask the editor not to accept such a report and seek another reviewer.
- Nominate prominent colleagues from Latin-America – either if they currently work in our

region or not – to international awards and editorial positions of top Chemistry journals. It is crucial to have people who know the Latin-American reality and potential in the editorial boards.

- *As chemical societies:* Negotiate with international editors to dedicate special issues to publish scientific research conducted in Latin-America. This is especially easy these days with the practice of Virtual Issues. Here, it is worth mentioning that members of the Brazilian chemical community are very active in both attracting editors to chemistry conferences and negotiating with them the dedication of special issues to publish results presented in those conferences. This is an example to follow by the organizing committees of the CLAQs and other chemistry conferences to be held in Latin-America.
- Use the CLAQs and other national chemistry conferences in the region as platforms for launching the internationalization of the Latin-American chemical sciences. It is not enough to increase the Latin-American participation in conferences abroad but we should bring scientific leaders to conferences in our region. Invite them to look at the posters of our students and listen to the talks of our best scientists.
- Latin-American chemical societies should implement a long-term strategy to improve the quality and visibility of our journals. Among many other things, we have to seek that both the editorial boards and the authors are more international and diverse. It is also important to convince the top Latin-

American researchers to send some of our best results to these journals to increase citations and visibility.

Overall, important aspects that can contribute to increasing the representation of Latin-America in the Chemistry conferences and top journals and thus improve the international recognition are: *a)* to continue improving the scientific level of Latin-American academics and universities (this is indeed the most important one), *b)* to be more effective in the interaction with scientific leaders and in the way of communicating our results, and *c)* to increase the representation of Latin-American scientists in the editorial boards and convince editors and publishers of the potential of the scientific research done in our region.

In conclusion, Latin-American science, and especially Chemistry, is not exempt from the problems associated with inequality and the low diversity of other research communities. This *Letter* outlined some ideas of what we can do both as individuals and as members of the chemical societies to improve the inclusion of underrepresented groups in scientific activities and increase the representation of the Latin-American chemistry in the broader international community. We must not only actively repudiate and act against any discriminatory word or action but also help to build consensus in our classrooms, research labs, and faculty departments about the benefits of a more diverse and open-to-the-world research and education environment. As we fight for a more inclusive science within our countries and continent, we must also seek a better balance between meritocracy and gender and minority representation. There is a long way to go to improve the recognition of our region



in the scientific world, starting with the internationalization of our research groups and journals. This will also require us to not only speak out when we see ourselves, as Latin-Americans, underrepresented in any possible scenario (e.g., international conferences) but also take actions by nominating and endorsing our peers to editorial positions and research awards. We are not a minority in the world, but in science, we are considered as such, and much can be done to change that perception. Finally, we must treat others in our region as we want to be treated in the world, with equal opportunities to allow everyone to show his/her scientific potential regardless of nationality, gender, race, beliefs, and sexuality.

### Acknowledgments

I am very grateful to the members of the Board of Directors of the Latin-American Federation of Chemical Associations (FLAQ) and to the many colleagues and journal editors who gave suggestions about this topic.

**Note:** The statements against racism and the discrimination of women and minorities in science, as well as the call for a more diverse and inclusive science, are expressed on behalf of FLAQ and all its member societies. However, other views and perspectives outlined in this *Letter* are those of the author and not necessarily of other members of FLAQ.

**About the Author:** Daniel G. Rivera is a Research Professor in Chemistry of the University of Havana and the current President of the Latin-American Federation of Chemical Associations. He previously was the President of the Cuban Society of Chemistry and is a member of the Cuban Academy of Science. He has served as a Visiting Professor at

the Federal University of São Carlos, Brazil, the University of Leuven (KU Lueven), Belgium, and the Leibniz Institute of Plant Biochemistry, Germany. He has also been Invited Speaker in several universities in Latin-America, Europe and the USA. He is an organic chemist with scientific interest in biomolecular chemistry, catalysis, and drug and vaccine development.

### References

1. <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/15213773/homepage/news#vchnews49471>, accessed in June 2020.
2. <https://www.gdch.de/service-information/nachricht/article/stellungnahme-zum-beitrag-von-tomas-hudlicky-in-der-angewandten-chemie.html>, accessed in June 2020.
3. Sandford, M. S. *J. Am. Chem. Soc.* **2020**, *142*, 11317-11318.
4. <https://cen.acs.org/research-integrity/ethics/Essay-criticizing-efforts-increase-diversity-in-organic-synthesis-deleted-after-backlash-from-chemists/98/web/2020/06>, accessed in June 2020.
5. <https://www.rsc.org/news-events/articles/2020/jun/id-joint-societies-statement>, accessed in June 2020.
6. <http://flaq1959.org>, accessed in June 2020.
7. <https://diverseeducation.com/article/78145/>
8. Hofstra, B.; Kulkarni, V. V.; Munoz-Najar Galvez, S.; He, B.; Jurafsky, D.; McFarland, D. A. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2020**, *117*, 9284.

9. <https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20180711134740581>, accessed in June 2020.
10. <https://twas.org/article/women-science-cuba>, accessed in June 2020.
11. López-Aguirre, C. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society* **2019**, 2, 356-377.
12. Valentova, J. V.; Otta, E.; Silva, M. L.; McElligott, A. G. *PeerJ* **2017**, 5:e4000.
13. Franco-Orozco, C. M.; Franco-Orozco, B. *Front. Astron. Space Sci.* **2018**, 5:24.
14. Alvarez, L. ; Pérez, A.; Cobas, M. In Women in Physics, The IUPAP International Conference, AIP Conference Proceedings 628, New York: American Institute of Physics, 2002, pp 151-152. <http://proceedings.aip.org/proceedings/confproceed/628.jsp>
15. <http://www.chemistrycuba.com/>, accessed in June 2020.
16. <http://claq2020.com/>, accessed in June 2020.
17. Ford, H. L.; Brick, C.; Azmitia, M.; Blaufuss, K. Dekens, P. *Nature* **2019**, 576, 32-35.
18. <https://cen.acs.org/careers/diversity/Fewer-underrepresented-minority-scientists-are-invited-to-give-talks/97/web/2019/12>, accessed in June 2020.
19. Burrows, C. J.; *et al.* *Org. Lett.* **2020**, 22, 4919-4921.
20. Ciocca, D. R.; Delgado, G. *Cell Stress Chaperones* **2017**, 22, 847-852.

# La Facultad de Química en el enfrentamiento a la COVID-19

Especial

## Dr. Armando Augusto Paneque Quevedo

Decano de la Facultad de Química,  
Universidad de La Habana

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



## Dra. Annia Hernández Rodríguez

Directora de Ciencia, Tecnología e Innovación,  
Universidad de La Habana

[annia@fbio.uh.cu](mailto:annia@fbio.uh.cu)



La Universidad de La Habana ha movi-  
lizado sus capacidades científicas ha-  
cia la innovación para responder al  
enfrentamiento de todo el país contra  
la propagación del SARS-Cov2. Destaca la partici-  
pación de las facultades de Matemática y Compu-  
tación, Química, Física, Geografía, Biología, IFAL,  
Psicología y los centros FLACSO, IMRE y CE-  
DEM en grupos de trabajo para intercambiar infor-  
mación sobre posibles aportes derivados de resulta-  
dos científicos desarrollados previamente que po-  
tencialmente puedan ser útiles para enfrentar la  
pandemia. En este trabajo se presentan las princi-  
pales acciones desarrolladas por la Facultad de  
Química en colaboración con otras áreas universi-  
tarias e instituciones del país.

### Principales acciones desarrolladas por la Facul- tad de Química

En primer lugar, la Facultad creó una estrategia  
con acciones para alinear el cumplimiento de sus  
objetivos con las medidas de higiene y distancia-  
miento social adoptadas por las máximas autorida-

des del país. Entre ellas destacan: i) detener el cur-  
so académico 2019-2020; ii) entregar a los estu-  
diantes materiales impresos y digitales con la  
esencialidad de los contenidos impartidos y pen-  
dientes para finalizar el curso con vistas a su uso  
para el trabajo independiente; iii) elaborar propues-  
tas metodológicas por el colectivo de profesores,  
relacionadas con la integración de los contenidos  
de las asignaturas que no pudieran ser impartidos, y  
que fueran necesarios para la formación de los es-  
tudiantes en las asignaturas posteriores; iv) analizar  
el cumplimiento de los objetivos de trabajo 2020  
con los grupos de investigación y establecimiento  
de trabajo a distancia con objetivos e indicadores  
definidos.

Por otro lado, la Facultad se vinculó a proyectos  
de alto impacto demandados por la universidad y el  
país.

1. *Reenvasado y etiquetado de frascos de 30 mL  
con hipoclorito de sodio al 1 %:* a demanda  
de la Dirección Provincial de Salud de La  
Habana, el 26 de marzo estudiantes y trabaja-

dores se incorporaron a la tarea de reenvasado y etiquetado de frascos de 30 mL con hipoclorito de sodio al 1%. Como resultados, se reenvasaron 394 tanques de 20 L y los 256 471 frascos de 30 mL se distribuyeron en las farmacias de los municipios Plaza de la Revolución, Habana Vieja y Centro Habana. Esta actividad se llevó a cabo en el laboratorio Síntesis Orgánica, el de Productos Naturales, ambos pertenecientes a la Facultad de Química y en el Centro de Biomateriales. Si bien, en una primera etapa la tarea le fue asignada a Química, Biología y BIOMAT, posteriormente se hizo extensiva al resto de las facultades de la UH. Participaron alrededor de 700 jóvenes, profesores y trabajadores de las facultades de Química, Biología, Economía, Turismo, Derecho, Contabilidad y Finanzas, IFAL, Física, Lenguas extranjeras, Psicología, Matemática y Computación, Comunicaciones, Filosofía e Historia, Facultad de Español para No Hispanohablantes (FENHI) y Becados extranjeros en F y 3era. Además, del Centro de Biomateriales, INSTECH, IMRE y el Instituto de Relaciones Internacionales (Figura 1).

2. *Voluntarios-UH en Centros de Aislamiento:* Los profesores jóvenes Marcos Muños y José Alejandro Ricardo, y los estudiantes Mallorys Nivia Nicolás Ferrer, Gabriela Fernández Pérez, Laura Gil Espinosa y Ana Paula Coroas permanecieron como voluntarios 14 días en centros de aislamiento, demostrando la calidad humana, valores y compromiso de nuestros jóvenes ante demandas universitarias y del país. Teniendo en cuenta el curso que ha tomado el comportamiento de la COVID-19 en el mes de agosto 16 estudiantes de la Facultad han mostrado su disposición para incorporarse al grupo de estudiantes y profesores de la Facultad de Biología que actualmente realizan pruebas de PCR en el IPK y el CIGB. La participación de nuestros estudiantes permitirá el incremento de las capacidades de procesamiento de muestras.
3. *Visita a población vulnerable:* Varios estudiantes y profesores han realizado visitas a Profesores Eméritos y de alto riesgos brindando el apoyo espiritual y en ocasiones material como parte del programa de atención implementado en la Universidad. Es válido



**Figura 1.** Equipo de trabajo que participó en el re envasado de hipoclorito de sodio.



*Figura 2. Trabajadores y estudiantes en el Centro de Aislamiento de Bahía.*

resaltar la disposición de estos profesores de incorporarse o aportar a esta batalla y hemos tenido que insistir que su mayor aporte es quedarse hoy en casa y que apoyen con sus saberes en la etapa post COVID-19.

La Facultad de Química con su alto potencial científico e innovador, también aporta a investigaciones que tributan al enfrentamiento de la COVID-19 en tres líneas fundamentales:

1. *Desarrollo de vacunas:* Profesores de la Facultad trabajan de conjunto con el Instituto Finlay, el Centro de Inmunología Molecular, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología y el Laboratorio de la Defensa Civil para el desarrollo de una vacuna sobre la base de las plataformas tecnológicas utilizadas en el país. Los profesores jóvenes Marcos Muños y Reinier Lemus participaron como observadores en el control del cumplimiento de los protocolos de manejo de la vacuna **VA-MENGOC-BC** que se aplicó en varios municipios de la capital con el objetivo de esti-

mular la inmunidad innata en personas vulnerables.

2. *Evaluación de moléculas con potencial actividad antiviral.* En colaboración con el CENSA y la Facultad de Biología algunas moléculas orgánicas sintetizadas en el Laboratorio de Síntesis Orgánica se evaluaron en modelos de coronavirus bovino. Este modelo permite identificar potenciales inhibidores de este virus y vincular los resultados al trabajo con el SARS-CoV-2. Se demostró que las moléculas evaluadas poseen actividad antiviral, lo que las convierten en candidatos potenciales para el desarrollo de nuevos medicamentos aplicables en el enfrentamiento a la COVID-19.
3. *Iniciativas para la autosuficiencia alimentaria ante la nueva situación post COVID-19.* La contribución de la ciencia en garantizar la independencia alimentaria es otro frente en el que está involucrada la Facultad. En este sentido, se realizaron reuniones y se firmaron

convenios con la BIOFAM, el MINAG y AZCUBA para la producción y aplicación del BIOBRAS y sus nuevas formulaciones como bioestimulante para incrementar las producciones de arroz, caña y otros cultivos. En uno de estos encuentros se acordó crear



un nuevo laboratorio conjunto Universidad-Empresa para el desarrollo de investigaciones y la mejora competitiva de los productos ya existentes, así como, el montaje de una planta a escala piloto para el desarrollo de productos del sector agropecuario.



*Figura 3: Presentación del proyecto BIOBRAS 16 al Ministro de la Agricultura*

En los próximos días debe quedar inaugurado el laboratorio Conjunto **Dr. José Luis Mola Gárate** entre la UH y BioCubaFarma. Este consolidará la alianza Universidad-Empresa y tiene la misión de potenciar la síntesis de ingredientes farmacéuticos activos e intermediarios para el desarrollo de medicamentos. El nuevo laboratorio contribuirá a reducir la importación de materias primas y disminuir nuestra dependencia del exterior en la adquisición y producción de medicamentos.

La Cátedra CTS+i junto a la Sociedad Cubana de Psicología y otras instituciones de Salud Pública del país, están realizando investigaciones sobre percepción de riesgo de la población durante la COVID-19. Para ello han diseñado encuestas y cuentan con bases de datos que les ha permitido realizar análisis preliminares, los que están siendo utilizados como base para trazar una estrategia que permita abordar este fenómeno desde una perspec-

tiva social, multifactorial y multinivel. Publicaron un artículo de alto impacto sobre las experiencias acumuladas en el enfrentamiento a la COVID-19 con relación al vínculo entre los científicos y el Gobierno, donde se destaca el relevante papel que han desempeñado la ciencia y la tecnología nacionales, orgánicamente vinculadas con la gestión gubernamental, todos en función de ofrecer una respuesta social, científica, política y sanitaria capaz de enfrentar el desafío que la pandemia nos ha planteado.

Un grupo de estudiantes y profesores de la Facultad publicaron en las redes sociales un video donde unían sus voces, desde la **poesía**, para enviar un mensaje de agradecimiento a todos aquellos que están inmersos en la batalla contra el virus, especialmente al personal de la ciencia que nos representa.

## Participación de otras áreas universitarias en el enfrentamiento a la COVID-19.

Este trabajo no debe finalizar sin hacer un justo reconocimiento a la labor desplegada por otras áreas universitarias. En estos tiempos de COVID-19, la Universidad de La Habana continuó sus labores; posicionándose en el lugar que le corresponde como Institución Educativa y Científica de Excelencia, comprometida con el desarrollo del país. Desde la Dirección Universitaria, se creó una estrategia para dar respuesta a las demandas, prioridades y problemas sociales actuales y futuros del país. Reconocimientos especiales para nuestra Rectora como líder científico y por posicionar a la UH en los principales espacios de la lucha contra el COVID-19 en Cuba. También para los Decanos y colaboradores de las facultades de Matemática y Computación, Geografía y Física que participaron

en los productos cartográficos, la ciencia de datos y la modelación biomédica que dio lugar a las curvas que modelan la evolución de la COVID-19 en Cuba.

La Facultad de Biología se ha insertado en el diagnóstico directo del SARS-CoV-2, en la realización del PCR en tiempo real en el Instituto de Medicina Tropical “Pedro Kouri” y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. La Facultad de Psicología en colaboración con la Facultad de Filosofía desarrolló un grupo en WhatsApp para apoyar a la población vulnerable. El IFAL habilitó su residencia estudiantil para convertirla en centro de aislamiento y se incorporó a la Tarea CURMERIC que consistió en el envasado y etiquetado de este medicamento natural en la farmacia de productos naturales del municipio Plaza.



**Figura 4.** Profesoras jóvenes de la Facultad de Biología trabajan en el procesamiento de muestras y el diagnóstico por PCR en tiempo real del SAR-CoV- 2.

De igual forma, las Ciencias Sociales, por ejemplo, la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, el Centro de Estudios Demográficos (CEDEM) y el centro de Orientación y apoyo psicológico (COAP) participan en la elaboración de propuestas para la intervención integral en comuni-

dades en cuarentena y centros de aislamiento social para la elevación de la percepción de riesgo y la responsabilidad de toda la población. El CEDEM forma parte del grupo multidisciplinario del MIN-SAP dando seguimiento a las variables socio demográficas y su relación con la incidencia de la

enfermedad. La Universidad ha creado el grupo de las Ciencias Económicas para estudiar y presentar, a diferentes niveles de gobierno, informes relacionados con la crisis económica post COVID-19 y su impacto sobre Cuba.

Por último, un grupo importante de trabajadores y estudiantes han estado participando en los centros de aislamiento de la Covadonga y en las residencias estudiantiles de Bahía y Alamar 6.

### **Conclusiones:**

La Universidad de La Habana y, en particular Facultad de Química, con su potencial científico e innovador aportan soluciones al enfrentamiento de la COVID-19, mostrando su excelencia y compromiso académico, científico y social. Los jóvenes estudiantes y profesores universitarios han constituido pilares fundamentales en los logros de esta batalla contra el SARS-CoV-2. Las capacidades y aportes de otras facultades y centros aparecerán publicadas en el Libro titulado “Ciencia e innovación: desafíos de la multidisciplinariedad frente a la COVID-19: gestión del conocimiento y alianzas estratégicas en la Universidad de La Habana.”

### **Referencias.**

1. Estudiantes y profesores de la UH participan en llenado y etiquetado de frascos de hipoclorito de sodio. Consultado el 17 de agosto de 2020 en <http://www.uh.cu/noticia/estudiantes-y-profesores-de-la-uh-participan-en-llenado-y-etiquetado-de-frascos-de>
2. El envasado y etiquetado de recipientes de 30 mililitros de hipoclorito de sodio al uno por ciento, para luego ser distribuidos en farmacias de la capital, es la tarea que por estos días mantiene ocupados a estudiantes, docentes y trabajadores de varias facultades de la Universidad de La Habana. Consultado el 17 de agosto de 2020 en <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2020-04-08/el-hipoclorito-que-sale-de-las-aulas>
3. Miguel Díaz-Canel, Jorge Núñez Jover. Gestión gubernamental y ciencia cubana en el enfrentamiento a la COVID-19. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba; Vol. 10, No. 2 (2020): especial COVID-19.
4. Isneri Talavera Bustamante, Arturo Menéndez Cabezas. Una explicación desde la química: ¿por qué son efectivos el agua y jabón, el hipoclorito de sodio y el alcohol para prevenir el contagio con la COVID-19? Anales de la Academia de Ciencias de Cuba; Vol. 10, No. 2 (2020): especial COVID-19.



# Una respuesta de compromiso y esfuerzo joven ante una pandemia viral

Especial

**MSc. Liena de Regla Ponce Rey**

**Departamento de Microbiología y Virología,  
Facultad de Biología,  
Universidad de La Habana**

[lponce@fbio.uh.cu](mailto:lponce@fbio.uh.cu)



**A** mis catorce años decidí estudiar Bioquímica. Nunca olvidaré el tabloide que mi madre me compró del curso Biotecnología del programa televisivo Universidad para Todos y cuando lo abrí la primera vez observé lo que después descubriría sería la molécula de la vida: una representación esquemática de la estructura del ácido desoxirribonucleico o ADN. Me pareció una estructura fantástica y mucho más sublime su misión biológica. Era consciente de la interrelación fundamental entre la química y la biología y me dije a mi misma, sin siquiera conocer si existía una carrera de ese tipo, que quería estudiar una especialidad como esa. Inmediatamente indagué y supe que el único lugar en el país donde se estudiaba era en La Habana, específicamente en la Facultad de Biología de la Universidad de La Habana. Una institución de educación superior prestigiosa de la cual siempre había escuchado.

Salir del hogar, así como de mi ciudad natal, Matanzas, no constituyeron un impedimento para que una adolescente de 18 años emprendiera una nueva vida. Recuerdo lo majestuosa que resultó

para mi la escalinata universitaria y lo impactante que resultó el edificio de la Facultad de Biología, antigua Escuela de Medicina de La Habana.

Como estudiante del primer año de la carrera de Bioquímica y Biología Molecular inmediatamente comprendí la complejidad, importancia y belleza de las ciencias biológicas. Un claustro de excelencia y una docencia de alto nivel y actualidad fueron forjando mi condición de futura científica. Siempre estuvo en mi mente el anhelo de encontrar la cura contra el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH) y bajo la tutoría del Dr. Carlos Antonio Duarte Cano y el trabajo que realicé durante cuatro años en el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología en el Laboratorio de Antivirales contra el VIH, descubrí que la virología se convertiría en mi objeto de estudio, y así continúa siendo hasta el momento.

Como viróloga he logrado en mi formación postgraduada adquirir conocimientos y habilidades que también tributan a mi ejercicio como profesora universitaria. Entre ellas el aislamiento y caracterización de virus humanos, así como la evaluación antiviral de productos de diversa naturaleza frente a

cepas con importancia clínica y epidemiológica como el poliovirus, los echovirus, los coxsackievirus, los herpes virus y el virus influenza, agentes causales de la poliomielitis, la meningoencefalitis viral, la conjuntivitis hemorrágica, lesiones bucales y genitales y la gripe respectivamente. Sin embargo, aún consciente de que los virus y el cambio climático son factores claves de riesgo y jugarían un rol importante en la dinámica social, económica y cultural del mundo, nunca imaginé que la posibilidad real de una pandemia fuera palpable en tan poco tiempo.

Cuando se informaron los primeros casos positivos a un nuevo coronavirus en China me encontraba en una estancia doctoral en la Universidad de Oviedo, Asturias, España. A mi mente vino la experiencia vivida en el 2009 con la pandemia de Influenza H1N1. Sin embargo, conservaba la esperanza de que aun cuando se trataba de un virus diferente la situación epidemiológica sería controlada y no alcanzaría tales dimensiones en tan poco tiempo. Cuando los casos sobrepasaron cifras discretas y alcanzaron otras fronteras la alerta mundial no se hizo esperar, sin embargo, en mi opinión muchas personas en el mundo subestimaron la situación epidemiológica. Recuerdo la opinión en las redes sociales refiriéndose al nuevo coronavirus como un catarro común que solo afectaba a los adultos mayores y a los niños. Y mientras determinadas personalidades alertaban sobre la importancia de cortar la transmisión mediante el cumplimiento de ciertas medidas imprescindibles, muchos ciudadanos aún se conglomeraban y realizaban viajes. Todo lo cual, en un mundo globalizado como el nuestro, constituyen catalizadores de la transmisión, además de las características intrínsecas del virus asociadas a su virulencia.

Las autoridades de salud de nuestro país estuvieron atentas desde el principio de los acontecimientos mundiales asociados al nuevo coronavirus y una vez la Organización Mundial de la Salud decretó el estado de pandemia el 11 de marzo de 2020, a nivel nacional se tomaron medidas sanitarias, económicas y sociales para enfrentar al nuevo coronavirus.

En tal sentido varios centros de ciencia y referencia de nuestro país pusieron sus recursos humanos y logísticos en función no solo de enfrentar la pandemia en medio de nuestras condiciones económicas difíciles sino también de encontrar alternativas y soluciones a la misma, desde la ciencia básica hasta los modelos predictivos. El centro de referencia para el diagnóstico fue y aún lo es el Instituto de Medicina Tropical "Pedro Kourí". La tarea fundamental ha sido desde entonces el diagnóstico molecular de los casos sospechosos de todo el país, incluidos los turistas. Este trabajo implicó organizar desde el principio cuatro grupos de guardia constituidos por jóvenes en su mayoría, que trabajarían continuamente 24 horas y descansarían 72 horas. Ello incluyó graduados de la Facultad de Biología y de la Universidad de Ciencias Médicas de La Habana, que ejercen como trabajadores del IPK o residentes de cualquiera de las especialidades médicas del instituto.

Recuerdo, al ver las primeras imágenes de estos jóvenes en la TV vestidos totalmente sin poder ser siquiera identificados, como sentí el compromiso ineludible de sumarme a la titánica tarea del diagnóstico. Como he referido en otras ocasiones, el IPK es mi segunda casa profesional. El lugar donde realicé la ejecución experimental de mi tesis de Maestría y donde me he formado, y aún lo hago,

como viróloga desde que me gradué. De manera que trabajar en el lugar, no era para nada una experiencia nueva en mi vida. Nueva sería la oportunidad de trabajar con mis propias manos un virus pandémico, que ya había sido capaz de alcanzar a nuestra población. Inmediatamente transmití a la Dra. Sonia Resik Aguirre mi disposición de ayudar y la profe, dos semanas después me convocó para efectuar mi primera guardia. El primer día que me incorporé recuerdo el momento de la entrega de guardia. Esta es la primera actividad que tiene lugar en el día y consiste en el chequeo de las principales actividades e incidencias que tuvieron lugar en las 24 horas de trabajo anteriores y participan los compañeros salientes y los que les relevan. También se realiza un balance del número de reactivos e insumos empleados, así como del total de muestras analizadas. Desde el principio siempre estuve atenta. El próximo paso sería entonces dirigirme al laboratorio donde se procesan las muestras clínicas y se extrae el ácido nucleico viral. Estas actividades requieren medidas de bioseguridad que van desde el empleo de medios de protección personales, hasta el cumplimiento de estrictos protocolos asociados al manejo de las muestras biológicas. Recuerdo la primera vez que me puse el traje y toda la indumentaria correspondiente. No existía un solo centímetro de mi cuerpo que quedara descubierto y aun cuando las condiciones climatológicas y de luminarias eran las óptimas, la sensación de tener un naso buco, que por lo general se adapta de forma muy ajustada al rostro, así como de una careta de protección facial más todo el traje de nylon, fue bastante incómoda. La primera sensación es la falta de aire o la dificultad para respirar, un proceso natural como la transpiración hace que las gafas de protección se empañen y tengas la sensación gene-

ral de que el cuerpo se encuentra envuelto en una bolsa de nailon muy ajustada sin escapatoria.

Sin embargo, esta sensación desaparece en la medida en la que la persona se acostumbra física y psicológicamente. Otro de los grandes retos desde el punto de vista físico fue resistir toda la indumentaria durante más de cinco horas, implicando ello no poder tomar agua o asistir al baño, no porque esté prohibido, más que nada por una decisión personal de aprovechar estas condiciones de bioseguridad para adelantar todo lo posible el procesamiento de las muestras y por otro lado la conciencia de saber que aunque se tratase de un material desechable son recursos en los que el país había puesto un esfuerzo económico fundamental. Recuerdo incluso cuando, al intercambiar con colegas de ciencia de Europa, estos sorprendidos alababan la disciplina y las condiciones de bioseguridad en la cual trabajábamos en Cuba.

Uno de los grandes retos en materia del procesamiento de muestras lo constituyó aprender a procesar los tejidos de pulmón provenientes de las personas fallecidas sospechosas de la COVID-19. El simple hecho de saber que se trataba de una vida humana probablemente arrebatada por este virus me conmovía más el corazón que el propio riesgo biológico que podía representar. De esta forma con cada día de trabajo las habilidades prácticas ganaron terreno, gracias también al empleo de múltiples equipos de extracción con un mismo fin, pero con diseño y tecnología diferentes. Ello incluía equipos de las firmas QiaGen y Roche y equipos provenientes de la República Popular de China.

Teniendo en cuenta la dinámica del trabajo, así como la permanencia de una situación epidemiológica que debía continuar siendo controlada, el diag-

nóstico requirió el relevo de personal que ya llevaba varios meses trabajando. En tal sentido se me otorga la misión de organizar y dirigir la incorporación de nuevos voluntarios al diagnóstico, en especial graduados de las carreras de la Facultad de Biología, dada la formación básica poseída. En tal sentido, en plena coordinación con la decana de nuestra Facultad, la Dra. Maday Alonso, se realizó la convocatoria. La cual arrojó en poco tiempo un listado numeroso no solo de otros profesores y de graduados sino también de estudiantes de las tres carreras. Ello implicó organizar un listado con toda la información pertinente y en poco más de un mes y medio comenzaron a incorporarse nuevos voluntarios.

Los primeros fueron profesores de la facultad con una edad promedio entre 23 y 35 años. Inicialmente recibieron una preparación y entrenamiento en función de la tarea a realizar, que en algunos casos fue el manejo y gestión de la base de datos donde se registran todos los pacientes, contactos y sospechosos, en otros la inactivación del virus en el gabinete de seguridad biológica, la preparación manual, previa a la extracción del ácido nucleico, de los estuches comerciales así como la ubicación de las muestras biológicas en los equipos de extracción automática y la preparación de las mezclas de reacción para el montaje posterior de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) en tiempo real. En estas tareas participamos profesores de diferentes especialidades: virología, microbiología, enzimología, inmunología e incluso malacología y con diferentes grados científicos: licenciados, maestros en ciencia y doctores en ciencia. Nos distribuimos en los cuatro equipos de trabajo y llegamos a conformar el 80 por ciento de uno de estos, específicamente el equipo 2.

Posteriormente, se incorporaron estudiantes de años superiores al trabajo. En un principio recibieron el entrenamiento debido, no solo por los profesionales del IPK, sino también por los propios profesores de la Facultad. Nadie imaginaría que el escenario del aula se repetiría, pero esta vez en un laboratorio bajo condiciones reales donde la premisa fundamental ha sido y es, la eficiencia y el rigor, puesto que detrás de cada muestra clínica hay una vida humana esperando un resultado.

Con el tiempo, la práctica garantizó el aumento en la eficiencia del trabajo realizado, lo cual se tradujo por ejemplo en una capacidad de procesamiento de más de 1200 muestras en 24 horas, llegando a realizar un máximo de 1750.

A pesar del gran esfuerzo realizado por las autoridades cubanas para garantizar la permanencia de los insumos y equipos, el mercado internacional se hacía cada vez más competitivo y escaso ante la propia demanda mundial. Ante retos como este el país invirtió costosas sumas de dinero para la compra de nuevos equipos e insumos para el diagnóstico del nuevo coronavirus. En mi caso participé en la validación de un nuevo estuche comercial donado por la República Popular de China para la extracción del ácido nucleico viral. Además, orientado por la dirección del departamento de Virología, contribuí a la elaboración de un protocolo de trabajo que formaría parte del proceso de obtención de la licencia otorgada por el CECMED para el manejo, aislamiento y ejecución de estudios básicos con el nuevo coronavirus SARS-Cov-2 para ser llevados a cabo en el Laboratorio de Bioseguridad Nivel 3.

Como profesionales de las ciencias biológicas tuvimos la oportunidad de realizar aportes teóricos

y prácticos en el trabajo de diagnóstico, desde el manejo de equipamiento y empleo de reactivos hasta la interpretación de resultados y optimización de los procesos. Es válido destacar que como colectivo de trabajo logramos una excelente integración con los trabajadores del IPK, los cuales desde el primer momento nos transmitieron todo su apoyo y amabilidad, así como la gratitud por el apoyo brindado. Estos lazos nos permitieron fortalecer amistades y ganar otras nuevas, y trabajar de forma mancomunada y armónica en una tarea titánica y de sumo esfuerzo, pero extremadamente útil y necesaria en los tiempos que corren. El IPK ha sido la oportunidad para poner en práctica nuestros conocimientos y habilidades, pero también se convirtió en la escuela de todos, desde los que ya conocíamos y habíamos trabajado previamente con ciertos virus, hasta aquellos que quizás nunca imaginaron que sus manos estarían involucradas en el diagnóstico virológico, mucho menos de uno responsable de haber provocado una pandemia.

Las experiencias profesionales y personales asociadas a la pandemia provocada por el nuevo

coronavirus han sido invaluable en muchos aspectos. Como profesionales profundizamos nuestros conocimientos y habilidades prácticas, fungimos como estudiantes y como profesores nuevamente, consolidamos nuevas relaciones humanas y profesionales y más que nada vivimos la experiencia necesaria de reconocer y poner en práctica el trabajo en colectivo bajo pilares de solidaridad, apoyo, colaboración, integración y respeto. Anhele que una experiencia como la pandemia provocada por el SARS-CoV-2 no vuelva a ocurrir, a pesar de los grandes factores de riesgo que lo condicionan como el cambio climático, la globalización, la pobreza y desigualdad, el mercantilismo y otros. Sin embargo, reconozco como joven científica cubana, las enseñanzas y aportes que hemos adquirido en estos meses. Si antes valoraba de forma excelsa a la ciencia y las potencialidades que esta tiene, hoy estoy aún más convencida del rol que nos corresponde jugar y del compromiso ineludible de ser cada día una viróloga y bioquímica mejor preparada que pueda contribuir no solo a combatir epidemias o pandemias sino, más importante aún, a prevenirlas.



**Figura 1:** Juan Carlos Salcedo (Licenciado en Microbiología), Marialis (Licenciada en Bioquímica) y profesores de la Facultad: Luis Álvarez Lanjochere, Mirtha Elisa Aguado, Felipe Escalona y Liena de Regla Ponce. Todos en el Laboratorio de Vestuario previa entrada al Laboratorio de trabajo.



**Figura 2:** Liena de Regla Ponce. Vestida para entrar al Laboratorio de procesamiento de muestras y extracción del ácido nucleico viral.



**Figura 3:** Liena Ponce, Cinthia Ford y Marialis en el cuarto de vestuario.



**Figura 4:** Actividad realizada por el día de las Madres por iniciativa del equipo 2 de guardia junto a las profesoras (de izquierda a derecha) Dra. Odalis Valdés (Jefa del Laboratorio de Virus respiratorios), Dra. Sonia Resik Aguirre (Jefa del Departamento de Virología del IPK), Dra. Guadalupe Guzmán (Jefa del Centro de Diagnóstico y Referencia, IPK), y Dra. Mayra Muné, miembro del Laboratorio de virus respiratorios.

**Dra. Margarita Suárez Navarro**

**Departamento de Química Orgánica,  
Facultad de Química,  
Universidad de La Habana**

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



**U**n disolvente es una sustancia química en la que se diluye un soluto, resultando en una disolución, normalmente el disolvente es el componente presente en mayor cantidad en esa disolución.

Los disolventes orgánicos son compuestos en su mayoría volátiles que generalmente se encuentran en fase líquida y se utilizan solos o en combinación con otros agentes, para disolver, suspender o extraer los compuestos de partida, los productos de la reacción o los productos colaterales sin que los modifiquen químicamente.

Varios son los motivos por los que es necesario utilizar un disolvente, el más obvio porque disuelve sustancias, además de permitir la formación de dispersiones homogéneas, promueve un eficaz transporte de masa y energía, puede modificar la reactividad de los reaccionantes y permiten la separación de los compuestos en una reacción, entre otros muchos usos.

Los disolventes orgánicos constituyen la mayor fuente de compuestos orgánicos volátiles (COV) en la atmósfera (27% del total), En la pasada década cinco de los diez productos químicos más vertidos eran disolventes: metanol, tolueno, xileno, etilmetilcetona y diclorometano, provocando entre otros problemas la formación del “smog”, en las grandes ciudades. Las emisiones de COV representan millones de toneladas anuales.



*Figura 1: Ciudad bajo el smog*

Algunas consecuencias de la exposición a los COV son: la irritación ocular, molestias nasales y de garganta, jaquecas, reacciones cutáneas alérgicas y trastornos del sistema hormonal, entre otras.

Se estima que el 85% del total de los compuestos químicos empleados en la industria farmacéutica son disolventes y la eficiencia en su recuperación es generalmente del 50-80%.

Un disolvente adecuado no debería ser tóxico ni inflamable ni corrosivo. Además, no debería liberarse fácilmente al ambiente y lo más importante es que cumpla el objetivo para el cual se utiliza. Sin embargo, el problema con los disolventes no es tanto su empleo como las ineficiencias inherentes asociadas con su contención, recuperación y reutilización. Los disolventes verdes deben ser, ante todo, fácilmente separables de los productos y reutilizables.

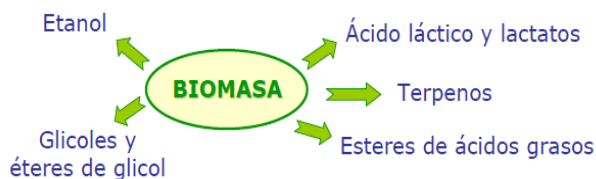
Entre los doce principios de la Química verde, postulados por Anastas y Warner, hay uno dedicado a los disolventes que plantea: “**Disolventes seguros:** se evitarán en lo posible, el uso de sustancias auxiliares (disolventes, reactivos de separación, etc.) y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuo posible”.

La toxicidad no es el único parámetro que debemos considerar para reconocer un disolvente verde, hay que contemplar también que solubilice el soluto, la energía requerida para su evaporación y que pueda ser reciclado. Otro aspecto a considerar es si la fuente del disolvente es sostenible.

Por lo tanto, ¿cuál es el disolvente más verde? Una propuesta de sistema ideal, es aquel que sea no tóxico, renovable y basado en la biomasa.

Una opción sería sustituir los disolventes derivados del petróleo por otros procedentes de la biomasa, que pueden obtenerse por procesos de fermentación, enzimáticos o de esterificación

A partir de la biomasa es posible obtener diferentes disolventes que pueden utilizarse con amplios beneficios como se puede observar en el esquema (Figura 2).



**Figura 2:** Esquema Disolventes que pueden obtenerse a partir de la biomasa.

### Disolventes orgánicos renovables.

Muchos de estos disolventes presentan baja o nula toxicidad, son volátiles, no son corrosivos ni carcinógenos, y son biodegradables, entre otras ventajas.

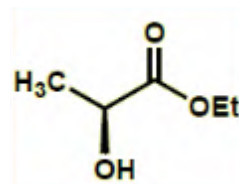
Las “biorefinerías” (Figura 3) son capaces de producir este tipo de disolventes en grandes cantidades, lo que permite su comercialización a precios competitivos.

Por ejemplo, el lactato de etilo (Figura 4) que se puede obtener de la biomasa (Figura 5), se emplea

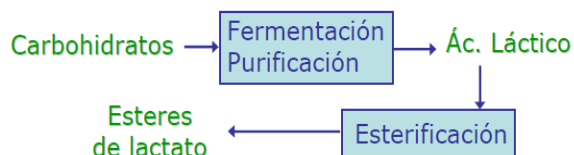


**Figura 3:** Biorefinería para la obtención de disolventes

entre otras aplicaciones en recubrimientos (poliestireno, metales, madera), limpieza de superficies (poliuretano, metales) y de pinturas. Es capaz de sustituir en estas aplicaciones a disolventes como N-metilpirrolidona, tolueno, xileno, acetona, y disolventes clorados.



**Figura 4:** Lactato de Etilo



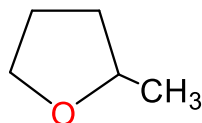
**Figura 5:** Esquema general de la obtención de los ésteres de lactato a partir de la biomasa.

### Algunos ejemplos de Disolventes Verdes.

#### El 2-Metiltetrahidrofurano MeTHF (Figura 6).

El MeTHF tiene muchas ventajas, es un disolvente polar aprótico, presenta un excelente poder de separación, se puede secar y reciclar fácilmente, se ha demostrado que mejora el rendimiento de las reacciones y es estable en medio ácido o básico.

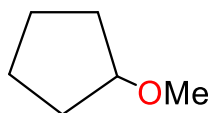




**Figura 6.** 2-Metiltetrahidrofurano (MeTHF)

Puede ser utilizado en reacciones de compuestos organometálicos sustituyendo al tetrahidrofurano (THF), en reacciones de Grignard, de Reformasky, en acoplamientos de Heck, de Stille o de Suzuki y en reacciones bifásicas sustituyendo al diclorometano (DCM).

El Ciclopentilmetiléter (CPMe): disolvente tipo éter (Figura 7).



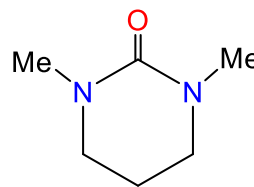
**Figura 7.** Ciclopentilmetiléter (CPMe)

El CPMe es una nueva alternativa a diferentes disolventes como lo son el THF, el *ter*-butimetiléter (MTBE), el 1,4 dioxano, el éter dietílico y a otros disolventes del tipo éter, y muestra una gran resistencia a la formación de peróxidos.

Entre las ventajas que presenta su utilización está que es un disolvente hidrófobo, tiene una miscibilidad en agua limitada, por lo que su separación, secado y reciclado se produce fácilmente. Además muestra una baja energía de evaporación, por lo que se reduce la pérdida del disolvente y una baja energía de descomposición, lo que conlleva a que no forme peróxidos fácilmente y es relativamente estable a ácidos y base.

Se puede utilizar en las reacciones de Grignard, en acoplamientos de Suzuki, en reducciones con metales, en reacciones con ácidos de Lewis, en reacciones de Friedel Craft. Además, se puede emplear en extracciones, cristalizaciones y polimerizaciones.

La *N,N*-dimetilpropileno-urea, DMPU (Figura 8).

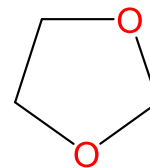


**Figura 8:** *NN*-dimetilpropileno-urea

El DMPU (1,3-dimetiltetrahidropirimidin-2(1*H*)-ona según la nomenclatura de la IUPAC), Puede utilizarse en sustitución de la dimetilformamida (DMF) o la *N*-metilpirrolidona (NMP). Es un disolvente polar aprótico que es muy útil en las reacciones de sustitución nucleofílica bimolecular (S<sub>N</sub>2).

Tiene como ventajas que es un medio de reacción poco agresivo y puede utilizarse en los laboratorios farmacéuticos y agroquímicos.

El 1,3-Dioxolano (Figura 9).



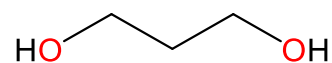
**Figura 9:** 1,3-dioxolano

Las propiedades físicas, químicas y toxicológicas del 1,3-dioxolano permiten considerarlo tanto como reactivo como disolvente. Puede utilizarse como alternativa al diclorometano, al dicloroetano y a la metiletilcetona en condiciones neutras o básicas y al tetrahidrofurano (THF) y al dimetilsulfóxido (DMSO).

Tiene como ventajas que no es carcinógeno, no es tóxico, ni explosivo, no se inflama espontáneamente y no presenta olor desagradable.. Además, escasamente forma peróxidos y es miscible en agua y en la mayoría de disolventes orgánicos.

Puede utilizarse como reactivo en química orgánica, en la industria de los polímeros como agente copolimerizante con el trioxano y el formaldehído y con el estireno., en la industria farmacéutica como

disolvente. Estabilizante de disolventes halogenados, componente de las baterías de litio, baños para los depósitos electrolíticos (níquel, cobre y litio) entre muchos otros usos.



*Figura 10: 1,3-propanodiol*

### El 1,3-propanodiol (Figura 10).

Puede ser obtenido a partir de recursos renovables y supera la calidad y los rendimientos del obtenido con base petroquímica.

Entre las ventajas que presenta esta su baja toxicidad y biodegradabilidad, reducción el impacto ambiental.

Puede utilizarse en la fabricación de resinas de poliéster, en la química del uretano y como anticongelante y fluido para transmisión de calor.

Se pretende que en el caso que sea posible sustituir los disolventes por uno más “verde” para la protección del medio ambiente.

**Tabla 1: Comparación de las propiedades físicas de disolventes “verdes” y “clásicos”**

	Disolventes "verdes"					Disolventes "clásicos"									
	MeTHF	CPME	DMPU	1,3-propanodiol	Dioxolano	DMF	NMP	Dicloroetano	MEK	THF	Éter dietílico	Dioxano	MTBE	Dicloro metano	
Masa molar (g/mol)	86,14	100,16	128,18	76,1	74,08	73,095	99,13	98,96	72,11	72,108	74,124	88,107	88,15	84,933	
Densidad (20°C)[g/cm <sup>3</sup> ]	0,85	0,86	1,06	1,053	1,067	0,95	1,03	1,26	0,806	0,89	0,71	1,03	0,74	1,32	
Punto de ebullición [°C]	80	106	246	214	75,6	153	202	83,4	79,6	65	34,6	101	55	39,6	
Punto de fusión [°C]	-136	<-140	-23	-26,7	-95	-61	-24	-35	-86	-108,5	-116,3	11,8	-108,7	-97	
Índice de refracción (20°C)	1,400	1,4189	-	1,4386	1,3974	1,42	1,47	1,445	1,38	1,407	1,353	1,422	1,369	1,42	
Constante dieléctrica (25°C)	7	4,76	-	-	7,34	-	-	10	18	7,58	4,197	2,227	-	11	
Azeótropo con agua (°C)	71	83 (*)	-	-	71 (*)	-	-	-	-	64	34,2	87,8	-	-	
Solubilidad en agua (23°C) [g/100g]	14	1,1	-	-	-	-	-	0,87	22,6	-	6,5	-	4,8	1,32	
Solubilidad del agua en el disolvente (23°C) [g/100g]	4,4	0,3	-	-	-	-	-	0,16	9,9	-	1,2	-	1,5	0,14	

# La *Stevia rebaudiana* Bertoni, un edulcorante natural

Investigación  
Química

Dr. Ariel Martínez García

División de Química y Tecnología de Materiales

IMRE, Universidad de La Habana

Dirección de Ciencia y Técnica

Entidad de Ciencia, Tecnología en Innovación "Sierra Maestra"

[ariel@imre.uh.cu](mailto:ariel@imre.uh.cu)



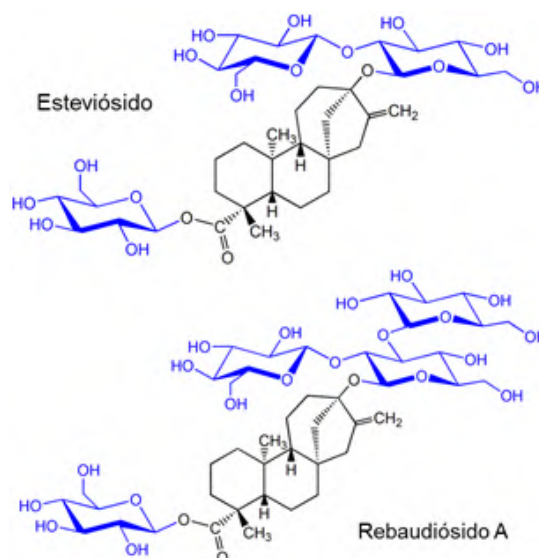
La estevia ha adoptado una gran variedad de nombres en dependencia de las regiones donde se ha cultivado: estevia, ka'á he'é, hierba dulce, hierba de azúcar, hierba de miel, entre otras. La *Stevia rebaudiana*, arbusto originario del Paraguay, Brasil y el norte de Argentina, es una especie del género *Stevia* de la familia de las *Asteráceas* nativa de la zona tropical de América del Sur, figura 1. Durante siglos, los nativos guaraníes utilizaron el Ka'á He'é (en guaraní, hierba dulce) como edulcorante natural y para fines medicinales.



Figura 1: Planta *Stevia rebaudiana*

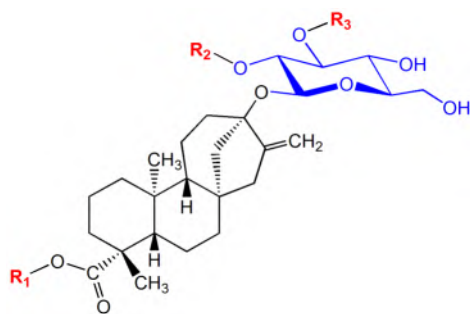
La estevia debe su nombre al botánico y médico español Pedro Jaime Esteve (1500-1556), que investigó por primera vez esta planta utilizada como edulcorante natural. En el año 1887 el científico naturalista suizo, Dr. Moisés Santiago Bertoni, co-

noció de la planta por mediación de algunos mineros e indios de la región de Caaguazú y Monday, República del Paraguay. A partir de ese momento comenzó una profunda investigación científica de la planta y en el año 1900 solicitó la colaboración de su amigo Ovidio Rebaudi, químico de nacionalidad paraguaya. Rebaudi realizó el primer análisis químico a una planta de estevia y después de los primeros estudios sobre sus principios y características químicas, logró aislar dos principios activos, el "esteviósido" y el "rebaudiósido". Fue entonces que en el año 1905, el Dr. Bertoni clasificó la planta y la registró definitivamente bajo el nombre científico de *Stevia rebaudiana* Bertoni, en honor a su amigo Ovidio Rebaudi.<sup>1</sup>



A partir de esa fecha se realizaron muchos estudios para poder desarrollar este cultivo a gran escala. Paraguay fue el primer país en lograrlo en 1970 y desde entonces, el rápido desarrollo de la industria de edulcorantes y la búsqueda de alternativas menos riesgosas que los edulcorantes sintéticos tradicionales, lograron que el cultivo tuviera éxito en diferentes países de América, Europa y Asia. Actualmente China es el país mayor productor de la *Stevia rebaudiana Bertoni* en el mundo seguido por Japón, Brasil y Paraguay.

Los principales esteviolglicósidos que están presentes en la hoja de la *Stevia rebaudiana Bertoni* se relacionan en la tabla 1 y son los responsables del sabor dulce. Estos compuestos poseen una estructura similar y se diferencian en los sustituyentes R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> y R<sub>3</sub>. El esteviósido y el rebaudiósido A son los más abundantes y los más estudiados, además poseen los mejores atributos sensoriales como edulcorante pues son entre 300 a 400 veces más dulces que la sacarosa. No obstante, en la literatura científica se reportan más de 30 esteviolglicósidos adicionales que fueron aislados e identificados, la mayoría de ellos a inicios de la década del 2010.<sup>2</sup>



**Tabla 1: Principales esteviolglicósidos que están presentes en la hoja de *Stevia rebaudiana*.**

Glicósidos de diterpenos	% (*)	R <sub>1</sub> <sup>a</sup>	R <sub>2</sub> <sup>a</sup>	R <sub>3</sub> <sup>a</sup>	P E (sac = 1)
Esteviósido	4-13	glc	glc	H	150 - 300
Rebaudiósido A	2-4	glc	glc	glc	250 - 450
Rebaudiósido C	1-2	glc	rham	glc	50 - 120
Dulcósido A	0.5-1	glc	rham	H	50 - 120
Esteviolbiósido	trazas	H	glc	H	100 - 125
Rubusósido	trazas	glc	H	H	100 - 120
Rebaudiósido B	trazas	H	glc	glc	300 - 350
Rebaudiósido D	trazas	glc <sup>2-1</sup> -glc	glc	glc	250 - 450
Rebaudiósido E	trazas	glc <sup>2-1</sup> -glc	glc	H	150 - 300

(\*) De la materia seca de las hojas

(a) glc: *b*-D-glucopiranososa, rham: *a*-L-rhamnospiranososa

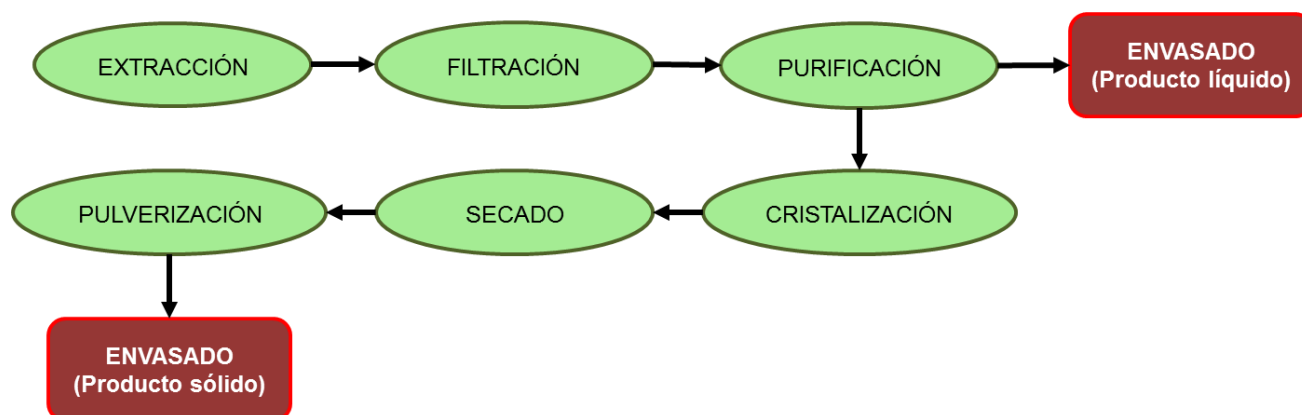
## Extracción y purificación de los edulcorantes

Existen varios procedimientos para la extracción y purificación de los esteviolglicósidos presentes en las hojas de la *Stevia rebaudiana Bertoni*, sin embargo en todos los casos el diagrama de flujo del proceso es similar, figura 2. Resulta imprescindible considerar el tratamiento de la materia prima antes de comenzar el procedimiento de extracción y purificación. Las hojas de estevia deben recolectarse y posteriormente secarse en el lugar de origen, antes de transcurrir las 24 horas de la recolección.

El proceso de extracción de los esteviolglicósidos se puede realizar utilizando disolventes orgánicos, agua o fluidos supercríticos. La operación se realiza de forma similar, independientemente del tipo de disolvente usado. Con el empleo de los disolventes orgánicos se logra un aumento en la eficacia de la extracción y la separación de los esteviolglicósidos. No obstante, estos disolventes descalifican al extracto de estevia como producto natural y seguro para el consumo humano.

Los procesos más modernos emplean el agua como disolvente, con el fin de cumplir con las especificaciones de producto natural requeridas para su consumo y comercialización. El método de la infusión es uno de los más utilizados, pues no se corre el peligro de la desnaturalización de los componentes de las hojas. En la mayoría de los casos la extracción se realiza a 60 °C en un pH ligeramente ácido (3-5), durante 3 a 6 horas. También se puede realizar la extracción a baja temperatura, a temperatura ambiente y usando agua caliente presurizada. Otra forma de extracción está relacionada con el fluido supercrítico, generalmente se utiliza CO<sub>2</sub>, el cual aprovecha el poder disolvente a temperaturas y presiones por encima de sus valores críticos. Este método se utiliza, en la mayoría de los casos, a nivel industrial.

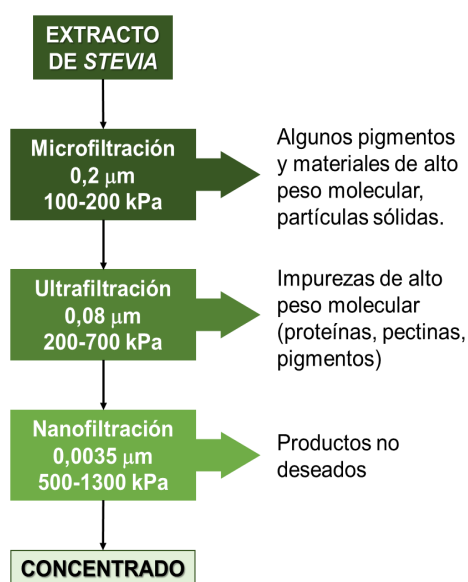
La purificación del extracto de estevia es la etapa determinante en el procedimiento pues va a garantizar la calidad final del producto. El extracto que se obtiene es una disolución con un contenido de partículas coloidales de color marrón oscuro, contiene todos los principios activos, los pigmentos de la hoja, los polisacáridos solubles y otros compuestos orgánicos e inorgánicos. Existen varios métodos que



**Figura 2:** Diagrama de flujo general del proceso de extracción y purificación de los glicósidos de la *Stevia rebaudiana* Bertoni.

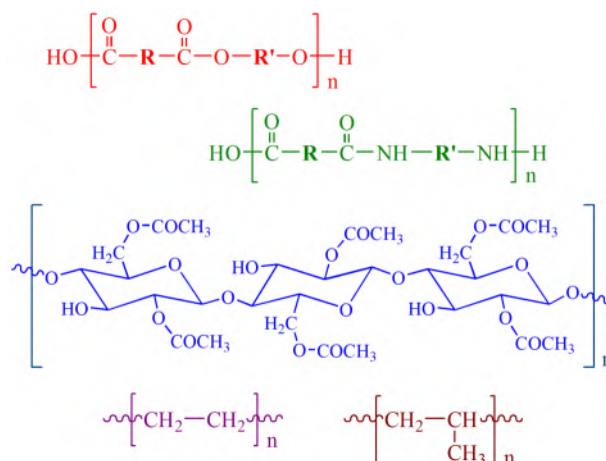
pueden ser utilizados en el proceso de purificación, pero hay tres que sobresalen del resto y son los más empleados: la combinación de membranas filtrantes,<sup>3</sup> el empleo de resinas de intercambio iónico<sup>4</sup> y la adsorción con zeolitas modificadas.<sup>5</sup>

La combinación de membranas de diferentes tamaños es un método que se lleva a cabo de forma continua. El extracto de estevia se somete a un proceso de microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración, en ese orden, figura 3. Este extracto primero debe pasar por un proceso de macrofiltración para retener todas las partículas sólidas en suspensión, en el cual se puede hacer uso de varios filtros o membranas con un tamaño de poro que oscila desde 20 hasta 1 micra.



**Figura 3:** Esquema general de la purificación mediante la combinación de membranas.

Las membranas se pueden clasificar en dos grandes familias, las membranas orgánicas y las membranas inorgánicas. Las membranas orgánicas están fabricadas con un material polimérico y pueden ser hidrófilas (poliésteres alifáticos, poliamidas alifáticas, celulosa (por lo general es el diacetato de celulosa), etc.), o hidrófobas (polietileno, polipropileno, etc.).

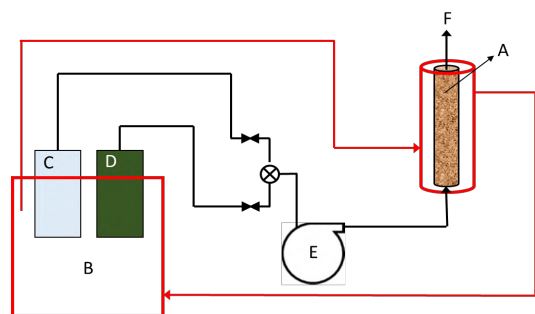


Las membranas inorgánicas están fabricadas con materiales cerámicos, vidrios y acero inoxidable. El método de las membranas tiene poco consumo de energía, su diseño se facilita a gran escala y no se requieren aditivos ni agregar sustancias químicas que puedan dejar residuos. Sin embargo, tiene la desventaja de poseer elevados costos de tecnología e insumos.

El método de las resinas de intercambio iónico emplea una combinación de columnas cargadas con diferentes resinas. El extracto acuoso de las hojas de

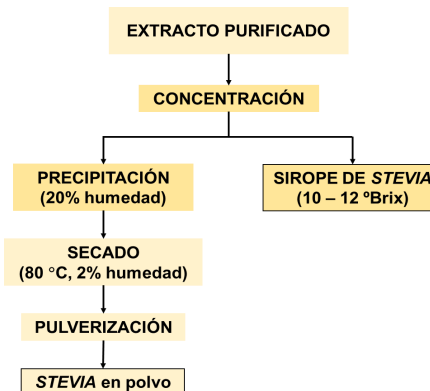
estevia se somete a un tratamiento previo para eliminar ácidos y bases orgánicas, sales inorgánicas, proteínas, aminoácidos, fenol, etc. Después se pasa a través de una columna con resinas de intercambio iónico de ácido fuerte (ejemplos: Dowex 50 W, Rohm y Haas IRA 120) y luego a través de una columna con resinas de intercambio iónico de base débil (ejemplos: Dowex WGR, Rohm y Haas IR4B, Rohm y Haas IRA93). Este tratamiento se puede repetir hasta obtener la calidad deseada. Por último se emplea una columna con resina Amberlite XAD-7 que separa los edulcorantes de las sustancias no deseadas que aún quedan en el extracto. Con este método se logra obtener el esteviósido y el rebaudiósido A con más del 95% de pureza.

La adsorción con zeolitas modificadas es un método con ciertas ventajas, es de bajo costo, no deja residuos indeseables en el producto, su tecnología es de fácil aplicación y no representa un riesgo ambiental. Por lo general, se emplea una zeolita sintética granular del tipo NaX, la cual se modifica intercambiando los iones Na por iones Ca. También se puede tratar la zeolita con amonio cuaternario para lograr una mayor eficiencia en el proceso de decoloración. El extracto de estevia circula por el lecho de zeolitas modificadas en forma ascendente quedando retenidos los pigmentos por adsorción en la superficie de la zeolita, lográndose hasta un 90 % de decoloración, figura 4. Sin embargo, este método tiene la desventaja que el rendimiento de los esteviolglicósidos disminuye, ya que en el proceso de decoloración se retienen en el adsorbente hasta un 5% de los edulcorantes.



**Figura 4:** Esquema general del método de purificación con zeolitas modificadas (A: columna con zeolita, B: baño termostático, C: reservorio de agua, D: reservorio del extracto de estevia, E: bomba peristáltica, F: muestras del extracto de estevia).

Al finalizar la etapa de purificación se tiene listo el extracto purificado, el cual se separa en dos fracciones que serán tratadas de forma diferente. Una fracción se concentra para ser comercializada como edulcorante líquido y la otra fracción se procesa hasta obtener un producto sólido (Figura 5).



**Figura 5:** Etapa final de obtención del edulcorante de *Stevia rebaudiana Bertoni*.

Los beneficios de las hojas de la *Stevia rebaudiana Bertoni* son disímiles y no sólo se limitan a su elevado poder como edulcorante. Sus propiedades permiten usar esta planta en los alimentos, en la salud, en los cosméticos, en el medio ambiente, entre otros, tabla 2. Muchas de estas aplicaciones ya eran conocidas cientos de años atrás por los indígenas de Brasil y Paraguay. En la literatura científica se pueden encontrar muchas investigaciones científicas que avalan las bondades de la *Stevia rebaudiana Bertoni*.

## Referencias

1. Consuelo Osorio Barrera, *Stevia, el dulce sabor de tu vida*, Bogota Community College, **2007**.
2. U. Wölwer-Rieck, *J. Agric. Food Chem.* **2012**, *60*, 886-895.
3. O. Kutowy, Q. y col, *US Patent No. 5972120*, **1999**.
4. J. Donald Payzant, *Canadian Intellectual Property Office*, **1999**.
5. I. C. C. Mantovaneli, y col, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, **2004**, *21* (3), 449-458.

Tabla 2: Aplicaciones de la *Stevia rebaudiana* Bertoni.

<b>Productos alimenticios</b>	<p>Para endulzar bebidas frías o calientes (café, té, chocolate, jugos, bebidas gaseosas e hidratantes)</p> <p>En repostería (mermeladas, confitería, gelatinas, granolas y galletas)</p> <p>Salsas y conservas de verduras y de frutas</p> <p>Derivados de los lácteos (yogur, kumis y helados)</p>
<b>Salud</b>	<p>Problemas de diabetes (es un potente agente antihiperlipidémico que estimula la secreción de insulina por vía directa de las células beta pancreáticas)</p> <p>Hipotensor diurético (hipertensión, casos de obesidad y para bajar los niveles de ácido úrico)</p> <p>Beneficia la digestión, la función gastrointestinal y alivia las molestias estomacales</p> <p>Reduce la ansiedad por el tabaco y el consumo del alcohol</p> <p>Se utiliza como agente antioxidante, desinfectante, antihistamínico, y para enfermedades de la piel</p>
<b>Estéticos</b>	<p>Control del peso corporal (la estevia contiene proteínas, fibra, vitaminas y minerales, pero no aporta ninguna caloría)</p> <p>Productos de belleza (labiales, cremas dentales, jarabes, etc.)</p> <p>Cuidado de la piel (suaviza y tensiona la piel, ayuda a alisar las arrugas y a curar las manchas de la piel)</p>
<b>Medio Ambiente</b>	Como agente para desintoxicar la dioxina y productos químicos peligrosos
<b>Suelos</b>	Como desinfectante (elimina bacterias, hongos filamentosos, etc.)
<b>Agricultura</b>	Activador de cultivos, césped en canchas de golf y jardinería
<b>Área pecuaria<sup>(1)</sup></b>	<p>Incorporando la estevia al balanceado de pollos parrilleros y cerdos, se acelera el crecimiento (mejora el consumo y la conversión alimenticia), reduce la incidencia de enfermedades (diarrea, neumonía) y mortandades, mejora el gusto de la carne, etc.</p> <p>En vacas lecheras se comprobó una disminución de mastitis.</p> <p>En animales de compañía (domésticos, perros y gatos) mejora notablemente el pelaje y la salud.</p>

# Los hidrogeles como alternativa prometedora en el tratamiento de heridas

Investigación  
Química

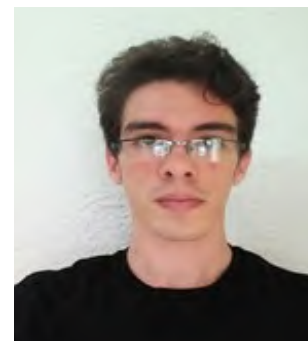
**Lorenzo Daniel García Gámez**

**Estudiante de 5to año**

**Facultad de Química**

**Universidad de La Habana**

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



**L**as heridas dérmicas constituyen un desafío clínico y un riesgo constante para nuestra salud. La piel se considera el órgano más grande del cuerpo humano y con su compleja estructura de tres capas (la epidermis, la dermis y la hipodermis), funciona como barrera protectora natural frente al medio externo, agentes químico-físicos agresivos, radiaciones ultravioletas y organismos patogénicos; mientras que al mismo tiempo participa en la síntesis de Vitamina D y hormonas, regula la temperatura corporal, la presión sanguínea y previene la pérdida excesiva de humedad.

Cuando tenemos una herida se activa un proceso continuo que transita por diferentes estados moleculares y celulares, interdependientes y superpuestos:

-homeostasis, inflamación, proliferación o formación de tejido granulado y remodelación o maduración. Aun cuando la cicatrización es un proceso instantáneo, su duración depende de otros factores individuales como la edad del paciente, presencia de comorbilidades; y de factores externos como la aparición de infecciones o las causas particulares de la herida. En algunos casos puede suceder que la regeneración de piel no ocurra nuevamente de forma espontánea o llegue a tardar más de lo previsto, de ahí que se describan dos grupos atendiendo a la naturaleza del proceso de reparación: -heridas agudas o heridas crónicas. Los daños agudos necesitan

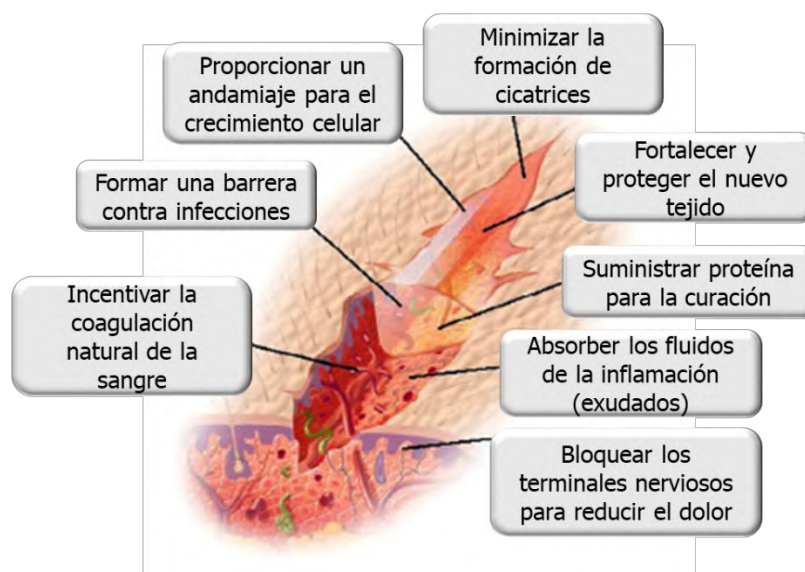
períodos de curación de alrededor de 8-12 semanas y por lo general sanan completamente. Las heridas crónicas suelen requerir un período mucho más largo de cicatrización y sanan lentamente, nunca en menos de 12 semanas o 1 año, e incluso pueden reaparecer, no llegar a sanar, dejar serias cicatrices u obligar a la amputación.

Millones de pacientes sufren anualmente de diferentes tipos de daños dérmicos, por encima del 1.5% de la población mundial, aproximadamente 20 millones de pacientes alrededor del mundo padecen de heridas crónicas.<sup>1</sup> Las heridas por quemaduras son las de mayor incidencia. Estos accidentes se acompañan normalmente de discapacidades permanentes y tratamientos de alto costo, incluso la muerte. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) anualmente entre 30 000 y 265 000 muertes ocurren por pacientes con quemaduras y/o falta de acceso a tratamientos adecuados, incluyendo sustitutos de piel.<sup>2</sup> Las tecnologías para la cura de heridas constituyen un gran mercado, con productos que exceden en total los 15 mil millones de dólares destinados y otros 12 mil millones para la prevención de cicatrices.<sup>3</sup> En consecuencia, cobra relevante importancia el desarrollo de apósitos apropiados que sean capaces de mejorar el proceso de curación considerablemente, mediando en la etapa correcta y en la prestación de condiciones más favorables. Se define como apósito a cualquier material empleado para cubrir, proteger y curar he-



ridas de un tejido dañado. Un apósito ideal para la curación de heridas debe poseer, entre otras, ciertas propiedades (Figura 1). Vale destacar algunas que determinan la selección del apósito o vendaje óptimo: la humectación de la herida, la absorción de

los fluidos excedentes, el desbridamiento de tejidos necróticos y la acción de un agente antibacteriano apropiado. Se sobrentiende además que debe ser un material biocompatible con los tejidos y la sangre.

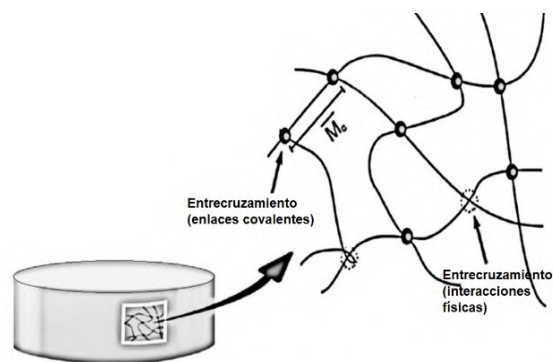


**Figura 1.** Requerimientos para un apósito "ideal". Tomado y modificado de L.E. Valencia Gómez y cols. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica* 2016, 37, pp.237.

## Matrices basadas en hidrogeles

Pese a las alternativas, los materiales basados en hidrogeles se imponen como los de mayor utilización. En las últimas décadas el empleo mundial de hidrogeles como materiales en el mercado de apósitos ocupaba el 43%, por encima de otras formulaciones. El número de heridas curadas con hidrogeles fue de un 85% comparado con un 50% en empleo de variantes tradicionales.<sup>4, 5</sup>

Los geles son un estado intermedio entre sólido y líquido con una estructura de red tridimensional en la cual se encuentra una gran cantidad de disolvente atrapado y disperso (Figura 2). Se piensa que el origen del término "hidrogel" se haya empleado por primera vez cerca del año 1894 para indicar la formación de geles coloidales de ciertas sales inorgánicas. Sin embargo, hoy en día se utiliza para identificar a una clase de materiales poliméricos completamente diferentes. Estos se definen como organogeles o hidrogeles si dicho disolvente es orgánico o agua como medio de gelificación, respectivamente.



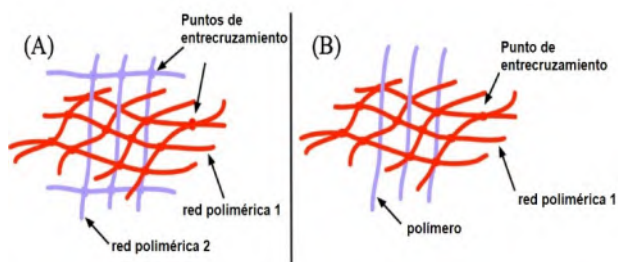
**Figura 2.** Esquema representativo de la estructura macromolecular de un hidrogel.

Anteriormente, se introdujeron aspectos generales sobre los hidrogeles, específicamente los nanohidrogeles y su aplicación en la liberación controlada y guiada de fármacos, sus clasificaciones generales y principales características (Katime y cols. *Encuentro con la Química*, 2016, Vol. 2 No. 2, pp. 7-11) Por tanto, en el presente trabajo se hace una breve referencia a los aspectos vinculados con el empleo de estos materiales en el tratamiento

de heridas, métodos de obtención, sus propiedades y perspectivas de investigación.

Estos materiales poliméricos entrecruzados e hidrofílicos, se obtienen por polimerización y entrecruzamiento simultáneo de uno o más monómeros en presencia o no de algún polímero, o por entrecruzamiento de polímeros. Los hidrogeles químicos están constituidos por entrecruzamientos de naturaleza covalente que proporcionan un estado rígido e irreversible con buenas propiedades mecánicas. Los físicos muestran interacciones supramoleculares de naturaleza no covalente: -enlaces de hidrógeno, interacciones iónicas, hidrofóbicas, cristalinas y autoensamblaje; por lo que tienen carácter reversible frente a ciertos estímulos y débil resistencia mecánica. Los *hidrogeles de doble cadena* (DC) combinan entrecruzamientos químicos y físicos, por tanto, manifiestan propiedades mecánicas superiores a los sistemas independientes, entre otras.

Una estrategia muy empleada últimamente junto al criterio de hidrogeles DC, es el desarrollo de redes multicomponentes, descritas como *redes poliméricas interpenetradas* (IPN). Los materiales de red IPN se definen convencionalmente por la combinación íntima de dos polímeros entrecruzados, uno de ellos el cual ha sido sintetizado o entrecruzado en presencia del otro. Cuando un polímero lineal es interpenetrado por otra red polimérica entrecruzada sin que exista cualquier otro tipo de enlace entre ellos, se conoce como red semi-interpenetrada (semi-IPN) (Figura 3). Los sistemas de red IPN tienen la ventaja de formar matrices relativamente densas, con mejores propiedades mecánicas, propiedades físicas controlables y una mayor eficiencia en la carga de fármacos comparado con los hidrogeles convencionales semi-IPN.



**Figura 3.** Representación esquemática de hidrogeles de red IPN (A) y semi-IPN (B).

Las características, propiedades biológicas y funcionalidades de los sistemas se basan en su composición química y en las condiciones de síntesis empleadas. Existe una versatilidad infinita en cuanto a la composición del hidrogel y esta varía con el monómero, monómeros o polímeros en la mezcla de reacción (Tabla 1).

**Tabla 1.** Polímeros más comunes en apósitos de hidrogeles.

Polímeros sintéticos	Polímeros de origen natural
poli-metacrilato de hidroxietilo (HEMA)	quitina/ quitosana
poli-N-isopropilacrilamida (PNIPAAm)/ poliacrilamida (PAAm)	alginato
polivinilpirrolidona (PVP)	colágeno
poli-ácido acrílico (PAA)	dextrina
polietilenglicol (PEG)	celulosa
poli-acetato de vinilo	ácido hialurónico
poli-ácido metacrílico	gelatina
poli(ácido láctico-co-glicólico) (PLGA)	fibrina

Debido a la biocompatibilidad, biodegradabilidad, citotoxicidad mínima o nula, capacidad de formación de hidrogeles y similitud a las moléculas que componen la matriz extracelular, los biopolímeros han sido ampliamente utilizados en el campo de la ingeniería de tejidos y medicina regenerativa; siendo los polisacáridos y proteínas los más utilizados en la búsqueda de hidrogeles tópicos para el cuidado de heridas y quemaduras.<sup>6</sup> Los polisacáridos contienen además diferentes grupos funcionales que los hacen ideales para la conjugación o modificaciones químicas. Sin dudas, la quitosana es uno de los más ampliamente utilizados en la ingeniería de tejidos y regeneración de piel por las propiedades que posee, en especial su carácter antibacteriano, cicatrizante, humectante y ser mucoadhesiva, promoviendo además la proliferación de fibro-

blastos.<sup>7</sup>

De igual forma, algunos polímeros sintéticos han suscitado interés en aplicaciones para la piel. Los polímeros sintéticos poseen una estructura bien definida y pueden ser altamente hidrofílicos, pero no tienen la habilidad de reducir la inflamación local debido a las características no biodegradables de muchos de ellos, bioactividad reducida o la posible toxicidad de los productos de degradación. Por otra parte, los hidrogeles basados en biopolímeros tienen una reproducibilidad variable en su fabricación a gran escala en cuanto a porosidad, fuerza mecánica y degradación, lo que ha conllevado a la necesidad de formular *hidrogeles híbridos*. Estos últimos se basan en polímeros sintéticos no tóxicos y polisacáridos bioactivos (biopolímeros), con los cuales en los últimos años se ha apostado en la búsqueda de mejores propiedades mecánicas, biológicas y respuestas a diferentes estímulos.

En la Tabla 2 se muestran algunos de los métodos utilizados para la síntesis de hidrogeles que se han desarrollado hasta el momento.

## Ventajas y propiedades de los hidrogeles

Los vendajes tópicos tradicionales, como las gazas, ofrecen una buena absorción, pero también provocan desecación rápida de la herida y daños de los neo-tejidos cuando se remueven. Las membranas y filmes mantienen una correcta humectación, son flexibles y minimizan la infección bacteriana, pero provocan una deshidratación excesiva o no absorben exudados. Igualmente se han desarrollado una serie de terapias físico-químicas avanzadas, entre ellas, la oxigenación hiperbárica, las terapias de presión negativa, de estimulación eléctrica, de pulso electromagnético y de láser de bajo nivel.<sup>3</sup> Sin embargo, estas vías requieren de un equipamiento tecnológico superior y son inaccesibles para la mayoría de los pacientes.

El éxito de los hidrogeles se debe, entre otros muchos aspectos, a que presentan una estructura similar a la matriz extracelular de los tejidos, absorben gran cantidad de agua/fluidos y no los necesitan para ser geles adecuados en lesiones secas, promueven el desbridamiento autolítico, incremen-

**Tabla 2.** Métodos de obtención de hidrogeles y su clasificación según la naturaleza de entrecruzamiento.

Hidrogeles físicos o reversibles	
Métodos	• Cristalización (ciclos de congelación-descongelación)
	• Formación estereocompleja
	• Interacción iónica (adición de iones di- o tri-valentes, formando complejos polielectrolitos)
	• Interacción por enlaces de hidrógeno.
	• Interacciones de proteínas y de antígeno-anticuerpo.
	• Maduración (agregación termo-inducida)
Hidrogeles químicos o irreversibles	
Métodos	• Entrecruzamiento por reacción química de grupos complementarios: condensación, adición, bases de Schiff.
	• Empleo de entrecruzantes como glutaraldehído, epíclorhidrina, genipina y otros polialdehídos.
	• Injerto (supone la polimerización de monómeros en la estructura de polímeros preformados). Dependiendo del tipo de iniciador-activador se pueden clasificar: <ul style="list-style-type: none"> <li>◊ Injerto químico (activación por un agente químico)</li> <li>◊ Injerto por radiación (activación por radiación de alta energía)</li> </ul>
	• Polimerización radicalica (agente entrecruzante con un iniciador radicalico)
	• Radiaciones de alta energía.
	• Reacciones enzimáticas.

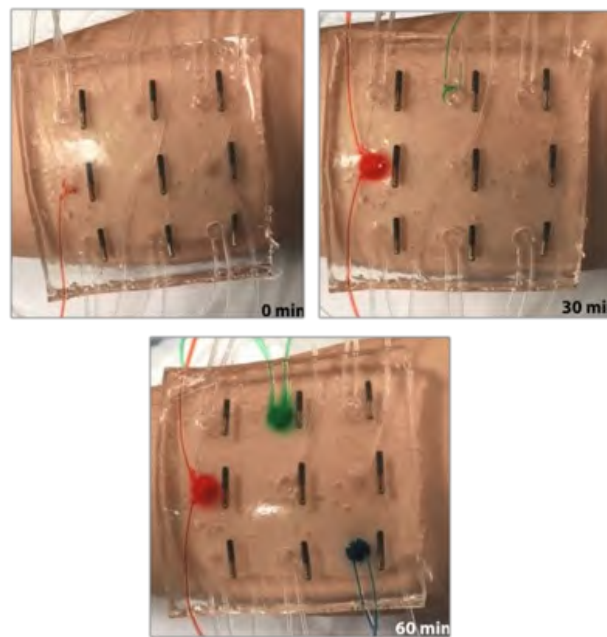
tan la producción de colágeno; y el nivel de humedad y permeabilidad al oxígeno favorece la migración celular.

La existencia de grupos funcionales específicos en las cadenas de la matriz polimérica es un factor clave en la respuesta rápida y reversible a pequeños cambios en las condiciones del medio. Esta habilidad única de los hidrogeles de responder a los “estímulos” externos y cambiar sus propiedades como: transparencia, volumen, propiedades mecánicas, absorción/desorción, superficie, estructura y permeabilidad, hace que se conozcan como portadores “inteligentes” y recibe mucha atención. Los parámetros externos pueden ser físicos como la temperatura, campos eléctricos o magnéticos, la luz, la presión; o pueden ser químicos como el pH, la presencia de glucosa o especies iónicas. Igualmente pueden responder a factores bioquímicos como las enzimas, antígenos y ligandos.<sup>8</sup>

Más recientemente, se ha desarrollado la ingeniería de apósitos con sensores integrados, que permiten monitorear activamente parámetros de la herida. Por ejemplo, la Figura 4 ilustra hidrogeles híbridos, DC, con red IPN, biocompatibles, altamente elásticos y con dispositivos que activan reservorios para la liberación controlada de determinados fármacos según sean los parámetros.<sup>9</sup>

### Expectativas de investigación

En los últimos años se ha buscado la combinación de todas estas propiedades en un solo material con resultados avanzados en la preservación, regeneración o sustitución de las funciones de la piel, a partir de cambios sustentados en la biomimética de tejidos y el acercamiento cada vez más al apósito “ideal”, tanto como sea posible. Los distintos inconvenientes de los apósitos tradicionales han dado lugar al desarrollo de novedosos materiales con propiedades y prestaciones beneficiosas, tanto para el paciente como para el personal médico. Sin embargo, todavía es posible aprovechar las bondades de estos maravillosos materiales, en vistas de que no existe por el momento un apósito para cada tipo de herida o que cumpla con todos los requerimientos.



**Figura 4.** *Hidrogeles DC “inteligentes”, desarrollados para el tratamiento de heridas.*

El grupo de investigación de Materiales Poliméricos o Biopolímeros del Centro de Biomateriales de la Universidad de la Habana (BIOMAT), entre otros objetivos, trabaja desde hace un tiempo en el desarrollo de formulaciones de hidrogeles con diferentes fines biomédicos. En cuanto a los apósitos de hidrogeles, se aprovechan al máximo las propiedades de la quitosana y otras que se potencian a partir de sus derivados. Se busca lograr la sinergia de las funcionalidades inherentes de polímeros bioactivos y sintéticos, con la de fármacos y otros agentes antibacterianos y cicatrizantes, como pueden ser las nanopartículas metálicas, péptidos, proteínas y/o factores de crecimiento. La perspectiva futura está en obtener un biomaterial que no solo funcione como protector de la herida, sino que intervenga activamente en las diferentes etapas del proceso de cura, minimizando al máximo las secuelas estéticas, o sea, que favorezca fundamentalmente los procesos regenerativos.

El campo de aplicaciones en el progreso de los hidrogeles es amplísimo y no se limita al tema abordado, ni a la rama de estudio de los biomateriales. Lo invitamos a que amplíe sus conocimientos sobre la temática y piense: **¿son los hidrogeles los biomateriales del futuro?**

## Referencias

1. Koehler, J.; Brandl, F. P.; Goepferich, A. M., Hydrogel wound dressings for bioactive treatment of acute and chronic wounds. *European Polymer Journal* **2018**, *100*, 1-11.
2. Khorasani, M. T.; Joorabloo, A.; Moghadam, A.; Shamsi, H.; MansooriMoghadam, Z., Incorporation of ZnO nanoparticles into heparinised polyvinyl alcohol/chitosan hydrogels for wound dressing application. *International Journal of Biological Macromolecules* **2018**, *114*, 1203-1215.
3. Derakhshandeh, H.; Kashaf, S. S.; Aghabaglou, F.; Ghanavati, I. O.; Tamayol, A., Smart Bandages: The Future of Wound Care. *Trends in Biotechnology* **2018**, *36* (12), 1259-1274.
4. Caló, E.; Khutoryanskiy, V. V., Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. *European Polymer Journal* **2015**, *65*, 252-267.
5. Cascone, S.; Lamberti, G., Hydrogel-based commercial products for biomedical applications: A review. *International Journal of Pharmaceutics* **2020**, *573*, 118803.
6. Nandi, A. K.; Mondal, S.; Das, S., A Review on Recent Advances in Polymer and Peptide Hydrogels. *Soft Matter* **2020**, 110.
7. Pellá, M. C. G.; Lima-Tenório, M. K.; Tenório-Neto, E. T.; Guilherme, M. R.; Muniz, E. C.; Rubira, A. F., Chitosan-based hydrogels: From preparation to biomedical applications. *Carbohydrate Polymers* **2018**, *196*, 233-245.
8. Erol, O.; Pantula, A.; Liu, W.; Gracias, D. H., Transformer Hydrogels: A Review. *Advanced Materials* **2019**, *4* (4), 27.
9. Lin, S.; Yuk, H.; Zhang, T.; Parada, G. A.; Koo, H.; Yu, C.; Zhao, X., Stretchable Hydrogel Electronics and Devices. *Advanced Materials* **2016**, *28* (22), 4497-4505.

**Dra. Mercedes Fernández García**

**Departamento de Química General e Inorgánica**

**Facultad de Química**

**Universidad de La Habana**

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



**L**os términos, **peligro, riesgo y exposición** se emplean para cualquier esfera: económica, política, social, eventos naturales, de salud, o cualquier otra actividad.

Antes de tratar sobre la relación de los términos citados, sería muy conveniente esclarecer el significado de ellos, ya que es muy usual que se utilicen incorrectamente, por lo menos, dos de ellos: (peligro y riesgo), o tiendan a emplearse indistintamente sin ser realmente equivalentes.

## ¿Qué se define como peligro?

El peligro es una potencialidad, es una propiedad innata de un hecho, de un evento, de una acción, de un cuerpo, de una sustancia; está implícito en cada una de ellas.

Entonces se puede considerar el peligro como, el o los elementos de las actividades que pueden impactar en el proceso o actividad determinada provocando cambios en las condiciones finales (afectando el proceso). Generalmente se aplica a propiedades que pueden causar efectos negativos.

## ¿Qué se define como riesgo?

Es la posibilidad real de que el peligro cause un daño. La Norma ISO 73<sup>1</sup>.Gestión de Riesgo. Define Riesgo como “la combinación de la **probabilidad** de un suceso y de su **consecuencia**”.

De todo lo anterior se deriva que, para que exista riesgo tiene que existir peligro, pero la propia

existencia del peligro no determina necesariamente que existan riesgos o daños. Para que el peligro cause daño es necesario que el evento, sustancia o agente que posee estas propiedades esté en contacto con el objeto o sujeto susceptible a ser dañado. Este contacto o interacción se denomina Exposición. En la medida en que sea mayor la Exposición mayor será el daño que causan las propiedades peligrosas.

Por tanto, se puede establecer una relación entre estos tres parámetros que pudiera expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$R = P \times E$$

donde  $R$  define el riesgo,  $P$  el peligro y  $E$  la exposición

En un gran número de situaciones el nivel de exposición se puede variar ya que está determinado por varios factores, entre los que se encuentran.

- el tiempo de exposición
- la frecuencia de la exposición
- la cantidad del agente peligroso.

El aumento de cualquiera de estos factores puede conducir a un aumento de interacción entre el agente peligroso y el sujeto u objeto y, de hecho, el aumento de la magnitud del riesgo.

En muchos casos en el nivel de exposición influye de modo muy importante el comportamiento

humano, cualquier falla en ese comportamiento, cualquier violación o negligencia en el cumplimiento de lo establecido, sería como un “talón de Aquiles”, pudiera aumentar de alguna manera la exposición, y con ello, los daños causados por las propiedades peligrosas. Esto conduciría a vulnerabilidades en el proceso, ya que cualquier fallo en él aumentaría en nivel de exposición.

Lo anterior puede ejemplificarse para casos concretos como el manejo de las sustancias químicas o la presencia de agentes biológicos patógenos.

En el primer caso, se conoce que la mayor parte de las sustancias químicas poseen propiedades peligrosas, algunas de carácter físico/químico y otras de carácter tóxico.

Centrémonos en el caso de las sustancias tóxicas; ellas son capaces de causar afecciones a la salud del hombre y de otros organismos vivos. Se conoce desde la antigüedad<sup>8,9</sup>, que todas las sustancias en mayor o menor medida, pueden resultar tóxicas, que todo depende de la dosis, o sea, de la cantidad de sustancia mínima necesaria para causar daño.

En los efectos de las sustancias químicas sobre la salud existe una amplia gama, según la magnitud del efecto o especificidad del daño. Así se conocen aquellas que producen.

- Toxicidad aguda
- Corrosión / irritación cutánea / piel.
- Lesiones oculares graves / irritación ocular.
- Sensibilización respiratoria o cutánea (piel).
- Mutagenicidad en las células germinales.
- Carcinogenicidad.
- Toxicidad para la reproducción.
- Toxicidad específica para los órganos blanco: exposición única y exposición repetida.
- Peligro por aspiración

Ahora bien, la dosis está estrechamente vinculada con la exposición, mientras mayor sea la exposición, mayor será la probabilidad de que al organismo vivo lleguen cantidades que sean iguales o superiores a la dosis y, por tanto, que el tóxico ejerza su efecto negativo sobre él.

En la **Exposición** además de la dosis, entran otros componentes que determinan que al conocerlos y tenerlos en cuenta, se pueda reducir al máximo el nivel de exposición y con ello los riesgos asociados.

Ellos son: el medio de exposición, la ruta de exposición, la vía de entrada al organismo, la dosis del tóxico o agente patógeno y la concentración de ellos. Veamos cómo se define cada uno de ellos:

#### **Medio de exposición:**

Las sustancias químicas reaccionan con nosotros a través de varios medios. El medio es el vehículo que transporta la sustancia química y que puede hacer que ella entre en contacto con el cuerpo. Así los alimentos que conforman la dieta, el aire, el agua, los suelos, el polvo; son los principales medios a través de los cuales la exposición química tiene lugar.

#### **La ruta de exposición:**

Se traduce como el recorrido mediante al cual el contaminante llega hasta el medio de exposición. Esta típicamente toma la forma de una descripción de movimiento de una sustancia química a través de varios medios ambientales. Algunas rutas son cortas y simples; ej. la aflatoxina es un hongo de alta toxicidad que puede contaminar los alimentos. Si nosotros consumimos algún alimento contaminados por ese hongo, ahí habría solo un medio.

Otro ejemplo: el plomo adicionado a la gasolina, (medio 1), es emitido al aire (medio 2); cuando la gasolina es quemada algunos de los productos de combustión se depositan en el suelo (medio 3) el que es usado para las cosechas. Algo de este plomo se disuelve en el agua (medio 4) y se mueve a través de las raíces de las plantas de maíz, acumulándose en los granos (medio 5). El maíz es comido por el ganado, y algo de plomo es excretado en la leche (medio 6). La leche es el medio que origina

que los humanos se expongan al plomo: el plomo ha pasado por 6 medios para llegar a los humanos.

### Vía de exposición (Tabla 1):

La vía se refiere a por qué parte del cuerpo penetra el tóxico al organismo que pueden ser por:

- inhalación
- ingestión
- contacto dérmico.

Los medicamentos pueden penetrar en el organismo por otras vías, inyectables o por los ojos, nariz, etc..

Un mismo contaminante puede penetrar por ingestión o por inhalación por ejemplo si son partículas sólidas suspendidas en el aire.

Pueden existir sustancias tóxicas en diferentes estados de agregación: Sólidas, líquidas, vapores y gases.

### La dosis:

Permite saber la cantidad del tóxico necesario para producir el daño. Está relacionada con el peso corporal, mientras mayor sea este mayor será la dosis. Generalmente también se relaciona con el tiempo. Las unidades son *mg/Kg/día* (o sea miligramos de contaminante por kg de peso corporal en un día). Por ejemplo:

Aspirina en adultos.....20mg/Kg/día.





Si el tóxico está en el aire, lo que implica que la vía inhalatoria sea la que permite su introducción al organismo, en el cálculo de la dosis entran otros parámetros tales como:

- La concentración *C* del tóxico en el aire (mg/mL)
- El volumen *V* de aire inhalado por hora (mL/h)
- Duración *t* de la exposición (horas-h)
- Peso corporal *m* (Kg).

Entonces se podrá calcular la dosis utilizando la siguiente ecuación:

$$Dosis\ inh = (CVt)/m$$

**Tabla 1: Vías de entrada al organismo de sustancias tóxicas u organismos patógenos**

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



## Concentración:

Es muy conocido y empleado el término concentración, en estas condiciones está relacionado con la cantidad de una sustancia química, referida a un medio. A veces se emplea como sinónimo el término nivel. Se expresa con unidades muy diversas en función del medio.

- Agua: miligramos de sustancia en un litro de agua (mg/L).
- Alimentos: miligramos de sustancia en un kilogramo de alimento (mg/kg).
- Aire: miligramos de sustancia en un metro cúbico de aire (mg/m<sup>3</sup>).

Uno menos preciso, pero más ampliamente usado es el de partes/por. Estas unidades son muy utilizadas en los medios masivos de comunicación generalmente al rendir algún tipo de informe.

Todos estos factores son de necesario conocimiento en cada una de las sustancias con las que se trabaja, se utiliza, o se puede estar en contacto; ello permitirá tomar las medidas pertinentes para evitar el posible daño. Aunque no debe olvidarse, sobre todo para la toxicidad que la magnitud del riesgo también está asociado con las características individuales, o sea, la sensibilidad o reacción de cada una de las personas a la acción del tóxico, que puede ser variado de una a otra.

Entre esas medidas se encuentra el uso de los medios de protección individuales y colectivos previstos para cada una en particular, teniendo en cuenta su dosis, el medio portador, la vía más probable por la que pueda penetrar al organismo, ya que según el caso, estos medios pueden variar tanto para la parte del cuerpo que se debe proteger como en sus características, dada la naturaleza de la sustancia, el tamaño de partículas que la componen, etc. En la Figura 1 se muestran algunos ejemplos de dichos Equipos

Para sustancias que se encuentran en el aire, por ejemplo, partículas del tóxico en estado sólido, o gaseoso, es recomendable, si se trabaja con ellas, que sea utilizando campanas de extracción, el empleo de ventiladores como medios de protección colectivos y con ellos, los medios individuales como las máscaras faciales, los guantes del material adecuado, las batas y el calzado cerrado.

El uso de campanas de extracción permitiría extraer parte del tóxico del ambiente de trabajo. Así como el uso de ventiladores, se puede aumentar la circulación de aire y con ello reducir la concentra-

ción del tóxico en el aire del local.

Los medios de protección individuales evitarían o reducirían la cantidad de tóxico que pudiera estar en contacto con cualquiera de las posibles vías de entrada del mismo al organismo.

Algo semejante es válido para agentes patógenos: sobre ellos es importante el conocimiento de sus propiedades peligrosas, de sus posibles riesgos, y de hecho, cómo se pueden evitar, o por lo menos, minimizar. Es importante conocer cuáles serían sus rutas, las vías de entrada al organismo, el o los medios portadores. Con ello se pudieran tomar las medidas preventivas necesarias para evitar o minimizar la exposición, y, por lo tanto, minimizar los efectos de las propiedades peligrosas en su acción sobre el organismo susceptible.

Por ejemplo, si el patógeno es un virus, además del conocimiento de sus propiedades tanto peligrosas como del resto de sus propiedades, es imprescindible, para evitar su acceso al organismo, que se conozcan cuáles serían: su ruta o recorrido, los posibles medios portadores de dicho virus: si el aire, si los alimentos, si el agua y las vías más frecuentes de entrada al organismo: si por la piel, los ojos, la boca, etc.

Todo lo anterior conjugado con el conocimiento de las propiedades de tal nucleoproteína tales como: su tamaño, su sensibilidad frente a ciertas sustancias químicas, a la temperatura, al pH, y el resto de la información, permitiría tomar las medidas de: cómo romper su ruta, de cómo eliminarlo de un medio, de seleccionar los Equipos de Protección Individuales y Colectivos a utilizar para protegerse de él.

La capacitación determina la posibilidad de conocimiento de las características de los peligros y riesgos asociados con cualquier situación o evento, y con ello, tener una percepción de riesgo adecuada ante cualquier situación peligrosa. Esto indiscutiblemente contribuye a que se sea más consciente para tomar las medidas de precaución o prevención pertinentes para evitar, o al menos, minimizar los posibles riesgos asociados al peligro.

En general, la magnitud del riesgo, o sea la magnitud de las consecuencias perjudiciales está estrechamente relacionada con la magnitud de la exposición, pero esta se puede minimizar tomando las medidas preventivas adecuadas para cada situación de peligro: no hay riesgo sin exposición. El nivel de exposición depende mucho de la conducta humana y aumenta cuando existen vulnerabilidades en el proceso, muchas veces evitables.



*Figura 1: Algunos de los Equipos de Protección Individual*

El único fundamento fiable para la evaluación de riesgos de sustancias químicas y ante cualquier situación de peligro, es la ciencia responsable. Debe ser el principio básico de una política factible y exitosa. Además, todas las decisiones de gestión de riesgos deben basarse en evaluaciones del riesgo que tengan en cuenta el uso actual y la exposición, no simplemente las propiedades intrínsecas de una sustancia química o del agente patógeno.

### Referencias bibliográficas.

1. Norma NTC Gestión de Riesgos. 31000: 2011
2. Norma ISO 73. Gestión de Riesgo.: 2013
3. Decreto Ley 309. De la Seguridad Química. Cuba. 2013
4. NC 229:2002 Seguridad y salud en el trabajo. Productos químicos peligrosos. Medidas para la reducción de riesgos.
5. Steven G. Gilbert. Una pequeña dosis de toxicología. Efectos a la salud de químicos comunes. Cap.2. EDD.2. 12.29.11( Español)
6. Understanding Chemical Hazards and Risks- Chemical Safety. <http://www.chemicalsafetyfacts.org/>
7. Dangerous substances (chemical and biological)- OSHWiki: <http://oshwiki.eu-wiki-Dangerous...>
8. Webster Ch., De Paracelso a Newton. La magia de la creación de una ciencia moderna. Edición en español, 1988.
9. Lugones B., Ramírez M., Miyar E., Paracelso. Revista Cubana de Medicina General Integral.29 (1):105-110,2013
10. Melo Crespo JC., Gestión de Riesgo. Teoría y Práctica en la empresa. Edit. Academia. Cuba, 2015.

# Aspectos relevantes del desarrollo de la Ingeniería Química en el siglo XX

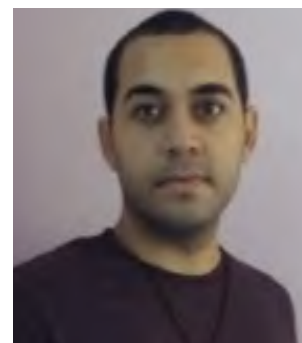
Historia de  
la Química

**Ing. Ruberth Rivera Pérez**

**Departamento de Química Básica  
Instituto de Ciencias Básicas**

**Universidad Tecnológica de La Habana “José A. Echevarría”**

[rruberth@gmail.com](mailto:rruberth@gmail.com)



**A**l concluir los estudios de preuniversitario comienza una etapa de mucha incertidumbre para la mayoría de los adolescentes cubanos, es el tiempo de elegir una carrera universitaria. Los familiares, profesores y amigos comienzan a preguntarnos ¿qué vas a estudiar? La elección de la carrera no debe ser una decisión tomada a la ligera y debe estar acorde a las motivaciones, aptitudes y actitudes de los estudiantes. El primer paso en la elección de una carrera es conocer las características de la misma. En esta publicación se brinda información acerca del desarrollo, y las características de la ingeniería química con el fin de acercar al lector a esta profesión tan atractiva y quizás contribuir a que muchos jóvenes la posicionen entre sus opciones de carrera de manera consciente.

La ingeniería química es la rama de la ingeniería que se dedica al estudio, síntesis, desarrollo, operación y optimización de todos aquellos procesos industriales que producen cambios físicos químicos y/o bioquímicos en los materiales.

El primer plan de estudios de 4 años para formar a un ingeniero químico fue estructurado por el profesor Lewis Mills Norton, del instituto Tecnológico de Massachusetts en los Estados Unidos, en 1888. El curso fue básicamente descriptivo de los principales procesos comerciales de fabricación y corresponde a lo que hoy llamaríamos Química Industrial. Se trató básicamente del estudio de los problemas ingenieriles relacionados con la fabricación

de productos químicos concediendo un interés especial a las operaciones mecánicas. Con este plan se preparaba fundamentalmente a un ingeniero mecánico, con algunos créditos en química industrial. La importancia de la intervención de Norton radica en la formación de un grupo extraordinariamente activo de ingenieros químicos del MIT formado por Arthur Little, William H. Walker, Warren K. Lewis y William H. McAdams entre otros.

Posteriormente al establecimiento del primer programa formal de educación en ingeniería química, continúa el crecimiento frenético y desarrollo de la nueva profesión. En el siglo XX los adelantos y descubrimientos se desarrollan con mayor relevancia y velocidad.



*Figura 1: George E. Davis (1850-1906)*

En 1901 el británico George Davis (conocido como el padre de la ingeniería química) publica "A Handbook of Chemical Engineering", manual en el que define los atributos y funciones del ingeniero químico y presenta un caso convincente de por qué debe considerarse una disciplina independiente, separada de la química aplicada.

En 1908 se funda el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE), organización establecida con el fin de impulsar, apoyar, y facilitar la comunicación entre los ingenieros químicos, y que contribuyó de manera decisiva al desarrollo de la Ingeniería Química y a diferenciarla de la Química y la Ingeniería Mecánica.

En 1910 se produce amoníaco sintético por primera vez usando el proceso Harber-Bosch (reacción de dinitrógeno e hidrógeno gaseosos sometidos a altas presiones y en la que se emplea hierro sólido como catalizador) en Ludwigshafen, Alemania. Este método permitió emplear el gas amoníaco en la fabricación de abonos artificiales, que tanta influencia habría de tener en el desarrollo de la agricultura a nivel mundial.

En 1915 Arthur Little profesor del MIT difunde el concepto de "Operaciones Unitarias". Dicha definición en ese entonces fue "... todo proceso químico conducido en cualquier escala puede descomponerse en una serie ordenada de lo que pudiera llamarse operaciones unitarias como pulverización, secado, cristalización, filtración, evaporación, destilación, etc. El número de estas operaciones básicas no es muy grande y generalmente solo unas cuantas intervienen en un proceso determinado."

En 1916 William H. Walker y Warren K. Lewis profesores del MIT establecen una "School of Chemical Engineering Practice". En 1923 junto a William H. McAdams escribieron el libro "Principles of Chemical Engineering", primer libro de ingeniería química con el enfoque de las operaciones unitarias, en el explicaron que la variedad de industrias químicas tienen procesos que siguen las mismas leyes físicas y resumieron todos los procesos similares en operaciones unitarias.

La introducción del concepto de operación unitaria en la ingeniería química marcó una pauta en el desarrollo de dicha profesión, pues a partir de este



*Figura 2: Arthur Dehon Little (1863-1935)*

momento los procesos dejaron de estudiarse y diseñarse como un todo y se comenzaron a analizar a través de sus etapas individuales científicamente fundamentadas e independientes del tipo de proceso, que se repiten en todos ellos. Además de esto, constituye el pilar sobre el cual se edificó la enseñanza del ingeniero químico, eliminándose definitivamente el tratamiento vertical de la tecnología de cada proceso químico en la industria en favor de una unificación horizontal.<sup>1</sup>

De esta forma se precisó el objeto de estudio de dos grandes ramas de la ingeniería que hasta ese entonces eran motivo de controversia. La ingeniería mecánica se asoció a la maquinaria; y la ingeniería química, a las operaciones unitarias, comunes a todos los procesos químicos.

En 1925 la AIChE comienza la acreditación de los programas de ingeniería química. En este mismo año McCabe y Thiele desarrollan un método matemático gráfico para determinar el número de platos o etapas teóricas necesarios para la separación de una mezcla binaria de A y B en una columna de destilación fraccionada.<sup>2</sup>

En 1928 se funda la Universidad Católica de Valparaíso, contando entre las escuelas fundadoras a la Escuela Técnica Química, precursora de la actual escuela de Ingeniería Química (1937).

Durante la década de los 30's los profesores de Wisconsin Hougen y Watson destacan la importancia de la termodinámica en el proceso educativo de



*Figura 3: Universidad Católica de Valparaíso*

los ingenieros químicos. La razón por la cual es tan importante que el ingeniero químico cuente con una formación suficientemente sólida en esta materia, tiene que ver con algunas de las preguntas más básicas y necesarias que en la práctica se formulan a la hora de emprender la tarea de generar valor con la transformación del material A en el material B. ¿Es esa transformación realmente posible?; si no, ¿qué condiciones se deberían cambiar para que lo fuese?; si resulta ser factible ¿hasta dónde es posible hacer esa transformación? ¿Cuánta energía requiere? A todas estas preguntas la termodinámica responde con idoneidad. En 1931 Hougén y Watson publican su libro "Industrial Chemical Calculations", que se reeditaría más tarde con el título "Chemical Process Principles"(1943) en dos tomos, uno de ellos dedicado a termodinámica y otro a los balances de energía y masa.

También en la década los 30's con los trabajos de Damkohler en Alemania, VanHeerden en Holanda, Dawnckerts y Denbigh en Inglaterra, comienza el análisis sistemático de los reactores químicos. De esta forma surge la ingeniería de las reacciones químicas, área de la ingeniería química que estudia las reacciones químicas a escala industrial. Su objetivo es el diseño y funcionamiento adecuado de los reactores químicos. Para el diseño del reactor se ha de disponer de información, conocimientos y experiencia en diferentes campos: termodinámica, cinética química, mecánica de fluidos, transmisión de calor, transporte de masa y economía. La ingeniería de las reacciones químicas es la síntesis de todos estos factores. El diseño de reactores químicos es la parte de la ingeniería específica del ingeniero químico, y tal vez esta activi-

dad justifica más que ninguna otra la existencia de la ingeniería química como una rama dentro de la ingeniería.

En 1934 se publica la primera edición del "Chemical Engineering Handbook " editado por John H. Perry, un libro muy completo considerado como la biblia de los ingenieros químicos. La última edición recoge entre sus temas: propiedades físicas de productos químicos y otros materiales, matemáticas, transferencia de calor, transferencia de masa, reactores químicos y cinética de reacción química, transporte y almacenamiento de fluidos, equipos de transferencia de calor, psicrometría y enfriamiento, destilación; absorción de gas, extracción líquido-líquido, adsorción e intercambio iónico, operaciones gas-sólido, líquido-sólido y sólido-sólido, ingeniería bioquímica, gestión de residuos, materiales de construcción, economía de procesos y estimación de costos, seguridad de procesos y muchos otros.<sup>3</sup>

Después de una meditada deliberación el Departamento de Ingeniería Química de la Universidad de Wisconsin decidió inaugurar un curso semestral de fenómenos de transporte en 1957. Ocurrió entonces que al no disponer de texto, los profesores Bird, Steward y Lightfoot unifican los conceptos de transporte de masa, cantidad de movimiento y de energía resultando en su libro "Transport Phenomenon".<sup>4</sup> Dicho libro continúa siendo un clásico y un fenómeno en la educación de los ingenieros químicos.

Stanley Cohen y Herber Boyer, en 1973, realizan su primer experimento en ingeniería genética. En 1978 desarrollan la técnica del ADN recombinante en células bacterianas y obtienen su primer gran éxito al sintetizar la insulina humana. Surge así la industria biofarmacéutica, un área emergente en la cual los ingenieros químicos han encontrado nuevas oportunidades profesionales.

En 1981 aparecen softwares para la simulación de procesos químicos en computadoras personales. Se diseñan programas tales como: DESIGN II, ASPEN, SIMSCI (PRO II), HYSIS, CHEMCAD, entre otros. Estos simuladores de procesos son una herramienta importante, junto a las técnicas de optimización en el análisis de procesos. Con ellos se

pueden generar alternativas y evaluar cada una, con un considerable ahorro de tiempo y recursos. A partir de este momento tanto el control como la simulación de procesos químicos comienzan a adquirir gran importancia, siendo progresivamente introducidos en los planes de enseñanza de las escuelas y facultades donde se forman los ingenieros químicos.



*Figura 4: Stanley Cohen (1922-2020)*

Estos hechos contribuyeron decisivamente al desarrollo de la ingeniería química, sentando las bases de conocimientos que permitieron el avance de esta Ciencia Técnica.

Una breve caracterización de la carrera lleva a definir el principal objetivo de la actuación de un ingeniero químico como producir productos químicos y bioquímicos con la calidad requerida, al costo más bajo posible, con la máxima seguridad y el mínimo deterioro ecológico.

En su campo de acción, el talento y la competencia profesional del ingeniero químico históricamente se ha desarrollado con plena eficiencia en cuatro esferas de actuación principales: operación en plantas; diseño y desarrollo, investigación y docencia superior.

Las instituciones de la educación superior cubana donde se puede estudiar ingeniería química son: Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", Universidad de Matanzas, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas, Universidad de Oriente, Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte y Loynaz".

Esta carrera fue la primera de la especialidad acreditada en Cuba y recibió en el 2004 la condición de Carrera de Excelencia; condición que le fue ratificada en los años 2010 y 2016. Además la evolución seguida en los planes de estudio ha estado en correspondencia con las tendencias del desarrollo de las más prestigiosas universidades a nivel internacional.

## Conclusiones

La ingeniería química es una carrera relativamente nueva si se compara con otras carreras de ciencias técnicas como la Ingeniería Eléctrica, la Civil y la Arquitectura. No obstante ha sido, es y será una profesión fundamental en el desarrollo del país. La ingeniería química tiene una marcada influencia sobre gran variedad de industrias; que van desde campos en pleno desarrollo como la producción de combustibles provenientes de fuentes renovables de energía tales como el biodiesel, el biometano o la gestión de residuos con el fin de cerrar ciclos productivos, hasta campos bien establecidos como las industrias biotecnológica, petrolera, alimentaria y azucarera, donde hay una necesidad de innovación constante. Por ello al estudiar esta carrera el ingeniero químico se convierte de facto en un albañil en la construcción de la historia industrial de estos tiempos.

## Referencias

1. Licht, W. (1959). Present Status of the Unit Operations, Chem. Eng. Progress Symp. Ser 55, AIChE.
2. Geankoplis, C. J. (2003). Transport processes and separation process principles: (includes unit operations). Prentice Hall Professional Technical Reference.
3. Perry, R. H.; Green, D. W., & Maloney, J. O. (1997) Perry's chemical engineers' handbook (ed.). Seventh International Edition.
4. Bird, R. B., Stewart, W. E. & Lightfoot, E. N. (1992). Fenómenos del transporte: un estudio sistemático de los fundamentos del transporte de materia, energía y cantidad de movimiento (No. TP156 B5321)

**Dra. Rebeca Vega Miche**

**Departamento de Química General e Inorgánica**

**Facultad de Química**

**Universidad de La Habana**

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



**E**l Centro Nacional de Investigaciones Científicas, conocido por sus siglas CNIC, fue fundado el 1° de julio de 1965, y aunque con anterioridad, en 1962, había sido creado el Instituto de Investigaciones de Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), el CNIC fue el primer centro cuyas investigaciones abarcaron disímiles disciplinas científicas. Su relevancia histórica también radica en el hecho de que fue el germen de otros muchas instituciones científicas como el Centro de Neurociencias, el Centro de Inmunoensayos, el de Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), el Centro de Química Farmacéutico (CQF) y el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB).

Al cumplir 55 años de creado, merece la pena recordar la estrecha relación que este centro ha tenido con el desarrollo de la Química en nuestro país no solo por la importancia de sus investigaciones puras y aplicadas, sino por su enorme contribución a la formación de estudiantes, profesores, químicos en particular y cuadros científicos en general.

En septiembre de 1966 el CNIC pasa a ser atendido por la Universidad de la Habana<sup>1</sup>, y en 1976 por el Ministerio de Educación Superior, convirtiéndose luego en una institución independiente con un elevado nivel en las áreas de las ciencias naturales, biomédicas y tecnológicas. En la actualidad forma parte de BioCubaFarma.

Su desarrollo comenzó a partir de un pequeño grupo de médicos que se dedicarían a la investigación biomédica, para lo cual fue necesario organizar un programa de cursos, y prácticas dirigidas a elevar la preparación en “ciencias básicas” de esos jóvenes graduados de medicina, con la finalidad de crear las condiciones para el desarrollo de investigaciones en diferentes áreas de la biología y la química. Como un dato interesante se puede señalar que el destacado químico cubano Dr. Ernesto Ledón Ramos fue el profesor de los cursos de Química que recibieron esos primeros científicos fundadores del CNIC, entre los cuales estaban Rosa Elena Simeon, Ismael Clark, Lidia Tablada, Pedro Valdés, Mitchell Valdés, Gustavo Kouri y otras importantes figuras de la ciencia en Cuba. Su primer director fue el Dr. Wilfredo Torres.



**Figura 1:** Arriba imagen del centro en sus años fundacionales y debajo tarja conmemorativa por su fundación.



**Figura 2:** Fidel con el Dr. Wilfredo Torres en el CNIC.

Durante esos primeros años CNIC se fue nutriendo de químicos, biólogos e ingenieros de diferentes especialidades, que se iniciaron así en distintas tareas y líneas de investigación. En un informe de investigaciones elaborado por Consejo Científico de la Universidad de La Habana,<sup>2</sup> se menciona que el CNIC participaba en la década del 70, en las siguientes líneas de investigaciones en Química: industria azucarera (perfeccionamiento del proceso tecnológico de producción de azúcar, utilización del bagazo y la cera de la caña, efluentes y contaminación); furfural y sus derivados (estudios espectroscópicos, reactividad y estudios cinéticos, polímeros); industria minero metalúrgica (perfeccionamiento de los procesos extractivos del níquel, cobalto y cobre); corrosión; productos naturales y fármacos, y el desarrollo de nuevos métodos analíticos.

La Rama Química del CNIC no solo desarrollaba estas líneas investigativas sino que también realizaba trabajos de servicios para otros organismos como por ejemplo, los ministerios del interior, salud pública, industrias, transportes, y comunicaciones. Para ello el CNIC contaba con departamentos de Química Analítica, Síntesis Química, Química Física, etc y varios laboratorios, como los corrosión, química inorgánica, productos naturales, espectroscopía, entre otros. Sería interminable hacer una relación de los químicos que trabajaron en esos laboratorios pero se pueden mencionar a científicos de la talla de Ernesto Ledón,<sup>3</sup> Fernández Bertrán,<sup>4</sup> Rolando Pellón<sup>5</sup> y Luis Alfonso Hernández,<sup>6</sup> desafortunadamente ya fallecidos (Figura 3).

EL CNIC fue también un importante centro de educación de postgrado, donde se desarrollaron cursos, entrenamientos, maestrías y doctorados bajo la dirección de asesores cubanos y extranjeros.



**Figura 3:** Grandes científicos cubanos ya fallecidos que hicieron carrera en el CNIC (Ernesto Ledón, Fernández Bertrán, Rolando Pellón y Luis Alfonso). Curriculum Vitae y foto de Luis Alfonso cortesía del Dr. Carlos Nuñez.

Muchos profesores de la Facultad de Química de la UH participaron de esta formación postgraduada, realizaron allí sus investigaciones, y muchos estudiantes hicieron sus tesis de diploma en colaboración con el CNIC.



**Figura 4:** Acto de defensa de los primeros doctores en Cuba. 1975. Escuela de Química. CNIC. Los aspirantes al grado de doctor en Química eran Norma Galego, Silvia Prieto, Jacques Rieumont y Ricardo Martínez de la Universidad de La Habana, el tutor Dr. Sandro Gandhini. El Tribunal estuvo compuesto por: la Dra. Irina. Vilieskaya, miembro de la Academia de Ciencias de la URSS, Dr. Fernández Bertrán, Dr. José Luis Mola, Dr. Rubén Ramos, Dr. Antonio Alzola. El oponente fue el Dr. Carlos Peniche. Fotos cortesía Dra. Norma Galego.



Importantes actores en el desarrollo de la actividad científica del CNIC fueron los asesores extranjeros que fungieron como profesores y tutores de cursos, investigaciones y tesis de maestrías y doctorados. Dentro de la rama Química en esa primera etapa se pueden mencionar a: Siegfried Müller (corrosión), Egon Fanhänel (productos naturales), Bütner (espectroscopía), todos ellos procedentes de la antigua RDA, el Dr. Sandro Gandini de Italia (polímeros), y Laszlo Szabo de Hungría (difracción de Rayos X), entre otros muchos.

El Centro también ha desarrollado una importante divulgación de los resultados científicos a través de la celebración de sus seminarios científicos y de la revista CNIC en particular la de Ciencias Químicas que comenzó a publicarse a partir de 1969.

En la década del 80, cuando se funda el CIGB (1986), el CQB (1989) y otras instituciones que después conformaron el Polo Científico del Oeste de La Habana, el CNIC regresa a sus orígenes y centra sus objetivos en investigaciones biomédicas, fármacos, biomateriales, equipos, métodos y medios de diagnósticos para diferentes enfermedades.

Uno de los resultados más importantes a fines de los años 80 fue la obtención del Policosanol, conocido como PPG, que se ha empleado con éxito en la terapia hipocolesterolémica y en el tratamiento de enfermedades cerebrovasculares. Este producto fue elaborado a partir de la cera de la caña de azúcar por investigadores del grupo de productos naturales del CNIC. El PPG se registró en Cuba en 1993 y posteriormente en más de 30 naciones y recibió en 1996 la Medalla de Oro de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.



En la actualidad, el CNIC continua sus esfuerzos en el área biomédica, desarrollando, medicamentos y otros productos, medios de diagnóstico y equipos, con un enfoque a ciclo completo, es decir investigación, producción y comercialización de los mismos, y cuenta con una amplia cartera de productos. También mantiene la asesoría técnica y el desarrollo de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales y residuos sólidos, ofrece servicios analíticos, así como trabajos relacionados con la protección de materiales contra la corrosión.

## Referencias

1. Historia de la Universidad de La Habana. Vol II, 1930-1978, pág. 773.
2. Informe facilitado por Dr. Ernesto Altshuler, y presentado en el I Taller de Historia de la Química en Cuba Luis F. Le Roy, enero de 2018.
3. Vega Miche. R. Ernesto Ledón Ramos. *Encuentro con la Química*. 2018. Vol. 4 No. 1
4. Concepción Rosabal B. Obituario José Fernández Bertrán *Revista Cubana de Física*. Vol. 28 No. 2 Diciembre 2011
5. Rodríguez Rivera Z. Tributo a Rolando Pellón. *Encuentro con la Química*. 2016. Vol.2. No.1

## Otra Bibliografía

- Simeón, R. E. Palabras en el día de la ciencia cubana. Periódico Granma. 16 de enero de 1990.
- [www.cnic.cu](http://www.cnic.cu) Consultada 06/07/2020
- [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu) CNIC. Consultada 06/07/2020
- Padrón Padilla A., García Acosta D., Conocido por su PPG, el CNIC en la lucha contra el nuevo coronavirus, 55 años después. *Cuba-Debate*. 1ro de julio 2020
- Comunicaciones personales de profesores de la Facultad de Química, antiguos investigadores y trabajadores del CNIC

# Tributo a la Dra. C. Silvia Prieto González (1947-2020)\*

Tributo

**Dra. Rebeca Vega Miche**

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

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



**S**ilvia Prieto, con su nombre y apellido en una sola unidad, falleció el pasado 1ro de julio, luego de una tenaz lucha contra la enfermedad que la aquejaba. Los químicos más jóvenes seguramente no la conocieron, pero durante muchos años, fue profesora en el departamento de Química Física de la Facultad de Química Física de la Universidad de La Habana (UH).

Silvia Prieto cursó sus estudios de nivel medio en el preuniversitario especial Raúl Cepero Bonilla de La Habana, institución en la que ingresaban, mediante un riguroso examen, los estudiantes más talentosos de todo el país. Formó parte de la primera graduación de ese centro de estudios en 1965.

Inmediatamente comenzó sus estudios en la antigua Escuela de Química de la UH, recibiendo su título como Licenciada en Química en 1969. Ya como profesora se destacó en la impartición de la asignatura Cinética, disciplina que también marcó su superación posgraduada.

Realizó su doctorado en el campo de polímeros, bajo la tutela del Dr. Alessandro Gandini, y fue uno de los cuatro primeros aspirantes, que junto a sus compañeros Norma Galego, Jacques Rieumont y Ricardo Martínez, desarrollaron y defendieron íntegramente sus tesis en Cuba en fecha tan temprana como 1975. La tesis de Silvia Prieto titulada “La polimerización catiónica del N-vinil carbazol” fue defendida exitosamente en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas CNIC, ante un tribunal

compuesto por los doctores Irina Vilieskaya, miembro de la Academia de Ciencias de la antigua URSS, José Luis Mola Gárate, José Fernández Bertrán, Antonio Alzola de la Vega y Rubén Ramos. El oponente de la tesis fue el PhD. Carlos Peniche Covas. El Dr. Gandini expresó en la opinión del tutor que la característica más sobresaliente de Silvia Prieto como científica era su tenacidad en todo lo que realizaba.



En 1980, la Dra. Ruth Daisy Enríquez, directora en ese momento del Instituto de Química y Biología Experimental de la Academia de Ciencias de Cuba, solicita a Silvia pasar a trabajar en ese centro. Al desaparecer el mismo en 1986 y ser absorbido por el CIDEM (Centro de Investigaciones y Desarrollo de Medicamentos), pasa al laboratorio de investigaciones químicas de esta institución.

Posteriormente la Dra. Silvia Prieto se trasladó al Centro de Química Farmacéutica (CQF) y ya jubilada impartió la asignatura de Química General en el curso para trabajadores (cautivo) de la carrera

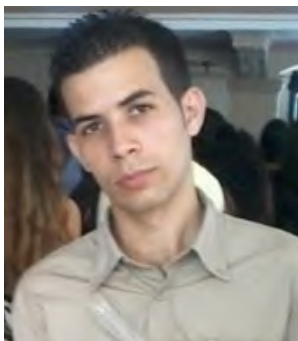
de Farmacia. A la par laboró como especialista en BIOMUNDI, empresa del Instituto de Información Científica y Tecnológica (IDICT), que ofrece servicios de información científica y consultoría estratégica a los centros del Polo Científico del Oeste.

Con este breve resumen de su vida profesional de más de 50 años, la Facultad de Química y la Revista Encuentro con la Química quieren recordar y rendir merecido tributo a la Dra. Silvia Prieto.

*\*Fotos cortesía de la Dra.C. Norma Galego*

## Ciencia, Arte y Música. Parte IV. Matemática y Música. ¿Cantar, contar?

Ciencias y  
Humanidad



**Dr. Gastón Fuentes Estévez**  
**Lic. Francisco J. Sola Dueñas**

Dpto. de Biomateriales Cerámicos y Metálicos

Centro de Biomateriales (BIOMAT), UH

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

[francisco.sola@biomat.uh.cu](mailto:francisco.sola@biomat.uh.cu)



*A Sara María Rodríguez Piñeiro y Carmen Piñeiro Polo, ellas saben por qué*

**L**a música está mucho más emparentada con la ciencia de lo que parece. Términos musicales como altura, timbre e intensidad pueden explicarse gracias a los conceptos de la física, como ya vimos en el segundo artículo de esta serie gracias a los conocimientos del profesor Stolik. Las cualidades de los sonidos, las posibilidades de afinación de los instrumentos, su evolución y mejora a partir de los materiales que los constituyen, producto claro del desarrollo tecnológico de la humanidad, fueron abordados en la tercera entrega de esta saga.

En esta cuarta y última entrega nos proponemos demostrarles que las proporciones que marcan los intervalos entre las notas tienen su fundamento en la matemática. Además, que algunos modelos matemáticos pueden aplicarse para indagar cómo evolucionan los estilos musicales.

¿Qué tienen que ver las emociones con las fórmulas y los teoremas? Pues mucho, aunque no lo parezca. De hecho, en la Edad Media, la música, junto con la aritmética, la geometría y la astronomía, formaba parte de lo que se conocía como *Quadrivium* (conjunto de las cuatro vías o caminos del saber) y es que las escalas, los acordes y los tonos se basan en proporciones matemáticas.

La escritura musical que viene siendo el lenguaje de los sonidos para los ejecutantes, puede resultar compleja para aquellos que no están cercanos a

este mundo. Pero no por gusto los músicos deben pasar pruebas de aptitud para ingresar en escuelas de esta especialidad y que aquellos que son autodidactas resultan ser asombrosamente geniales. Y si no nos creen piensen solamente en Bartolomé Maximiliano Moré Gutiérrez (1919-1963), más conocido como Benny Moré, el Bárbaro del Ritmo, cuyo mito creció a la sombra de su desconocimiento musical para dirigir a pura intuición su Banda Gigante y simultáneamente componer e interpretar alguno de los hitos de la canción cubana de todos los tiempos como el mambo “Bonito y sabroso”, el son montuno “Que bueno baila usted” y el bolero “Dolor y perdón”. Bueno, y menos mal que no sabía música, se imaginan donde hubiera llegado este genial cubano a pesar de sus apenas 44 años cuando nos dejó, si hubiera sabido qué cosa era una corchea.

### El pentagrama musical

Originalmente la música se escribía en tetragramas (cuatro líneas y tres espacios) hasta que llegó el monje benedictino Guido de Arezzo (Arezzo, 991 - Fonte Avellana, 1050) quien lo modificó al actual pentagrama (cinco líneas y cuatro espacios). Hum, ni tan siquiera hemos empezado y ya estamos en problemas con las matemáticas.

Para escribir música se representan en el pentagrama los signos musicales de la melodía pertinente de acuerdo con su altura o función dependiendo

del efecto deseado. Tales signos pueden ser colocados dentro, por encima o por debajo del pentagrama (Figura. 1). Los principales signos representados son las notas musicales, los silencios, la clave, la armadura, el compás (intervalo entre dos barras verticales en un pentagrama), el tempo y el carácter de la melodía (maestoso, agitato, afectuoso, marcial, etc.).



**Figura 1.** Pentagrama musical con clave, compás, notas y figuras diferentes y las dos alteraciones clásicas, sostenido y bemol

Las notas musicales se representan mediante figuras que indican la duración del sonido y su ubicación en una línea o un espacio indica una determinada altura. Así pues, la cabeza de una nota puede ser colocada en una línea (*si*, segunda nota, Figura 1), es decir, con el centro de la cabeza de la nota en la intersección de una línea; o bien en un espacio (*do*, primera nota, **Figura 1**), es decir, entre las líneas. Las líneas y espacios se numeran de abajo hacia arriba, la línea más baja es la primera línea y la línea superior es la quinta línea.

Cuando la melodía supera el ámbito de once notas que cubre el pentagrama, las notas que quedan fuera se colocan sobre o entre líneas adicionales, que son líneas que se dibujan por encima o por debajo del pentagrama según sea necesario (*do*, tercera nota, Figura 1).

Un pentagrama sin clave puede ser usado para representar un conjunto de sonidos percusivos; cada línea suele representar un instrumento diferente y puede ser utilizado en sistemas, lo cual es muy útil a la hora de escribir obras para orquestas y para instrumentos como el piano y el arpa e incluso para los grupos vocales.

En cierto modo, el pentagrama es análogo a un gráfico matemático de altura musical (eje de las ordenadas, variable dependiente) con respecto al tiempo (eje de las abscisas, variable independiente). Las alturas de las notas están determinadas por su posición vertical en el pentagrama y las notas

que hay a la izquierda se tocan antes que las notas a la derecha.

Un signo de compás situado a la derecha de la clave indica la relación entre el recuento de tiempo y las figuras musicales, mientras que las barras de compás agrupan las notas del pentagrama en compases.

En la armadura de clave no hay alteraciones, así que se trata de la tonalidad de *do* mayor o *la* menor. El 4/4 (vaya, hasta las fracciones están dando la lata aquí) significa que hay cuatro pulsos por compás. Las notas que contiene son un *do* (redonda) y un *si* y un *do* (ambas, blancas). Inmediatamente después hay un cambio de compás a 2/4, con dos pulsos por compás. Las notas que aparecen son un *fa* (negra), un *la* (corchea) y, finalmente, *fa* sostenido y *mi* bemol (dos semicorcheas).

Es lógico pensar que estas fracciones, para que cumplan con la relación que expresan, tengan valores por debajo de la unidad. Y aquí dejamos el pentagrama para adentrarnos en las notas y figuras.

### Las notas musicales

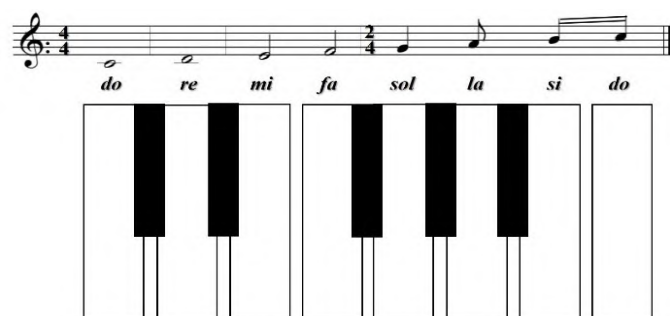
Las notas musicales son el material básico para definir la altura de un sonido determinado, por una vibración cuya frecuencia fundamental es constante. En el segundo artículo de esta serie, el profesor Stolik dedicó un epígrafe a repasar las notas y su relación con el sonido y las frecuencias.

Ante todo, no debemos confundir las notas con las figuras musicales. Si hacemos una analogía con el lenguaje, las figuras son las letras, o sea como se escribe, el conjunto de reglas que nos permite representar los sonidos en tanto las notas, son la lectura, como suenan las palabras, en este caso, las notas musicales.

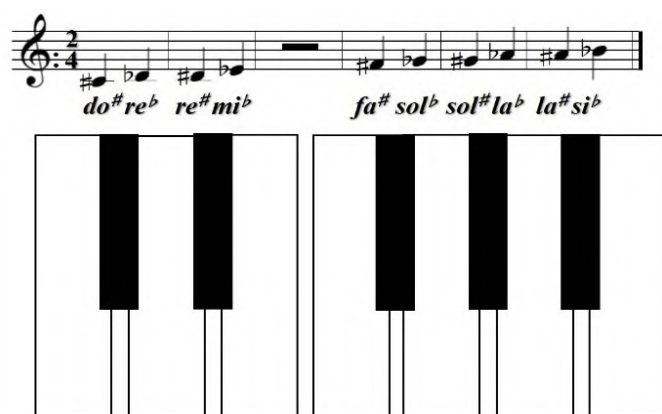
Como ya hemos dicho las notas son ondas sonoras de determinada frecuencia que se pueden subdividir en:

- **notas naturales:** las siete notas clásicas (Figura 2) conocidas de la escala cromática (*do, re, mi, fa, sol, la, si*)

- **notas alteradas:** son las mismas notas de la escala cromática, pero con alteraciones ascendentes (sostenidos, #) o descendentes (bemoles, \$) (Figura 3). El becuadro, (8) es otra alteración que anula cualquiera de las dos anteriores y regresa la nota a su altura original.



**Figura 2.** Correspondencia de las teclas blancas del piano con la escala diatónica del do sin alteraciones. Se emplearon las figuras más utilizadas, en la clave de sol 2<sup>da</sup> y la escala de la central (la 440)



**Figura 3.** Correspondencia de las teclas negras del piano con las alteraciones de la escala diatónica del do. En cada compás se han colocado los dos sonidos iguales por ser semitonos ascendente o descendente de los pares de notas correspondientes. El rectángulo negro de la tercera línea es un silencio de blanca.

El origen de estos nombres deriva del latín, de un acróstico del himno a San Juan Bautista, y fue uno de los principales aportes atribuidos a Guido de Arezzo; aunque en aquellas épocas no se utilizaba la nota *si*, ya que era considerada una nota “maldita”.

La Figura 2 muestra una escala de *do* mayor atípica porque utiliza las diferentes figuras para cumplir con la correcta escritura dentro de un pentagrama aunque muestra las notas en el conocido como sistema latino.

Es bueno puntualizar que existen al menos otros dos sistemas muy utilizados aún en la actualidad que son el inglés, también llamado literal y más antiguo que el latino, donde las notas son *C, D, E, F, G, A, B* (según el sistema inglés de notación musical, también llamado denominación literal) y el alemán donde las notas son *C, D, E, F, G, A, H* (obviamente derivado del inglés por las relaciones culturales encontradas entre los pueblos anglosajones y germánicos y donde la B equivale al *si*<sup>s</sup>).

Debemos aclarar que en realidad nuestro oído perfectamente entrenado es capaz de percibir 12 notas que se repiten en diferentes alturas. Si se analiza la Figura 3 verás que hay cinco pares de diferentes nombres de notas para sonidos iguales, o sea para la misma tecla negra del piano ( $do^\# = re^s$ ,  $re^\# = mi^s$ ,  $fa^\# = sol^s$ ,  $sol^\# = la^s$  y  $la^\# = si^s$ ).

Todo esto se debe fundamentalmente a la forma de organizar las notas. Se dice que la mínima distancia posible entre dos notas musicales con sonidos diferentes es de medio tono, o un semitono o  $\frac{1}{2}$  tono. Como bien sabemos por matemáticas,  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 1$  y si tenemos en cuenta esto podemos decir que entre *do* y *re*<sup>s</sup>, existe una distancia de un semitono. Como *re*<sup>s</sup> es igual a *do*<sup>#</sup>, entre *do* y *do*<sup>#</sup> también hay un semitono o medio tono que es lo mismo.

Usando las matemáticas podemos crear varios ejemplos y decir que entre *fa* y *la* hay dos tonos, porque al sumar los diferentes semitonos que se producen entre estas dos notas (*fa* a *fa*<sup>#</sup> + *fa*<sup>#</sup> a *sol* + *sol* a *sol*<sup>#</sup> + *sol*<sup>#</sup> a *la*) obtenemos cuatro semitonos que sumados nos dan dos tonos ( $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{2} = 4/2 = 2$  tonos). ¡Ay, las fracciones!

Sigamos añadiendo que esto ha resultado al final, una simplificación de las posibilidades de las ondas sonoras a la hora de ser llevadas a un papel para que un ser humano las ejecute en algún instrumento a partir de la afinación que hace del mismo.

Tratando de ser didácticos, ilustrativos y concisos, podemos decir que en la acústica (la parte de la física dedicada al estudio del sonido), todas las divisiones de intervalos se hacen de forma logarítmica.

El temperamento igual, TET (del inglés, *Twelve-*

tone Equal Temperament), es el sistema de afinación construido mediante la división de la octava en doce partes iguales llamadas semitonos temperados y es el más utilizado actualmente en la música occidental, y se basa en el semitono temperado, igual a la doceava parte de la octava y de razón numérica igual a la raíz duodécima de dos, con una amplitud interválica de 100 cents.

El cent es la menor unidad que se emplea para medir intervalos musicales y equivale a una centésima de semitono temperado. Debido a que el cent se define a partir del sistema temperado, los intervalos de este sistema tienen un número de cent que siempre es múltiplo de 100 (por ejemplo, el intervalo de quinta, que contiene 7 semitonos, tiene 700 cents). En cambio, los intervalos físicos o puros tienen un número distinto. Por ejemplo, la quinta pura, perfecta o pitagórica, de razón 3:2, tiene 702 cents). Y esta pequeña diferencia se debe una vez más a la matemática porque desde el punto de vista de una ecuación el cent es la 1200ava parte geométrica o logarítmica de la octava, o sea:

$$\text{cent} = \sqrt[1200]{2} = 1 + \frac{1}{1731} \quad (1)$$

$$\sqrt[1200]{2} = 1.000\ 577\ 789\ 506\ 554\ 859\ 3 \dots \quad (2)$$

La siguiente lista muestra la cantidad de cents que tienen los distintos intervalos de la escala de do. Noten que en los intervalos de mi-fa y si-do esa cantidad es la mitad coincidiendo con el hecho de que no hay semitonos entre las notas; y después dicen que no hay matemáticas (no hay teclas negras en el piano, Figura 2):

- do - re tiene 200 cents
- re - mi tiene 200 cents
- mi - fa tiene 100 cents
- fa - sol tiene 200 cents
- sol - la tiene 200 cents
- la - si tiene 200 cents

- si - do tiene 100 cents

La división decimal logarítmica del semitono ya había sido investigada por Gaspard de Prony (1755-1839) en los años 1830 y el cent fue inventado en 1885 por el matemático y filólogo británico Alexander John Ellis (1814-1890) quien hizo innumerables medidas de instrumentos musicales de todo el mundo, para informar y comparar las escalas empleadas. Más tarde describió y empleó este sistema en su edición del libro *On the Sensations of Tone*, de Hermann von Helmholtz (1821-1894), sí ese mismo, el maestro de Max Planck, el que propuso el tratado sobre la conservación de la energía que sentó las bases de la Primera Ley de la Termodinámica y que construyó el oftalmoscopio y el resonador de Helmholtz, nacido como instrumento para medir resonancias y que terminó siendo reconocido como el primer instrumento electrónico de la historia de la humanidad.

Cualquier nota está a una distancia de un número entero de semitonos del  $la_4$  central. ( $la_4$  en todos los sistemas excepto el franco-belga donde es el  $la_3$ ). Y la frecuencia de su sonido se encuentra definida por la ecuación:

$$f = 2^{n/12} \times 440 \text{ Hz} \quad (3)$$

donde  $n$  es la distancia entre los semitonos. Si la nota está por encima de  $la_4$ , entonces  $n$  es positivo, y si está por debajo de  $la_4$ , entonces  $n$  es negativo.

En el TET la frecuencia de la nota  $la_4$  es 440 Hz como ya se sabe producto de que  $n = 0$  porque:

$$f(\text{Hz}) = 2^{0/12} \times 440 = 440 \text{ Hz} \quad (4)$$

Pero si fuera el caso de una nota superior como el caso de  $re_5$ , cuya diferencia con el  $la_4$  es de cinco semitonos ( $n = 5$ ,  $la_4 \rightarrow la_4^\# \rightarrow si_4 \rightarrow do_5 \rightarrow do_5^\# \rightarrow re_5$ ):

$$f(\text{Hz}) = 2^{5/12} \times 440 \approx 533.9 \text{ Hz} \quad (5)$$

Por el contrario, si la nota es inferior como es el caso de  $sol_4$  cuya diferencia con el  $la_4$  es de dos semitonos ( $n = 2$ ,  $la_4 \rightarrow la_4^\flat \rightarrow sol_4$ ), entonces el valor de  $f$  es:

$$f(\text{Hz}) = 2^{-2/12} \times 440 \approx 356.4 \text{ Hz} \quad (6)$$

Si vemos el caso del MIDI (del inglés Musical Instrument Digital Interface) que es un estándar tecnológico que describe un protocolo, una interfaz digital y conectores que permiten que varios instrumentos musicales electrónicos, ordenadores y otros dispositivos relacionados se conecten y comuniquen entre sí y donde una simple conexión puede transmitir hasta dieciséis canales de información que pueden ser conectados a diferentes dispositivos, las notas se definen como:

$$p = 69 + 12 \times \log_2 \frac{f}{440 \text{ Hz}} \quad (7)$$

donde  $p$  es el número de nota MIDI y  $f$  la frecuencia de dicha nota. La frecuencia de la nota puede ser determinada por esta misma fórmula despejada:

$$f(\text{Hz}) = 2^{(p-69)/12} \times 440 \quad (8)$$

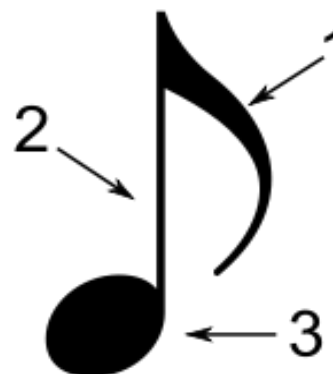
Noten el enorme parecido con la fórmula para la determinación de la frecuencia de las 12 notas conocidas en la escala musical (Ec. 3). Esto reviste una vital importancia porque gracias a esta tecnología, la música y sus procesos de grabación han evolucionado de manera acelerada y eficiente logrando cada día sonidos más bellos y exactos.

Las ventajas del uso de MIDI incluyen su tamaño (una canción completa puede ser codificada en unos cientos de líneas, por ejemplo, en algunos kilobytes) y la fácil manipulación, modificación y selección de los instrumentos. Vaya que las matemáticas se pueden poner complejas en la música.

### Las figuras musicales

En música, una figura (a veces, mal llamada nota, referida a la altura del sonido) es un signo que representa gráficamente la duración de un determinado sonido en una pieza musical. La manera gráfica de indicar la duración relativa de una nota es mediante la utilización de la cabeza de la nota, la presencia o ausencia de la plica así como la presencia o ausencia de corchetes con forma de ganchos aunque quien define la nota es la cabeza de la figura (Figura 4).

Cuando aparece situada en un pentagrama con clave establecida, determina también la altura del sonido. Cada figura musical cuenta con su correspondiente silencio que representa su mismo valor o



**Figura 4.** Partes de una nota musical. (1) corchete, (2) plica y (3) cabeza.

duración. En la Figura 2 podemos observar claramente las figuras más utilizadas, que son siete y se denominan elementos gráficos de la música: dos redondas (*do* y *re*), dos blancas (*mi* y *fa*), una negra (*sol*), una corchea (*la*) y dos semicorcheas (*si* y *do*).

Es bueno aclarar que las figuras no siempre fueron así obviamente (Tabla 1), y después no protesten por las fracciones. También existe otras dos equivalencias más simples. Aquella relacionada con la duplicidad consecutiva donde cada figura musical es equivalente al doble de la que la sucede. Por ejemplo, una redonda son dos blancas, una blanca son dos negras, una negra son dos corcheas y así sucesivamente.

Y aquella otra relacionada con el puntillo, una alteración musical que prolonga la duración de la nota musical escrita en el pentagrama donde la equivalencia es exactamente igual que en la anterior, pero en vez de duplicar la duración, esta se triplica, o sea, una redonda con puntillo equivale a tres blancas, una blanca con puntillo serían tres negras, etc.

Todo esto planteado así podría parecer un cúmulo de información sin ninguna conexión aparente si no existieran las partituras de las cuales ya ha-



**Tabla 1. Equivalencias numéricas con la redonda, máxima figura en la actualidad. En negrita, las que están en desuso en la actualidad**

Figura	Equivalencias con la negra
<b>Máxima</b>	8
<b>Longa</b>	4
<b>Cuadrada</b>	2
Redonda	1
Blanca	1/2
Negra	1/4
Corchea	1/8
Semicorchea	1/16
Fusa	1/32
Semifusa	1/64
<b>Garrapatea</b>	1/128
<b>Semigarrapatea</b>	1/256

blamos al inicio del artículo. Pero nos acercamos nuevamente a ellas para hablar de los compases musicales, los cuales están muy relacionados con los valores de las notas musicales que acabamos de ver.

El tempo (en plural, *tempi*), es el movimiento o aire que hace referencia a la velocidad con la que debe ejecutarse una pieza musical. Se trata de una palabra italiana que literalmente significa «tiempo». En las partituras de una obra se suele representar al inicio de la pieza encima del pentagrama (Figura 5).

En la música occidental actual se suele indicar en pulsaciones por minuto (ppm), abreviado también como bpm, de la expresión *beats per minute* en inglés. Esto significa que una figura determinada (por ejemplo, una negra o corchea) se establece como pulso y la indicación significa que debe ser ejecutado un determinado número de pulsos por minuto. Cuanto mayor es el tempo, mayor es el número de pulsos por minuto que se deben tocar y por tanto más rápidamente debe interpretarse la pieza. De forma parecida, cada figura musical (una negra o una blanca) no tiene una duración específica y fija en segundos, sino que depende del tempo.

Hasta la invención del metrónomo se colocaba el tempo con frases que sugerían el carácter de la pieza musical como ese *andante grazioso* (Figura 5) que significa entre 76 y 108 pulsaciones por mi-



**Figura 5.** Los dos compases iniciales de la partitura de piano de la Sonata K 331 de Wolfgang Amadeus Mozart, con dos tipos de indicación de tempo. *Andante grazioso* incluye el adjetivo gracioso para concretar el carácter. La indicación metronómica precisa que hay que tocar 120 corcheas por minuto, es decir, 2 por segundo.

nuto la palabra *andante* y con cierta vivacidad y alegría la palabra *grazioso*.

### El metrónomo

El metrónomo (del griego *μέτρον* que significa *métron*, medida y *νόμος*, *nómos*, ley o norma) es un aparato utilizado para indicar tiempo o pulso de las composiciones musicales. Produce regularmente una señal, visual o acústica, que permite a un músico mantener un pulso constante al ejecutar una obra musical.

El surgimiento de este aparato viene de ciertos hechos distantes en el tiempo. Primero y de acuerdo con el historiador Lynn White, el filósofo, protohumanista, químico y poeta andaluz de origen bereber Abbas Ibn Firnas (810–887), quién hizo el primer intento de crear una especie de metrónomo. Pero no fue hasta Galileo Galilei, el primero que estudió y descubrió conceptos que conciernen al péndulo a finales del XVI y principio del XVII, que quedaron sentadas las bases para la construcción del metrónomo de cuerda tal como se conoce hoy.

El cronómetro musical mecánico como se conoce hoy fue inventado por Dietrich Nikolaus Winkel en Amsterdam en 1814. Pero con ciertas prácticas cuestionables, otro holandés, Johann Maelzel, co-

pió las ideas de Winkel, y añadiendo una escala métrica, lo llamó metrónomo y comenzó a fabricarlo bajo su propio nombre en 1816, el Maelzel's Metronome.

Antes de su invención, era habitual que los compositores usaran como velocidad de referencia el pulso medio humano, que en estado de reposo equivale aproximadamente a 80 pulsaciones por minuto. El primer compositor notable que estableció en sus composiciones indicaciones métricas fue en 1817 fue el genio alemán Ludwig van Beethoven, en su época clasicista. Curiosamente el mismo Beethoven, ya en el Romanticismo, dijo que para la nueva música, más libre y llena de elementos que alteraban el tempo, el metrónomo era una abominación. Vaya paradoja.



**Figura 6.** Diversos tipos de estos aditamentos. (Izq) Metrónomo de cuerda, el más clásico y expandido a nivel mundial. (Der) Metrónomo digital que aprovecha las nuevas tecnologías.

## Conclusiones

Evidentemente como hemos visto a través de toda la serie, las ciencias y la música tienen mucho que ver. La ciencia ha sido el motor impulsor del desarrollo de la humanidad, sin ella, el hombre no habría tocado las estrellas ni las profundidades marinas, no habría acortado distancias entre culturas ni existiese la comunicación instantánea ni el acceso a la información que hoy tenemos.

Por otra parte, la música es una integrante importante de las artes, la que gobierna, manda y enaltece el sonido, la que es capaz de sencillamen-

te, entrar en tu alma y apoderarse de ella, aun cuando estés haciendo cualquier otra cosa. El mismo desarrollo de las ciencias la ha hecho cambiar, pero a pesar de todo perdura la antigua, aunque guste la moderna y conviven juntas en contra de los oídos de muchos seres humanos.

La ciencia tiene mucho que ver con la vida actual en muchos aspectos. Y la música es probablemente junto a la pintura y la escultura de las artes más perdurables, por su posibilidad de guardarlas en diversos formatos y dispositivos, por la capacidad de transmisión oral que le incorpora la riqueza de aquellos que transmiten y de los que reciben también esa herencia que nos hace recordar que hay cosas intangibles, que la propia ciencia no puede explicar, sin embargo, juegan un papel fundamental en la calidad de vida del ser humano.

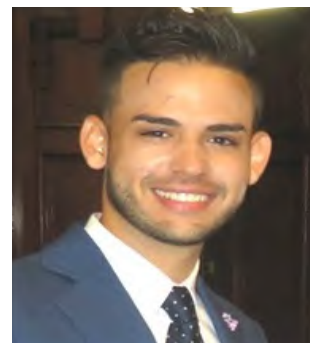
## Bibliografía

- Arinero Carreño, María Dolores. Apuntes de historia de la música: desde la Antigüedad hasta el Renacimiento. Granada (2009)
- Baxter, Harry and Baxter, Michael. *Cómo leer música*. Robinbook (2007)
- de Candé, Roland. *Nuevo diccionario de la música*, vol. I y II. Grasindo (2002)
- Gerou, Tom and Lusk, Linda. *Essential Dictionary of Music Notation*. Alfred Music (1996)
- Michels, Ulrich. *Atlas de música*. Alianza (2009)
- Powers, Harold S. and Wiering, Franz. *New Grove Dictionary of Music and Musicians*, Macmillan (2001)
- Randel, Don Michael. *The Harvard Dictionary of Music*. Harvard University Press (2003)

**Lic. Reinier Lemos García**

**Laboratorio de Síntesis orgánica,  
Departamento de Química Orgánica,  
Facultad de Química, Universidad de La Habana**

[reylemos81@gmail.com](mailto:reylemos81@gmail.com)



**L**as preparaciones culinarias en ocasiones son procesos no cuestionables que son realizados de manera rutinaria. La simple elaboración del arroz, el crecimiento de una torta o la cocción de la carne a la parrilla encierran un sin número de fenómenos químico-físicos en su elaboración. No es necesario ser un científico para saborear una deliciosa elaboración en un restaurante, pero el empleo de métodos experimentales basados en el conocimiento de conceptos básicos de Química y de Física convierten a las profesiones de la cocina en verdaderos artistas.

El acercamiento importante más reconocido de la ciencia a la cocina se produce el 14 de marzo de 1969, cuando el físico inglés de origen húngaro Nicholas Kurti ofreció una conferencia para la Royal Society (Real Sociedad de Londres para el Avance de la Ciencia Natural) llamada “El físico en la cocina”.<sup>1</sup> Kurti dio inicio a su discurso con la siguiente frase: “Pienso con una profunda tristeza sobre nuestra civilización. Mientras medimos la temperatura en la atmósfera de Venus, ignoramos la temperatura del interior de nuestros soufflés”. Su presentación despertó muchas interrogantes sobre procedimientos básicos que se venían realizando desde hace siglos de la misma manera. Entre estos estudió:

- el efecto proteolítico de la enzima bromelina al inyectar zumo de piña a un trozo de carne.
- la acción del vacío en la preparación de un me-

rengue.

- planteó el método de hacer café con un sistema constituido por un doble hervidor, separando el extracto acuoso del agua a ebullición.
- utilizó las microondas para hacer un plato que lo denominó "Tortilla Noruega Invertida".



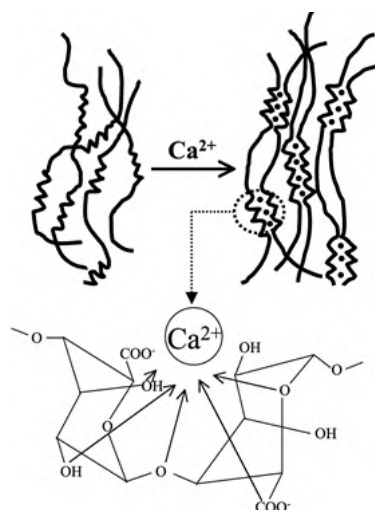
*Figura 1. Nicholas Kurti durante una preparación culinaria*

Años más tarde, en 1988, varios científicos interesados en la gastronomía como fueron Harol McGee, Hervé This, y el ya mencionado Kurti, entre otros, comenzaron a estudiar los procesos químicos y físicos que se producen en una cocina. A este movimiento se le dio el nombre de “Gastronomía molecular”. La gastronomía molecular es el estudio científico de los procesos ya conocidos que ocurren en una elaboración culinaria con

el objetivo de comprenderlos desde el punto de vista molecular.<sup>2</sup> No se basa en la determinación de las estructuras químicas de los ingredientes o la transformación de estos a nivel industrial. Por otra parte, la cocina molecular propone crear nuevas técnicas que permitan llevar a cabo los novedosos platillos diseñados utilizando herramientas modernas no provistas previamente en las cocinas. A continuación, se tratan algunas de las técnicas más empleados en la gastronomía molecular que ratifican que la cocina molecular es una disciplina práctica que exige la participación de un científico y un cocinero que trabajen en conjunto.

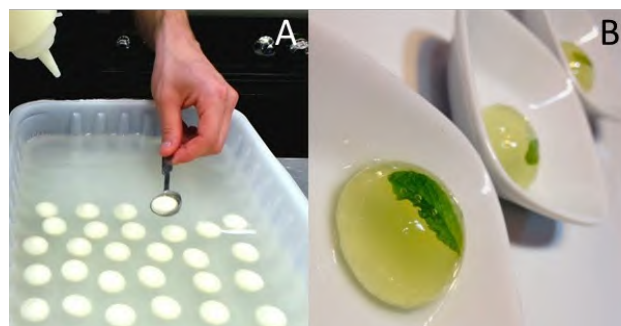
### Esferificación

Es una técnica de formación de un gel a partir de un sistema polimérico. Es una gelificación controlada de un líquido, el cual al sumergirse en un baño se vuelve esfera. Suele emplearse para este fin como agente gelificante alginato de sodio. Este polímero presenta sitios de coordinación en su estructura a través de grupos carboxilos e hidroxilos los cuales pueden formar complejos estables.<sup>3</sup> En la Figura 2 se muestra el empleo de sales de calcio como agentes entrecruzantes para solidificar disoluciones de alginato y formar geles mecánicamente estables. Existen dos tipos de esferificaciones, la directa o básica y la inversa. Estas técnicas permiten obtener esferas de diferentes tamaños y por tanto generar caviar, huevos, ñoquis y raviolis. En ambas técnicas, las esferas se pueden manipular pues son ligeramente flexibles.



**Figura 2.** Entrecruzamiento de cadenas alginato por iones calcio

Para realizar la esferificación directa se disuelve alginato de sodio en un líquido que se desea esferificar, se prepara una disolución de calcio en agua y se deja caer gota a gota la disolución de alginato previamente preparada. Esta técnica tiene sus limitaciones, el proceso de gelificación es continuo, por lo que el caviar continúa gelificándose hasta llegar a bolas sólidas de gel, por lo que su servicio en mesa debe ser inmediato. En el caso de la esferificación inversa se agrega la sal cálcica al líquido que se quiere esferificar, y el alginato de sodio se disuelve en el baño de agua donde se formaran las esferas como se aprecia en la Figura 3A.



**Figura 3.** Esferificación inversa. A) Esferas de lactato de calcio en baño de alginato de sodio. B) Esferas de Mojito molecular.

Esta metodología es más versátil que la esferificación directa pues puede usarse para crear esferas con líquidos que tienen un alto contenido en leche, alcohol o acidez. La capacidad de contener alcoholes dentro de las esferas ha sido utilizada en la preparación de cocteles alcohólicos (ver Figura 3B). Las esferas tienen una membrana más espesa, pero con una textura más sólida y gelatinosa en la boca. Las esferas deben mantenerse separadas en el baño para evitar que se unan unas a otras.

### Emulsificación

La emulsificación es un proceso donde un líquido es dispersado en otro, por medio de la cual se pueden unir dos elementos los cuales típicamente no pueden ser mezclados como son los acuosos y los grasos. Esta técnica permite desarrollar nuevas elaboraciones moleculares como son los aires y las espumas.

Las emulsiones son favorecidas y estabilizadas por agentes emulsionantes. Los emulsionantes son

moléculas anfipáticas que se adsorben en la región interfacial de los líquidos inmiscibles y contribuyen a disminuir la tensión superficial entre estas fases. Dentro de los emulsionantes grasos comercializados más empleados encontramos la lecitina de soja y la yema de huevo. La yema de huevo contiene 10% de fosfolípidos y estabiliza emulsiones como la mayonesa mientras que la lecitina de soja se emplea para estabilizar helados, tortas, caramelos, margarina y contiene como compuestos mayoritarios la fosfatidilcolina y el inositol.<sup>4</sup>



Figura 4. Saffron crème con espuma de café

### Encapsulación química

La encapsulación química por formación de complejos de inclusión puede ser definida como la asociación entre dos moléculas del tipo huésped-hospedero. Con este fin son empleadas las ciclodextrinas en la gastronomía molecular, siendo la  $\beta$ -ciclodextrina la más utilizada. Esta molécula presenta un centro hidrofóbico, capaz de formar complejos estables con moléculas de naturaleza poco polar como algunas esencias y aceites comestibles.<sup>5</sup> Una vez formados los complejos pueden ser precipitados, separados y filtrados. El éxito de esta técnica de inclusión es que logra generar nuevas combinaciones de texturas y sabores antes no conocidas, pues la superficie hidrofílica de la ciclodextrina promueve la solubilidad del componente encapsulado al ser liberado cuando el alimento se lleva a la boca. De esta manera se pueden elaborar tierras y polvos comestibles, que son encapsulados de extractos de frutas, vegetales y aceites que presentan un aspecto granular o arenoso.

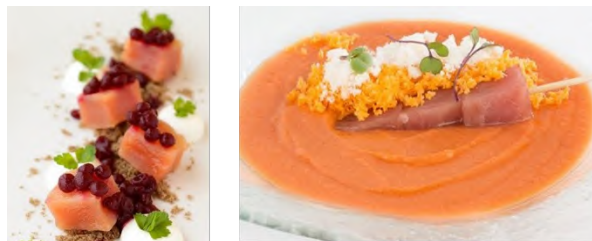
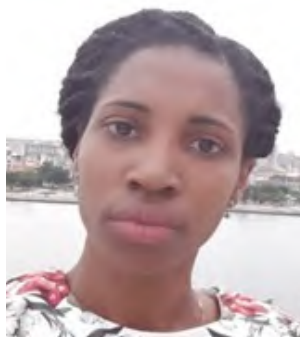


Figura 5. Izquierda, Dados de atún con caviar de remolacha sobre polvo de malta y espuma de nata. Derecha, salmorejo con migas de chicharrón de atún y polvo de aceite de oliva y zanahoria.

### Referencias

1. N. Martin, *Chem. Commun.* **2006**, 2093–2104.
2. D N. Kurti, Chemistry and physics in the kitchen, *Scientific American*, **1994**, 270, 66–71.
3. H. This, Molecular gastronomy, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **2002**, 41, 83–88.
4. A. Cruz, Extracción de carbohidratos (ácido alginico) de la especie *grateolupia doryphora*, *Tecnia*, **1999**, 9(1), 19–24.
5. J. Whittinghill, J. Norton, A. Proctor, Stability determination of soy lecithin based emulsions by Fourier transform infrared spectroscopy, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **2000**, 77, 37–42.
6. L. Szente, J. Szejtli, Stabilization of Flavour by Cyclodextrine, *ACS Symposium Series*, **1988**, 370, 148–157.



### MSc. Amira Páez Rodríguez

Especialista CITMA del Centro de estudios Avanzados

[amira.pr@cea.cu](mailto:amira.pr@cea.cu)

### Lic Marcos Muñoz Arias

Facultad de Química, Universidad de La Habana

[marcos.munoz@fq.uh.cu](mailto:marcos.munoz@fq.uh.cu)



**E**l pasado mes de febrero un grupo multidisciplinario conformado por 10 jóvenes investigadores procedentes del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB), el Centro de Estudios Avanzados (CEA), el Centro de Investigación y Desarrollo de Medicamentos (CIDEM) y la Universidad de La Habana (UH), de conjunto con los Investigadores Dr.C Ariel Marianno Felipe (CIGB), Dra.C. Lissete Agüero (UH) y Luis Silva (CIGB) fueron partícipes de un curso de NanoBiotecnologías celebrado en Roma, Italia.



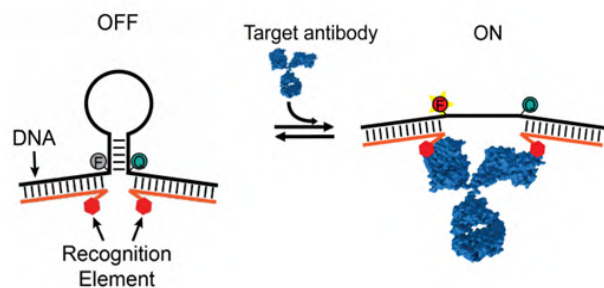
**Foto1:** De izquierda a derecha, de abajo hacia arriba. Álvaro Lagar (UH) Luis Silva (CIGB), Verónica Fraus (CIGB), Niurys (CIDEM), Daysi Sánchez (CEA), Margarita (CIGB), Amira Páez (CEA), Marco (TV), Camila Riveron (CEA), Danya Medina (CIGB), Rita (TV), Yasser Matos (UH), Marcos Muñoz (UH), Dr.C. Ariel Felipe (CIGB) y Prof. Dr.C Mariano Venanzi.

El curso, titulado “**Tecnologías avanzadas para la caracterización y censado de Nanobiomateriales**”, financiado por el Proyecto Internacional NANOSUPREMI, RISE H2020, se realizó en La Universidad de Roma Tor Vergata, en el Departamento de Ciencias y Tecnologías Químicas. Las sesiones de conferencias estuvieron de la mano de prestigiosos profesores como: la Prof. Manuela Scarselli, especialista en Microscopia de Efecto Túnel del Departamento de Física de la Universidad de Tor Vergata; el Prof. Ernesto Placidi, reconocido especialista en Microscopia de Fuerza Atómica del Departamento de Física la Universidad de Roma La Sapienza y el Profesor Alberto Diaspro, líder a nivel mundial en Microscopía Óptica Super-Resolutiva, profesor de La Universidad de Genova, y Director del Instituto Italiano de Tecnología. Por la parte cubana, contaron con las presentaciones del Dr.C. Ariel Mariano Felipe Gómez sobre Nano-seguridad y la Dra.C Lissete Agüero Luztonó con Nanomateriales poliméricos para Liberación controlada de fármacos.

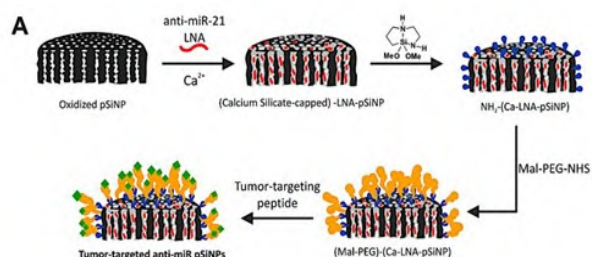
Otras de las experiencias novedosas presentadas fueron (Para ver todos los temas consultar Progra-

ma del curso al final del artículo):

- El diseño de modelos de nanointerruptores y nanomáquinas basadas en ADN y ARN para diagnóstico. Las secuencias ADN y son obtenidas con un par fluoróforo-*quencher* (F-Q), y presentan antígenos para el reconocimiento específico por un anticuerpo a determinar. La conformación de secuencia de ADN se ve forzada por la presencia del anticuerpo al interactuar con los antígenos en la cadena. Este cambio provoca que al medir la intensidad de fluorescencia del sistema cambien, generado por la distancia en entre el par F-Q. Estos. La versatilidad de estas plataformas ha sido demostrada para la detección de cinco anticuerpos con bajos límites de detección (nanomolar) y sin reactividad cruzada detectable. DOI:10.1002/anie.201505179



- El desarrollo de terapias dirigidas al tratamiento de tumores en cáncer de ovarios, basado en la presentación de microARN (moléculas reguladoras de la expresión génica) encapsulado en nanopartículas de sílica mesoporosa. DOI: 10.1021/acsami.9b07980



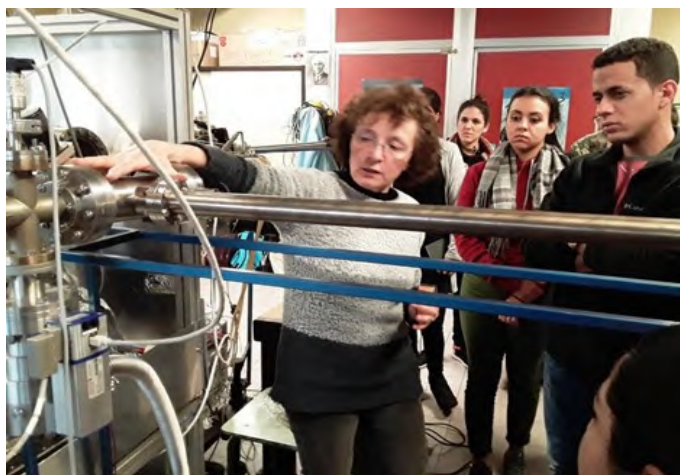
*“Nanoscience is not physics, chemistry, engineering or biology. It is all of them”.*

*S.M. Lindsay, Introduction to Nanoscience, Oxford University Press (2009).*

Con la frase anterior, comenzó una serie de tres encuentros impartidos por el Profesor Dr. C. Mariano Venanzi del Departamento de Ciencias y Tecnologías Químicas de esa Universidad. Esta introducción al estudio de las nanociencias estuvo guiada por ocho grandes ideas: tamaños y escala, estructura de la materia, fuerzas e interacciones, efectos cuánticos, auto-ensamble, instrumentos y herramientas, modelos y simulaciones y ciencia-tecnología-sociedad. Algunos de los temas abordados en esta sección fueron la multidisciplinariedad intrínseca en los sistemas nanoestructurados, el aprovechamiento de las interacciones únicas que experimenta la materia en la nanoescala, la dependencia entre las interacciones y la naturaleza de las fuerzas que se manifiesta con el tamaño, el desarrollo de herramientas, la aparición de nuevas hipótesis para el entendimiento de los fenómenos a esta escala, así como la influencia que ejerce el avance de esta nueva rama del conocimiento en la sociedad.

Las secciones estuvieron acompañadas por prácticas de laboratorio, donde se pudo constatar de primera mano el funcionamiento y trabajo en equipos de Microscopía de Fuerza Atómica y Microscopía de Efecto Túnel, así como una visita al grupo de investigación de monocapas autoensambladas.

Esta escuela propició también el intercambio de conocimientos y líneas de investigación entre los



**Foto 2:** Laboratorio sobre Microscopía de Efecto Túnel. Profesora Manuela Scarselli.

jóvenes cubanos y doctorantes italianos. En la modalidad de seminarios se presentaron trabajos relacionados con la obtención de nanomateriales como: nanocebollas, nanopartículas magnéticas funcionalizadas con bioligandos como agentes de contraste y plataformas de bioseparación, nanoestructuras poliméricas y nanogeles en sistema de liberación controlada de fármacos. Se encontraron puntos de contacto y posibilidades de colaboración con los anfitriones y entre foráneos.

En el marco de las actividades de este grupo de jóvenes investigadores en Roma, se desarrolló un encuentro en la Embajada de Cuba en Italia con grupos de solidaridad con Cuba. Se abordaron los temas como la necesidad de colaboración científica internacional, la premisa cubana de poner la ciencia en función de un desarrollo social sostenible, así como una denuncia al genocida bloqueo norteamericano y su impacto negativo en el avance de la ciencia en Cuba.

A consideración de los participantes fue una excelente oportunidad en su formación. La actualidad de los temas, el intercambio de ideas, así como la posibilidad de acceso a equipos de alta tecnolo-



**Foto3:** Encuentro en la Embajada de Cuba en Italia.

gía y la multidisciplinariedad contribuyen a ampliar en la mente joven la gama de posibilidades ante problemas en el quehacer investigativo. Enfrentarse a un curso de este tipo en otro país, en un idioma extranjero, con costumbres diferentes, presupone un reto, hay que superar obstáculos. Al mismo tiempo, es una oportunidad de conocer otras realidades, de intercambiar, y en caso de Roma, conocer en persona una cultura milenaria impresionante. Termina siendo un impulso para para crecer como profesionales y como personas.





<b>Program</b> (Seminar Room, Dept. of Chemical Science and Technologies)		
<b>January 27<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>Introduction to Nanoscience</b> Mariano Venanzi	
11:20 - 13:20	<b>Nanosafety</b> Ariel Mariano Felipe Gómez	
<b>January 28<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>What can be learned in nanosciences from simulations?</b> Gianfranco Bocchini	
11:20 - 13:20	<b>Scanning tunneling microscopy</b> Manuela Scarselli	
<b>January 29<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>The big ideas of Nanoscience</b> Mariano Venanzi	
11:20 - 13:20	<b>Introduction to Atomic Force Microscopy. Tip-surface elastic interaction: the contact mode</b> Ernesto Placidi	
<b>January 30<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>What can be learned in nanosciences from simulations?</b> Gianfranco Bocchini	
11:20 - 13:20	<b>Scanning Tunnelling Microscopy on nanostructures</b> Manuela Scarselli	
<b>January 31<sup>st</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>The Big ideas of Nanoscience</b> Mariano Venanzi	
11:20 - 13:20	<b>Introduction to dynamic AFM: the oscillator model. The Amplitude Modulation (tapping mode) and the Frequency Modulation (non-contact mode)</b> Ernesto Placidi	
<b>February 3<sup>rd</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>The continuous force curve acquisition. The Peak Force tapping. Application in chemistry and biology.</b> Ernesto Placidi	
11:20 - 13:20	<b>Biomanufacturing and Biomaterials for Targeted Drug Delivery in Regenerative Medicine</b> Antonio Rinaldi	
<b>February 4<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>Mechanosensitive pathways in health and disease.</b> Giancarlo Forti	
11:20 - 13:20	<b>Precision Medicine through programmable nucleic acid technology</b> Alessandro Bertucci	
<b>February 5<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>What can be learned in nanosciences from simulations?</b> Gianfranco Bocchini	
11:20 - 13:20	<b>Self-assembly of porphyrin nanostructures</b> Donato Monti	
<b>February 6<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>Nanostructures on surface</b> Emanuela Gatto	
11:20 - 13:20	<b>DNA-based nanodevices</b> Francesco Ricci	
<b>February 7<sup>th</sup></b>		
9:20 - 11:20	<b>Adding infrared spectroscopic capabilities to scanning probe microscopy</b> Leonetta Baldassarre	
11:20 - 13:20	<b>Raman spectroscopy of nanomaterials</b> Silvia Orlanducci	



**23 CONFERENCIA DE QUÍMICA  
VIRTUAL  
16-20 NOVIEMBRE, 2020.  
SANTIAGO DE CUBA**

**23 CONFERENCIA  
DE QUÍMICA  
VIRTUAL  
2020**



El Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas de la Universidad de Oriente se complace en comunicarle a la comunidad científica, académica y profesional que la tradicional CONFERENCIA DE QUÍMICA, evento, en esta especialidad, de más historia en Cuba desarrollará su 23 edición en la modalidad virtual. Coauspiciada por la Sociedad Cubana de Química (SCQ) y el Consejo Interuniversitario Flamenco (VLIRUOS), la misma tendrá lugar del 16 al 20 de noviembre de 2020. Esta edición se dedica al 60 aniversario de la carrera de Química en la Universidad de Oriente y en Cuba, así como también al 505 aniversario de la fundación de la ciudad de Santiago de Cuba.

El programa contempla conferencias plenarias, presentaciones orales y carteles en las diferentes temáticas.

**Patrocinadores**



**E-mails de contacto y envíos**

[ciq@uo.edu.cu](mailto:ciq@uo.edu.cu)

[mcasals@uo.edu.cu](mailto:mcasals@uo.edu.cu)

**Cuotas de Inscripción**

**120 USD para delegados**

**60 USD para estudiantes de posgrado**

**35 USD para asistentes**

## COMITÉ DE HONOR

**Dr. C Dionisio Zaldívar Silva**

Presidente de la Sociedad Cubana de Química

[dionisio@rect.uh.cu](mailto:dionisio@rect.uh.cu)

## COMITÉ ORGANIZADOR

**Presidente**

**Dra. C. Diana Sedal Yanes**

Rectora de la Universidad de Oriente

**Vice Presidentes**

**Dra. C Yohandra Semanat Ortiz**

Vice Rectora de Extensión Universitaria

**Dra. C Arelis Ábalos Rodríguez**

Vice Rectora de Relaciones Institucionales

**Dra. C. Yolanda Chum Hung**

Decana de la Facultad de Ciencias Naturales y Exactas

**Dra. C. Dayalis Baralt Ramos**

Vicedecana de Extensión Universitaria

**MSc. Hassan Martínez Hung**

Jefe del Departamento de Química

[hmartinez@uo.edu.cu](mailto:hmartinez@uo.edu.cu)

**Secretaria Ejecutiva**

**Dra. C. Magaly Casals Hung**

[mcasals@uo.edu.cu](mailto:mcasals@uo.edu.cu)

**Miembros**

**Dra. C. Elizabeth Abad Peña**

**MSc. Argenis Adrián Soutelo Jiménez**

**MSc. Dannis Adrián Cascaret Carmenaty**

**MSc. Isabel Almenares Verdecia**

**MSc. Leandro León Duharte**

**Lic. Anay Vera Ayala**

**Ing. Beatriz Valdés Días**

**Yaritza Civil Castel**

## COMITÉ CIENTÍFICO

**Presidente**

**Dra. C. América García López**

[america@uo.edu.cu](mailto:america@uo.edu.cu)

**Vice Presidente**

**Dra. C. Rosa Catalina Bermúdez Savón**

[catalina@uo.edu.cu](mailto:catalina@uo.edu.cu)

## TEMÁTICAS Y MIEMBROS DEL COMITÉ CIENTÍFICO

### QUÍMICA ORGÁNICA Y MEDICINAL

Síntesis Orgánica. Aislamiento y caracterización de productos naturales. Caracterización de extractos totales o parciales de productos naturales. Actividad biológica y/o toxicológica de extractos de plantas caracterizados.

Dr. C. Jorge Acevedo Martínez, [jacevedo@uo.edu.cu](mailto:jacevedo@uo.edu.cu)

Dr. C. Julio César Escalona Arranz, [jcea@uo.edu.cu](mailto:jcea@uo.edu.cu)

Dra. C. Annia Ochoa Pacheco, [aachoap@uo.edu.cu](mailto:aachoap@uo.edu.cu)

### QUÍMICA FÍSICA Y COMPUTACIONAL

Aplicaciones de la informática a la Química y la Biología. Estudios QSAR y QSPR. Termodinámica. Cinética Electroquímica. Polímeros y biopolímeros. Métodos espectroscópicos.

Dra. C. América García López, [america@uo.edu.cu](mailto:america@uo.edu.cu)

Dr. C. Manuel Serrat Díaz, [mserrat@uo.edu.cu](mailto:mserrat@uo.edu.cu)

### QUÍMICA ANALÍTICA, MEDIOAMBIENTAL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD

Desarrollo y/o validación de métodos y técnicas analíticas. Automatización en Química Analítica. Características metrológicas de las técnicas analíticas. Análisis de trazas. Implementación y control del sistema de gestión de la calidad según ISO 9001:2008 en los laboratorios de ensayos químicos. Acreditación de laboratorios analíticos. Caracterización, mejoramiento y tratamiento de residuales. Evaluación y control de la calidad ambiental del agua, aire y suelos. Evaluación de impacto ambiental.

Dra. C. Alina Marañón Reyes, [agm@uo.edu.cu](mailto:agm@uo.edu.cu)

Dra. C. María de los Ángeles Arada Pérez, [mayarada@uo.edu.cu](mailto:mayarada@uo.edu.cu)

Dra. C. Alina González Marañón, [agm@uo.edu.cu](mailto:agm@uo.edu.cu)

### QUÍMICA SOSTENIBLE, INORGÁNICA Y MATERIALES

Reacciones químicas de bajo impacto ambiental y alta economía atómica. Catálisis enantioselectiva. Química Supramolecular, Biomimética y Reconocimiento Molecular. Química Bioinorgánica y Organometálica. Química de los Materiales. Química Metalúrgica. Cristalografía. Aprovechamiento de materias primas renovables en procesos sintéticos.

Dra. C. Raquel Acosta Chávez, [oquesada@uo.edu.cu](mailto:oquesada@uo.edu.cu)

Dra. C. Omaid Quesada González, [oquesada@uo.edu.cu](mailto:oquesada@uo.edu.cu)

Dr. C. Armando Ferrer Serrano, [aferrer@uo.edu.cu](mailto:aferrer@uo.edu.cu)

Dr. C. Pedro Muné Bandera, [mune@uo.edu.cu](mailto:mune@uo.edu.cu)

### BIOTECNOLOGÍA

Tecnología Enzimática y desarrollo de biosensores. Genómica aplicada e ingeniería de proteínas. Obtención de metabolitos de interés para la nutrición y la salud. Producción de biocombustibles. Obtención de candidatos vacunales, inmunomarcadores, anticuerpos y adyuvantes farmacéuticos. Biotecnología Ambiental.

Dr. C. Humberto Morris Quevedo, [jquevedo@uo.edu.cu](mailto:jquevedo@uo.edu.cu)

Dra. C. Nora García Oduardo, [norag@uo.edu.cu](mailto:norag@uo.edu.cu)

Dra. C. Arelis Ábalos Rodríguez, [aabalos@uo.edu.cu](mailto:aabalos@uo.edu.cu)

## ENSEÑANZA E HISTORIA DE LA QUÍMICA

Metodologías en la enseñanza de la Química. Las TICs en la enseñanza de la Química. Diseño curricular. Historia de la Química.

Dra. C. Librada García Leyva [librada17@uo.edu.cu](mailto:librada17@uo.edu.cu)

MSc. Mayda Guerra Ortiz, [maydaguerra@uo.edu.cu](mailto:maydaguerra@uo.edu.cu)

## INGENIERÍA QUÍMICA

Ingeniería de las reacciones químicas, catálisis y cinética. Ingeniería de los procesos biotecnológicos. Flujo de fluidos y sistemas multifases. Tecnología y procesamiento de alimentos. Procesos de separación y equipamiento. Análisis y diseño de procesos químicos bajo incertidumbre. Desarrollo de fases procesos e integración. Producción de biofuel. Procesos agroquímicos. Equilibrio de y propiedades de fluidos. Preformulaciones farmacéuticas y estudios de formulación. Estudios de estabilidad de formas farmacéuticas. Control estadístico de la calidad (procesos y equipamiento).

Dra. C. Yudith González Díaz [yudith@uo.edu.cu](mailto:yudith@uo.edu.cu)

Dra. C. Dania del Toro Álvarez, [daniadt@uo.edu.cu](mailto:daniadt@uo.edu.cu)

## FECHAS IMPORTANTES

**25 de septiembre, 2020**

Fecha tope para recibir inscripciones y resúmenes

**15 de octubre, 2020**

Notificación de aceptación de los resúmenes

## PUBLICACIÓN DE ARTÍCULOS

Si tiene interés en publicar sus resultados en la "Revista Cubana de Química" o "Revista Tecnología Química", ambas indexadas en la base SciELO, debe seguir las instrucciones a los autores de las mismas y enviar el artículo a los coordinadores para su revisión y aprobación.

"Revista Cubana de Química" <https://revistas.uo.edu.cu/index.php/cq/index> enviar a la Dra. Omaida Quesada González ([oquesada@uo.edu.cu](mailto:oquesada@uo.edu.cu))

Revista "Tecnología Química" <http://ojs.uo.edu.cu/index.php/tq/index> enviar a la Ing. Romelia Hing Cortón ([romelia@uo.edu.cu](mailto:romelia@uo.edu.cu))

Fecha tope para recibir artículos completos: **25 de septiembre, 2020**



## Planilla de Inscripción 23 Conferencia de Química

### DATOS PERSONALES

**El llenado de los campos marcados en asterisco es obligatorio.**

<b>*Nombre:</b>	
<b>Profesión/Título:</b>	
<b>*Institución:</b>	
<b>*Ciudad:</b>	<b>*País:</b>
<b>*Email:</b>	<b>Fax-Teléfono:</b>

### **\*DESEO PRESENTAR EL (los) TRABAJO (s) (hasta 3)**

<b>Título_1:</b>				
Conferencia Plenaria	Conferencia en comisión	Presentación oral	Cartel	En la comisión (ID)
<b>Título_2:</b>				
Conferencia Plenaria	Conferencia en comisión	Presentación oral	Cartel	En la comisión (ID)
<b>Título_3:</b>				
Conferencia Plenaria	Conferencia en comisión	Presentación oral	Cartel	En la comisión (ID)

### **Relación de Comisiones:**

ID	Comisión	ID	Comisión
1	QUÍMICA ORGÁNICA Y MEDICINAL	5	BIOTECNOLOGÍA
2	QUÍMICA FÍSICA Y COMPUTACIONAL	6	ENSEÑANZA E HISTORIA DE LA QUÍMICA
3	QUÍMICA ANALÍTICA, MEDIOAMBIENTAL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD.	7	INGENIERÍA QUÍMICA
4	QUÍMICA SOSTENIBLE, INORGÁNICA Y MATERIALES		

Nota: El Comité Científico del evento aceptará o no el (los) trabajo(s) y se reserva el derecho de decidir la comisión y la forma en que se presentará(n).

## RESUMEN

### TÍTULO

(El título deberá resumir el resultado principal del trabajo y no exceder 15 palabras. Formato Times New Roman, Negrita, centrado y 12 de tamaño).

(A partir de aquí todo estará justificado, tamaño de letra Times New Roman, 1 de interlineado y 12 puntos.).

**Nombre y Apellidos<sup>1</sup>, Nombre y Apellidos<sup>2</sup>, ...**

<sup>1</sup>Institución de Procedencia, País; <sup>2</sup>Institución de Procedencia, País; ...

<sup>1</sup>E-mail:

### Resumen

El resumen deberá ser monolítico (un solo párrafo). Se aceptan resúmenes en español, inglés o portugués, escrito en tamaño de página A4, con letra Times New Roman 12, a un espacio, justificado y que no supere las 400 palabras. Debe contener la siguiente información: objetivos, métodos empleados, principales resultados y conclusiones. El título en letras mayúsculas y centrado, deberá resumir el resultado principal del trabajo y no exceder 15 palabras. Autores (Nombres y apellidos del primer autor)<sup>1</sup>, (Nombres y apellidos del segundo autor)<sup>2</sup>. Institución de procedencia y país del autor y coautores; correo electrónico del primer autor para el contacto (<sup>1</sup>Institución de Procedencia, País; <sup>2</sup>Institución de Procedencia, País; <sup>1</sup>E-mail:). Los resúmenes aceptados quedarán recopilados en las Memorias del evento.

**Palabras Clave:** Hasta un máximo de cinco palabras o frases. Deberán escribirse con letra inicial mayúscula cada palabra y estar separadas por punto y coma.

Categoría: Presentación oral o Cartel

**Dra. Margarita Suárez Navarro**

**Departamento de Química Orgánica,  
Facultad de Química,  
Universidad de La Habana**

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

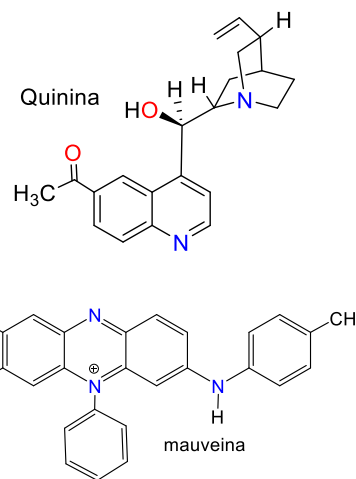


**que se han descubierto muchos productos químicos por casualidad?**

Un descubrimiento fortuito dio inicio a la era de los colorantes sintéticos. W.H. Perkin (Figura 1) estaba buscando sintetizar la quinina (un medicamento eficaz contra la malaria) pero obtuvo un residuo sólido oscuro que al ser disuelto en alcohol presentaba una tonalidad púrpura y que teñía la lana y la seda. Con solo 18 años patentó la idea y montó una empresa para explotar su tinte, conocido como púrpura de Perkin, malva o mauveína (Figura 2), primer colorante químico orgánico sintético, obteniendo grandes ganancias. Posteriormente sintetizó otros tintes y perfumes y cuando tenía 36 años vendió la empresa y dedicó el resto de su vida a la investigación en Química Orgánica.



*Figura 1: W.H. Perkin (1838-1907)*



*Figura 2: Estructuras químicas de la quinina y la mauveína*

**...por qué la lejía quita las manchas de la ropa blanca?**

Una mancha se ve porque su color y el del fondo son distintos. Sus electrones absorben energía lumínica de algunas frecuencias y reflejan las demás, que son las que llegan a nuestros ojos y nos informan sobre el color de la mancha. En las moléculas de un objeto blanco los electrones ya se encuentran en el máximo nivel energético, no absorben energía y reflejan todas las frecuencias de la luz solar, las



moléculas de la mancha pueden todavía absorber energía y reflejar algunas frecuencias que son las que percibimos. La lejía funciona oxidando esos electrones, con lo que ya no están disponibles para absorber energía, con lo que rebotan todas las radiaciones visibles y la prenda se muestra blanca a nuestros ojos. Las lejías líquidas tradicionales son disoluciones de hipoclorito de sodio (NaClO) en agua, al 5,25%. Es una sustancia que se “come” el color y blanquea una mancha cualquiera que sea su composición química. En un principio con este nombre se conocía a una solución alcalina que se obtenía de la ceniza de la madera, aunque el término 'lejía' se aplica a otras disoluciones fuertemente alcalinas, como los hidróxidos de sodio y potasio.

### ...qué son los octanos de las gasolinas?

Cuando se quema la gasolina en el interior del cilindro del motor, la explosión debe ser tal que empuje al pistón de forma suave y continua. Si la combustión es demasiado rápida se produce una detonación, que hace que el pistón reciba un golpe brusco y se reduzca la eficiencia del motor. El índice de octano de una gasolina es una medida de su capacidad antidetonante. Las gasolinas que tienen un alto índice de octano producen una combustión más suave y efectiva. El índice de octano de una gasolina es la unidad que mide la resistencia a la explosión de un carburante. Se obtiene por comparación del poder detonante de la misma con el de una mezcla de los hidrocarburos iso-octano y heptano (Figura 3). Al iso-octano (con 8 carbonos) se le asigna un poder antidetonante de 100 y al heptano (con 7 carbonos) de 0. Una gasolina de 97 octanos se comporta como una mezcla que contiene el 97% de iso-octano y el 3% de heptano.

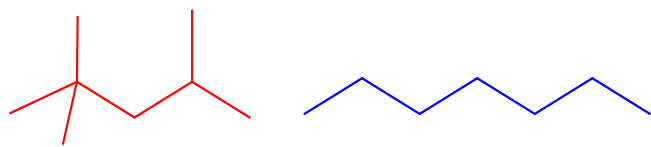


Figura 3: Estructuras químicas del iso-octano y el heptano

### ...qué son los Omega-3?

Con este nombre se conocen los ácidos grasos que presentan dobles enlaces entre algunos de los carbonos de la cadena. Uno de ellos es el ácido linolénico (Figura 4), con 18 átomos de carbono y 2 dobles enlaces.

Estos ácidos se consideran esenciales para el organismo humano, ya que no podemos sintetizarlos y hemos de incluirlos en la dieta. Otros ácidos grasos omega-3 de interés nutricional son el eicosapentanoico (EPA: con 20 carbonos y 5 dobles enlaces) y el docosahexanoico (DHA: con 22 carbonos y 6 dobles enlaces). Para que su efecto sea más favorable, ambos tipos de ácidos grasos esenciales deben ingerirse en proporciones relativas semejantes. Abundan en pescados azules.

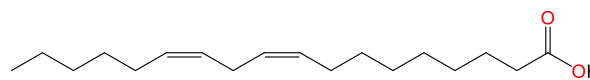


Figura 4: Estructura química del ácido linolénico.

### ...qué es el vidrio?

El vidrio ordinario se fabrica fundiendo una mezcla, en las proporciones adecuadas, de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) o sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) con piedra caliza ( $\text{CaCO}_3$ ) y arena ( $\text{SiO}_2$ ). La temperatura de fusión más frecuente es de  $1.300^\circ$  a  $1.400^\circ\text{C}$ , según con la composición con la que se trabaje. Cuando se ha desprendido todo el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el material viscoso y claro se vierte en moldes o se prensa en matrices. El vidrio no tiene una estructura ordenada o cristalina (aunque se le llame incorrectamente ‘cristal’), cosa que sucedería si se dejara enfriar muy lentamente, volviéndose opaco. Para evitarlo el vidrio se ‘recuece’ a temperatura algo inferior a la de reblandecimiento. Los vidrios de colores se obtienen incorporando a la masa de fusión óxidos metálicos: los de hierro y cromo dan vidrios verdes, los de cobalto y cobre azules, los de manganeso violeta o amatista. Entre los vidrios especiales es importante en química el vidrio borosilicato, resistente a los agentes químicos y con bajo coeficiente de dilatación, que se emplea en material

de laboratorio y de cocina y que lleva en su composición óxido de boro ( $B_2O_3$ ).

### ...qué tiene que ver el celuloide con la celulosa?

**E**l celuloide es un derivado de la celulosa. En 1850, Alexander Parkes encontró que al mezclar la nitrocelulosa (Figura 5) con alcanfor (Figura 6) se formaba una sustancia transparente, dura pero flexible que llamó *parkesine*. En 1868 Jonh W. Hyatt (1837-1920) adquirió la patente desarrollado el material al que llamó celuloide.

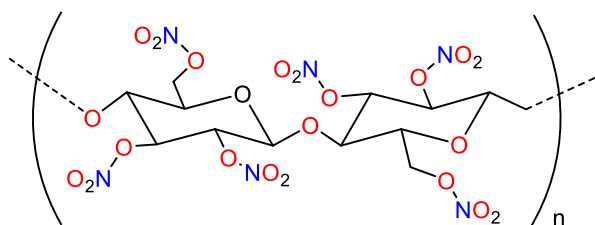


Figura 5: Nitrocelulosa

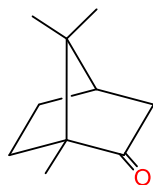


Figura 6: Alcanfor

La nitrocelulosa había sido descubierta por Schönbein en 1845 y resultó ser un potente explosivo, por lo que también se la conocía como ‘algodón pólvora’. El celuloide es un material termoplástico, transparente y flexible, que no es explosivo, aunque sí inflamable. Por eso a principios del siglo XX comenzó a sustituirse por acetato de celulosa, más seguro, aunque ‘celuloide’ y ‘película’ quedaron como sinónimos.

También la celulosa fue el punto de partida para las primeras fibras textiles no naturales, obtenidas mediante tratamiento químico. Charles Cross, Edward Bevan y Clayton Beadle trataron celulosa con disulfuro de carbono y álcali, obteniendo ‘viscosa’, que una vez presionada a través de unos orificios muy finos y pasada por un baño ácido, dio lugar al

rayón, fibra con propiedades muy parecidas a las de la seda. Si se pasa a través de una ranura da lugar al celofán.

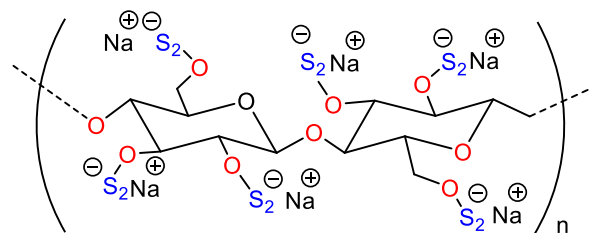
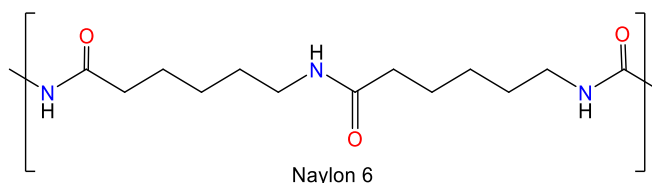


Figura 7: Viscosa

Más tarde Wallace Carothers (1896-1937), que trabajaba para DuPont, desarrolló un polímero artificial, el poliéster, al que siguió el nylon, una poli-amida que se empezó a comercializar en 1940 en la fabricación de medias. En la II Guerra Mundial, se utilizó para la confección de cuerdas y de paracaídas.



Nylon 6

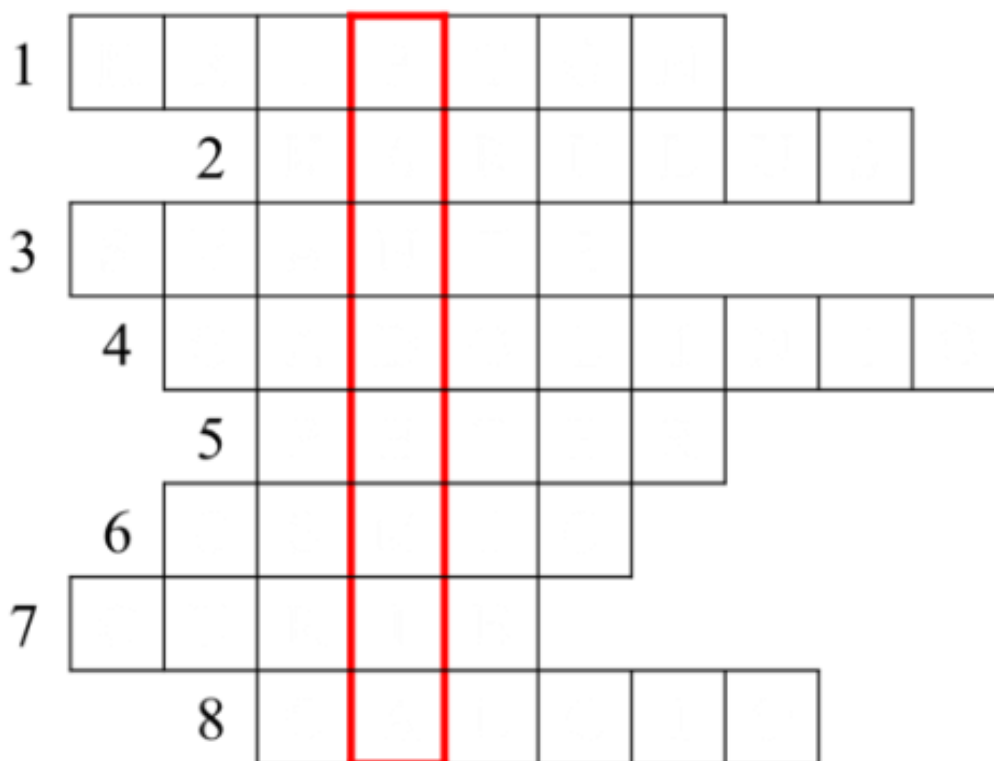
**Gabriel R. Guerrero Porras**

Estudiante de 5to año

Facultad de Química

Universidad de La Habana

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



- |   |   |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gas noble descubierto en 1898 y que propició la entrega del Premio Nobel en 1904.</li> <li>2. Apellido del Premio Nobel de Química y líder del programa de dinámica molecular CHARMM.</li> <li>3. Químico destacado por su contribución en el campo de la disociación electrolítica.</li> <li>4. Elemento más empleado en el desarrollo de agentes de contrastes para Resonancia Magnética de Imágenes.</li> <li>5. Nombre del galardonado con el Premio No-</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>bel de Química por sus descubrimientos acerca de los canales de agua en las membranas celulares.</li> <li>6. Elemento químico de la tabla periódica más denso (22,61 kg/L)</li> <li>7. Temperatura por encima de la cual las sustancias ferromagnéticas pierden su carácter ferromagnético.</li> <li>8. Elemento metálico cuya masa molar es el doble de su número atómico.</li> </ol> |
|---|---|

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

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

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

Con relación a las referencias bibliográficas, en el texto, los números deben aparecer como superíndices (por ejemplo, **García**<sup>1</sup>) y, si procede, después de las marcas de puntuación (por ejemplo, **Soto**,<sup>2</sup>). Los nombres de las revistas deben abreviarse de acuerdo al Chemical Abstracts Service Source Index (CASSI) [en caso de duda, consúltese: [www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html](http://www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html)] y deben seguir el estilo general siguiente:

### Artículos de revistas:

1. N. Martin, *Chem. Commun.* **2006**, 2093–2104.
2. V. Polshettiwar, R. S. Varma, *Chem. Soc. Rev.* **2008**, 37, 1546–1557.

### Libros:

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

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

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

