

ENCUENTRO CON LA QUÍMICA



UNA REVISTA DE LA SOCIEDAD CUBANA DE QUÍMICA

Volumen 1. Número 3



Encuentro con la Química

Volumen 1- Número 3

Septiembre-Diciembre 2015

Índice

FOTO PORTADA



Elaborada por



Javier Taboada
González

GRUPO EDITORIAL

Editora:

Prof. Dr. Margarita
Suárez Navarro

Colaborador:

Prof. Dr. Jorge Lodos

Composición y producción:

Msc. Aldrin Vasco Vidal

| | |
|---|----|
| Editorial | 1 |
| <i>Química, Ciencia y Sociedad</i> | |
| Derrotando a Algazel <i>Ernesto Estevez Rams</i> | 2 |
| Doctores Honoris Causa en Ciencias Químicas otorgados por la Universidad de La Habana <i>Margarita Suárez Navarro</i> | 8 |
| Resultados exitosos al aplicar una novedosa estrategia para convertir las investigaciones científicas de la Educación Superior en fuerzas productivas <i>Rubén Álvarez Brito</i> | 11 |
| Serendipia: ¿Descubrimientos casuales? <i>Margarita Suárez Navarro</i> | 16 |
| <i>Investigación en Química</i> | |
| ¿Una Química Nueva? <i>Roberto Cao Vázquez</i> | 23 |
| Agricultura, Plaguicidas y Medio Ambiente <i>Clara Nogueiras Lima</i> | 26 |
| Estudio fitoquímico y de actividad biológica de plantas de la familia <i>Agavaceae</i> que crecen en Cuba <i>José Orestes Guerra de León</i> | 30 |
| <i>Historia de la Química</i> | |
| La Química en el Cosmos: A 35 años del vuelo cubano-soviético <i>Jorge Tomás Lodos Fernández</i> | 34 |
| Universidad de La Habana. Química Intramuros. Parte II <i>Rebeca Vega Miche</i> | 37 |
| Emil Erlenmeyer, 190 años de su natalicio <i>Juan Jesús Piña Leyte-Vidal</i> | 44 |
| <i>Enseñanza de la Química</i> | |
| Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 2: La identificación y formulación de los problemas científicos <i>Manuel Álvarez Prieto</i> | 47 |

¡A debate!

¿Cómo podría manifestarse en la Producción y en la Investigación Química la "terciarización" del trabajo?

Jorge Tomás Lodos Fernández 51

Perfiles

Entrevista al Prof. Dr. Jorge Tomás Lodos Fernández 53

Tributo

Recordando a los profesores Luis Felipe Le Roy Gálvez y Arturo Amaral Rodríguez

Margarita Suárez Navarro 56

Nuestra Comunidad

Buena química entre dos vecinos cercanos

Yanira Méndez Gómez 58

Premio Sofía Kovalievskaia a la Prof. Dra. Margarita Suárez Navarro 60



Editorial

Con este tercer número del primer año de la revista *Encuentro con la Química* continuamos divulgando el quehacer de las químicas y los químicos en nuestro país.

En este número publicamos el artículo *Derrotando a Algazel* donde insistimos en la importancia de los valores de la ciencia.

También podrán leer artículos relacionados con importancia de la Química en la agricultura, en los estudios fitoquímicos y cuáles son los retos actuales de la investigación en química, los principios del trabajo científico y como la serendipia influye en algunos descubrimientos.

Aparecen artículos relacionados con la enseñanza y la historia de la química, otro que nos informa quienes son los doctores honoris causa otorgados por la Universidad de La Habana.

Recordamos el 35 aniversario del viaje conjunto cubano-soviético al cosmos donde también se hizo química.

Se mantienen las sesiones Tributo para recordar en este número a dos químicos analíticos cuyos aportes contribuyeron tanto a la docencia como la investigación en la antigua Escuela de Química y Perfiles con el objetivo de conocer aún más a nuestros químicos.

También damos algunas noticias sobre nuestra comunidad como por ejemplo el encuentro entre una delegación de la Sociedad Cubana de Química con la Sociedad Americana de Química en el 250th ACS National Meeting, realizado en Boston.

Insistimos en invitar a los profesionales relacionados con los distintos perfiles de la Química, a que nos envíen sus contribuciones para permitirnos divulgar sus trabajos. En este sentido queremos destacar la colaboración permanente de los Dres. Roberto Cao Vázquez, Jorge Lodos Fernández y Manuel Álvarez Prieto.

Deseamos nos remitan sus sugerencias, críticas y aprobaciones, para mejorar *Encuentro con la Química* que es una revista de todas y de todos.

Espero que disfruten de este material.

Margarita Suárez Navarro

Editora

Ernesto Estevez Rams

estevez@imre.oc.uh.cu

Facultad de Física. Departamento de Física Teórica. Universidad de La Habana

Físico nacido en La Habana en 1967 y graduado como licenciado en 1990. Profesor de Física de la Universidad de La Habana (1990), Dr. rer. tech. (1996) por la Universidad Técnica de Viena, miembro de la Comisión de Cristalografía Matemática y Teórica de la Unión Internacional de Cristalografía y miembro de la Sociedad Alemana de Cristalografía y la Sociedad Británica de Cristalografía, ha recibido varios premios entre ellos el de la TWAS-ACC a joven físico. Es Profesor titular de la Universidad de La Habana (2015).



En el periodo entre 800 DC y 1100 DC en el mundo árabe, que hoy gustamos denominar como *imperio árabe*, aunque en realidad no era un imperio monolítico con un único centro gobernante, como fue el caso de Roma, probablemente se hicieron más descubrimientos científicos que en toda las eras anteriores de la humanidad.

De toda la etapa que duró la prevalencia de ese imperio como el más grande en el euneme (mundo conocido) de la época, fue en ese periodo de 300 años que se hicieron los descubrimientos más grandes en su seno. Bagdad era el centro científico, artístico y literario del mundo eurocentrado. Es la época en que se sintetizó el conocimiento matemático precedente en el álgebra (de la palabra árabe *al-jabr*), donde nació la noción formal de *algoritmo* (del matemático árabe *Muhammad ibn Ahmad al-Khwarizmi*), donde el cero se explotó en las matemáticas como nunca antes y donde se estableció un sistema basado en números a los que hoy seguimos llamando arábigos. La mayoría de los cuerpos celestes tienen hoy nombres árabes, porque fue en esa época y en ese contexto que fueron catalogados y sus datos sistematizados. Como nunca antes civilización alguna había hecho, se tradujeron al idioma de sus habitantes de manera masiva los textos de todas las culturas accesibles a ellos por aquel

entonces. La cultura helénica tiene una deuda notable con el islam, porque mientras sus textos eran quemados y olvidados en una Europa de oscuridad intelectual, su refugio, de donde regresaron luego a la propia Europa, fue el mundo árabe. Muchos de los textos que hoy leemos de los filósofos y pensadores griegos no nos llegaron directamente de la Grecia antigua, sino que son en realidad traducciones de textos árabes donde fueron preservados por centurias.

Después de esa tremenda hazaña, que en el lapso de unas pocas centurias, transformó una región de nómadas en el centro cultural de la humanidad, la sociedad árabe se estancó.

Al margen de otras consideraciones socioeconómicas, quiero detenerme en Abu Hamid Al-Ghazali, teólogo y filósofo musulmán. Algazel, como fue conocido en el mundo europeo, es considerado el musulmán más influyente en el Islam después de Mahoma. Para Algazel no habían relaciones causales sino sólo la voluntad de dios y por tanto estudiar tales relaciones causales era no sólo una pérdida de tiempo, sino una herejía. Algazel condenó a la matemática como un invento del diablo. Su influencia es tal que muchos de las doctrinas más retrógradas del Islam actual pueden ser rastreadas hasta sus escritos. Algazel se opuso teológicamente al llamado neoplatonismo árabe de manera tan contumaz, que el islamismo jamás

recuperó la racionalidad que le había permitido tantos avances científicos en tan poco tiempo.

Cuando en Cuba triunfó la Revolución, en el transcurso de unos pocos años, se hicieron transformaciones sociales y legales que cambiaron al país como cincuenta años anteriores de república y siglos de colonialismo no habían hecho. En el plano de la cultura y la ciencia se comenzó con una campaña de alfabetización que sentó las bases para llenar al país de escuelas, en toda su geografía. En las universidades, que en buena medida eran centros donde los remanentes de la escolástica se colaban escondidos bajo diversos ropajes y la enseñanza de la ciencia tenía, en el mejor de los casos, un atraso de décadas, cuando no brillaba por su ausencia se introdujo lo más avanzado del pensamiento científico en las ciencias naturales, técnicas, agropecuarias, sociales. Se tradujeron de golpe cientos de libros de lo más avanzado de la literatura científica en el mundo. Se crearon centros de investigación, se enviaron a los jóvenes a estudiar a universidades líderes del mundo. Se invitaron a nuestros claustros a profesores de todo el mundo.

Los frutos de esa revolución educacional y académica se recogieron a partir de los años setenta. En el terreno de las ciencias vivas, Cuba se posicionó como ningún país del tercer mundo. Alimentándose de una tradición médica ancestral, se construyó un sistema científico alrededor de la medicina y la biofarmacéutica sencillamente sin parangón.

Frente al avance de la ciencia, la superstición y las prácticas místicas retrocedieron de manera marcada y con ello, prejuicios ancestrales asociadas a tales prácticas, algunas denigratorias del ser humano. La racionalidad científica sustentó medidas de progreso social en el campo de la erradicación de la discriminación racial y de género. Sustentó la legalización del aborto y el derecho de la mujer a decidir su calidad y destino reproductivo. Acorraló argumentalmente las pseudodoctrinas de superioridad racial. Y sobre todo, representó un pilar importante en la

conquista de una identidad nacional sin complejos de inferioridad colonial así como seguridad y confianza en nuestras fuerzas y capacidades para conquistar el cielo, ya fuera por asalto o por sitio prolongado.

Después hemos perdido una buena parte de ese impulso.

Cuando se lee una resolución como la del MINSAP (RM 381/2015) que oficializa prácticas místicas y anticientíficas uno no puede menos que asombrarse. ¿Cómo es que llegamos a un punto como este? Acostumbrado a una sociedad que ha intentado, con éxito parcial pero innegable, basar su estructura social y su desarrollo en pilares de racionalidad, incluyendo el materialismo histórico y la dialéctica materialista, he tratado, después del primer impulso de desazón, de entender más que condenar.

¿Cómo es que, pasados casi sesenta años, una institución del estado, cuyo desempeño, como ninguna otra, tiene basamento en la tradición científica más vieja del país, oficialice nociones precientíficas y anticientíficas, incorpore prácticas desprestigiadas por la ciencia y lo haga, a la sombra de la defensa de una supuesta alternativa efectiva y barata? ¿Cómo es que lo ha hecho, amparada en el silencio de instituciones científicas y académicas que prefieren mirar a otro lado? ¿Cómo es que lo hacen defendidas por pretendidas actualizaciones filosóficas que, a falta de mejor argumento, acusan de positivistas a sus críticos y teatralizan supuestas sorpresas por el hecho de haya científicos y ciudadanos que, se niegan a validar tales disparates? En realidad, la sorpresa genuina debería ser que a la altura del siglo XXI, se pretendan validar nociones precientíficas del siglo XVIII y XIX, cuando no sabíamos que las células existían, no sabíamos que las bacterias y virus eran y son responsables de una buena parte de las epidemias que azotaban (y azotan) a la humanidad, no sabíamos que los átomos constituían todas las sustancias, no sabíamos que la evolución era el motor del desarrollo de lo

vivo, no sabíamos que el ADN codifica nuestra realidad biológica, no sabíamos que en un mol de sustancia hay un uno con 21 ceros átomos, no sabíamos que el enlace químico explica muchos procesos de la naturaleza y un largo etc. La sorpresa debería producirla que se intente validar hoy prácticas basadas en nociones como el vitalismo (algo tan superado como pensar que el éter es el medio por donde viaja la luz), los miasmas, la inspiración divina, y se hable de canales de energía como en la época en que se creía que el calor era un fluido tangible y material y los átomos un invento de Epicuro.

Ya deberíamos ser lo suficientemente maduros, después de medio siglo de práctica revolucionaria en el poder, para no aceptar como alternativa a la mundialización capitalista homogenizadora y esterilizadora de las diferencias, un retorno a la práctica de todo tipo de supersticiones, a visiones ancestrales ingenuas e hijas de su tiempo, un retorno a anacronismos, a místicas religiosas originarias y atractivas, a filosofías orientales idealistas y subjetivas. Reconocerlas en su valor antihegemónico y defender el valor esencial de preservarlas como parte del acervo cultural de la humanidad, no implica adoptar como válido un relativismo posmoderno, de acrítica homologación igualitaria.

La relativización posmoderna no pone las cosas en su lugar relativo, sino que pretende derrumbar por completo el edificio de la razón y levantar en su lugar un amasijo “de carne con madera”. No olvidemos, ni por un instante, que la razón ilustrada es también parte esencial e imprescindible del acervo cultural de la humanidad. Y una parte que puso al ser humano como centro, en contraposición a la preponderancia religiosa que ocultaba detrás de un manto de divinidad una relación de poder clasista. La misma preponderancia religiosa que dominaba a Occidente, que a Oriente, que a la Mesoamérica. El afán emancipador del ser humano es hijo directo de esa apelación a la razón como máxima del actuar transformador.

El marxismo, es hijo privilegiado de esa revolución de la razón.

Hoy, las visiones originarias aportan junto a otras fuentes, la necesaria modestia para que comprendamos que el ser humano no es centro, sino parte de un universo real, objetivo y material, mucho más complejo de, como dijera un científico, lo que podamos creer, de lo que podamos llegar a creer. En ese sentido ponen límite al optimismo ingenuo del positivismo con su visión lineal del desarrollo. Pero eso no puede llevarnos a adoptar como verdades transformadoras las visiones místico-religiosas de esas culturas.

La respuesta a la prácticas abusadoras de la industria farmacéutica capitalista no es un retorno a todas las visiones surgidas en una época precientífica, visiones que creían que el trueno era la ira de una divinidad, el mundo era la manifestación del combate de dos fuerzas opuestas y el sacrificio humano aplacaba la sed de sangre de los dioses.

Una de las conquistas epistemológicas de la razón es que cada argumento debe ser defendido por sí mismo y en función de sus propios méritos. Algunas de estas prácticas sanadoras con aura de “new age” descansan en esa visión de retorno a una supuesta “pureza” de la época precientífica, cuando el ser humano era más vulnerable al avatar de la naturaleza desconocida lo cual se troca en una supuesta mayor cercanía al ser “natural”. Cuando terminemos de discutir el reduccionismo cartesiano y lo terrible que ha sido, debemos volver al hecho concreto y documentado de que el fundador de la terapia floral decía que su método de cura era dado por una divinidad y por tanto incuestionable. Y que un remedio homeopático es sólo agua o alcohol, basado en la creencia de su fundador de que las sustancias tenían algo vital dado vaya usted a saber por quién. ¿Consideraremos eso un método justificado para llegar a un tratamiento médico efectivo?

Esta nueva moda de posición filosófica “retro” nos quiere hacer aceptar que la ciencia es tan incapaz como cualquier otro de dar respuestas prácticas a problemas tanto de la cotidianeidad humana como de su trascendencia. Por eso defienden a capa y espada que tan válido como tratamiento terapéutico, una cucharada de un fármaco fruto de la ciencia moderna, como la dilución hasta al absurdo de alguna sustancia caprichosamente escogida y donde sólo queda agua. La primera está basada en una comprensión (históricamente y temporalmente condicionada pero) profunda de los mecanismos celulares, del papel de los virus, de los acoples a nivel proteico, de los mecanismos de accionar del ADN y el ARN, en fin, de lo que hemos alcanzado a entender a partir de la microbiología y la química supramolecular. El segundo nos habla de una aproximación “holística” cuyos cultores son incapaces de definir, de “impregnaciones” que nadie entiende, de “energías” que no logran medir, de “geometrías moleculares” que no se ven.

Resulta irónico entonces que quien resulte acusada de positivista sea la posición que defiende a la racionalidad dialéctica, a la vez que se oculta toda la carga de subjetivismo retrógrado y místico que late detrás de la acusación.

El carácter universal del ser humano lo atestigua de manera aterradora la muerte en masa de la población autóctona del nuevo mundo cuando entró en contacto con las bacterias y virus que trajeron los colonizadores. El carácter universal del método científico lo demuestra, de manera dramática, la caída abrupta de la mortalidad cuando en China se introdujo de manera social el uso de las vacunas y los antibióticos. Negarle el carácter universal al método científico, parapetado detrás de argumentos culturales, es absurdo de cara a la tozuda realidad. De cualquier modo, en el pensamiento *poscolonial* o *descolonial*, tan de moda en algunos círculos filosóficos, no es otra cosa que intentar legitimar saberes ancestrales

no por su propio mérito sino porque estos saberes, fueron víctima de genocidios coloniales. Con ello no sólo se decide ignorar el carácter desigual de las sociedades que fueron masacradas criminalmente, sino que se oculta el carácter profundamente clasista que permeaba epistemológicamente esas maneras de adquirir conocimiento y sus hermenéuticas excluyentes.

A partir de premisas falsas, se construye un discurso donde la sabiduría de esos pueblos es vista al margen de la historia y del análisis de contextos, son sabidurías “universales” y “atemporales”, fuentes inagotables de honduras que el pensamiento occidental es incapaz de comprender.

No hay aspecto de la realidad objetiva, que no sea abordable por el método científico. La respuesta a la globalización neoliberal y su pretensión homogeneizadora, no es darle la espalda a la universalidad del método científico y erigir falsas confrontaciones culturales en el espacio de la adquisición y legitimación del conocimiento. Es incorporar todos los saberes, con independencia de la fuente originaria, de las hipótesis y las vías en que creció y maduró, al rigor epistemológico de la ciencia, vista esta última, como un organismo dialéctico capaz de incorporar nuevas ontologías y epistemologías que no deshagan lo conseguido ni renuncien al camino andado.

Con demasiada frecuencia se arguye, que prácticas tales como la homeopatía y la terapia floral, son más humanas porque ven al enfermo y no a la enfermedad. En ese sentido, se pretende ubicarlas en un peldaño éticamente superior a lo que llaman medicina alopática. Tal razonamiento vuelve a perder la esencia frente a las apariencias. Primero, las prácticas comerciales deshumanizantes de la medicina y la farmacéutica en el capitalismo (seamos honestos) afectan por igual a unas y otras. El capitalismo no deja títere con cabeza. La homeopatía, por ejemplo, es un negocio transnacional que sólo en EE.UU se estima que mueve anualmente cifras superiores a los 3000

millones de dólares. A bolina con la idea de que estas prácticas son anti hegemónicas. Pero, y más importante aún, ¿hay acaso algo más brutal y éticamente condenable que no tratar la causa real de una enfermedad, prometiendo curas a base de agua o alcohol puro?, ¿hay acaso algo más condenable que consolar al paciente con el milagro de devolverle un “balance energético” que ni el mismo practicante de la “holística” puede definir sin apelar a una monserga semimística, mientras la bacteria que le enferma campea por sus respetos dentro de su organismo? ¿y hay acaso algo más inhumano que decirle a alguien que ya está vacunado contra la leptospirosis, inmunizado contra el cólera, o protegido contra la gripe, porque se le han puesto bajo la lengua unas gotas de agua o alcohol puro? Las seudoterapias basadas en la homeopatía, la terapia floral o procedimientos similares son injustificables desde todo punto de vista, pero en primer lugar desde una perspectiva ética.

La línea divisoria en cuanto a la práctica homeopática es si aceptamos o no que el agua y el alcohol, o su mezcla, en gotas dosificadas, cura y vacuna. Porque lo que nadie puede negar es que en la solución homeopática sólo queda agua o alcohol. Si aceptamos la homeopatía como válida, estamos aceptando el valor quimérico del agua o el alcohol como piedra filosofal de la curación.

De ahí solo hay un paso (ya cruzado por muchos) a justificar que el agua bendita tiene poder curativo en virtud de un esencia intangible (y divina) que le imprime el sacerdote de turno o, lo mismo sea dicho, del vino transmutado en bodegas catedralicias. Es una línea muy fina la que estamos recorriendo aquí por pensar que podemos ser selectivos a la hora de decidir dónde se aplica el método científico y dónde no. Al fin y al cabo, si se trata de invocar la base testimonial como validador, los poderes sanadores del agua bendita están mucho más documentados, por los siglos de prácticas, que el de la homeopatía o la terapia floral. Además de

resultar mucho más tradicional al estar asentado en la misma base histórica de la cultura occidental.

Algazel hoy pasea entre nosotros.

Del argumento absurdo de que la ciencia y los científicos no aceptan lo que no entienden, usado como una descalificativo que exonere de argumentar sobre la cosa en sí, habría que hablar poco. Aquí otra vez se cuelgan de una hebra muy fina. Aun si nos atenemos a una visión reduccionista como la de los paradigmas de Kuhn, que sería lo que más vendría al caso, corren el peligro cierto de que todo este tejemaneje superficial de ideas se les vuelva en contra. Al fin y al cabo, aquí no se trata de que la ciencia actual se niega a renunciar a un paradigma y abrazar uno más abarcador que incluye a estas prácticas pseudocientíficas. Más bien, se trata de la negativa de la ciencia moderna a regresar a un paradigma ya superado hace mucho tiempo, y que se basaba en nociones que desconocían la existencia de las células y los microorganismos. Abrazar tal paradigma no es un salto hacia adelante, es más bien una cabriola hacia atrás que nos quieren imponer tras sensacionales efectos de humo.

Aquí nos encontramos con un fenómeno similar al que vivimos con la crisis educativa que hoy enfrentamos en el país. Durante años se advirtió, por agentes individuales, que íbamos por malos caminos frente a lo cual se hizo silencio hasta que el desastre había escalado a proporciones épicas para entonces actuar. ¿Esperaremos a que aquí también el desatino alcance proporciones épicas para actuar? Ciertamente, por esta línea de negación de la ciencia y aquiescencia con las prácticas místicas y la renuncia al rigor regulatorio, ya estamos en una crisis, sólo falta por ver si se esperará a las proporciones épicas para actuar.

Al principio de la Revolución traducíamos a Jackson, a Landau, a Dirac, a Einstein, a Kolmogorov. Hoy hacemos congresos de

energía piramidal, invitamos a chamanes a darnos cursos de bioenergética cósmica y sanación cuántica, y en libros de textos de nuestras universidades médicas leemos monsergas místicas del yin y el yan, los riñones del cielo y las energías del universo.

Algazel hoy pasea entre nosotros.

Hoy centros de investigación que se suponen sean de avanzada en el área farmacéutico del país, investigan, defiendan y producen "remedios" basados en la mística de Bach y el vitalismo de Hahnemann mientras se barre bajo la alfombra el origen y fundamento místico de estas prácticas.

Por eso es que aquí hay mucho más en juego que una terapia basada en agua.

Aquí está en juego si nuestra sociedad revolucionaria consolida lo andado y se proyecta, fiel a sus comienzos, por avanzar en la racionalidad emancipadora del ser humano, o comienza un declive que no durará tanto como el del imperio árabe.

Si aceptamos que nuestra medicina le abra la puerta a la irracionalidad mística, new age o como quiera llamársele, estaremos aceptando que mañana el ministerio de transporte, acepte destinar recursos a la elaboración del motor de eficiencia mayor que uno; que el ministerio de minas y energía patrocine móviles perpetuos; que el Partido, apoye el subjetivismo idealista; que enseñemos creacionismo en nuestras escuelas. Estaremos aceptando que se renuncie a la única visión capaz de salvarnos y hacernos vencer, la racionalidad crítica y dialécticamente negadora.

Se trata de si le damos la cara a la realidad, entendemos por qué hemos llegado hasta aquí y retomamos el camino de racionalidad dialéctica que nos llevó a realizar una revolución educacional sobre la base del pensamiento científico más avanzado. En ese sentido, lo que se dirime es mucho más trascendente: es recuperar la confianza práctica y teórica de qué hacer y hacerlo bien. Es superar ese refugio en localismos culturales, idiosincrasias intrascendentes, nacionalismos infantiloides, modas posmodernistas paralizantes, relativismos filosóficos estériles, depresiones ideológicas sumergidas. Es desembarazarnos de esa pérdida momentánea de la razón y salir con el optimismo renovado y renovante de que somos portadores de una sociedad más justa que la humanidad necesita, y que constituye, una meta racionalmente fundada. Después de todo, el posmodernismo puede intentar relativizar la verdad pero no logra relativizar la razón, y la razón es nuestra.

Demos batalla por la razón revolucionariamente transformadora y derrotemos a Algazel.

Doctores Honoris Causa en Ciencias Químicas otorgados por la Universidad de La Habana

Química, Ciencia
y Sociedad

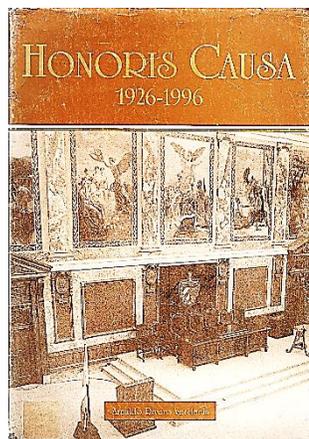
Por Margarita Suárez Navarro (Editora)

El doctorado *honoris causa* es un título honorífico que da una universidad a personas eminentes. Esta designación se otorga principalmente a personalidades que se han destacado en determinadas esferas profesionales

Honoris causa (h.c.) es una expresión latina cuyo significado es «*por causa de honor*», “una cualidad que conduce a la persona que lo recibe, al cumplimiento de sus deberes, respeto a sus semejantes y a sí mismo”.

Para su designación se puede utilizar la abreviatura "Dr. h. c.". En caso de que se posea un título de doctorado académico se podrá utilizar: "Dr. Dr. h. c.".

En 1996 el Dr. Arnaldo Rivero Verdecia publicó el libro *Honoris Causa (1926-1996)*, que recoge la documentación de los otorgamientos realizados por la Universidad de La Habana desde 1926 hasta 1996.



Portada del libro *Honoris Causa (1926-1996)*, escrito por el Dr. Rivero Verdecia, publicado por la Editorial Felix Varela en 1996

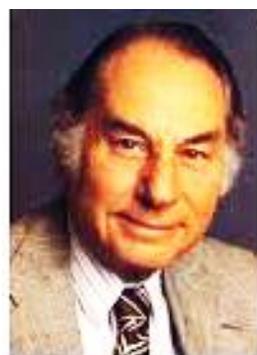
Hasta esa fecha no se había otorgado el título de Dr. h. c. en Ciencias Químicas, esto se hace por primera vez en el 2004 cuando se le entrega al Dr. Ernest Eliel y posteriormente en 2012, que se le concede al Dr. Nazario Martín León

Próximamente saldrá publicado un nuevo libro del Prof. Verdecia que reúne toda la información relacionada con los galardonados

por la Universidad de La Habana partir del 1997, incluyendo los discursos de elogio y los de agradecimiento ofrecidos por los laureados.

Los Dr. h. c. en Química fueron propuestos por la Facultad de Química tomando en consideración los méritos de los candidatos y la colaboración que han ofrecido a la Universidad de La Habana y particularmente a la Facultad de Química.

Ernest Ludwig Eliel, nació en Alemania en 1921 y murió en Estados Unidos en el 2008. Químico de profesión y especializado en Química Orgánica.



Dr. Ernest Eliel

De origen judío tuvo que abandonar Alemania en 1938, durante la etapa del nazismo. Primeramente se radicó en Escocia, y a continuación en Canadá. Llegó a Cuba en 1941 estudiando en la Universidad de La Habana entre 1941 y 1946, graduándose de Doctor en Ciencias Físico-Químicas, con calificación de sobresaliente.

Posteriormente viajó a los Estados Unidos y comenzó a impartir clases en la Universidad de Notre Dame en 1948 y a partir de 1972 desarrollo su trabajo en la Universidad de Carolina del Norte. Se convirtió en un químico de prestigio y en 1992 fue electo Presidente de la Sociedad Americana de Química (ACS).

Su investigación estuvo centrada en la estereoquímica y el análisis conformacional de

moléculas orgánicas flexibles, incluyendo derivados del ciclohexano y anillos de heterociclos saturados, utilizando espectroscopia de resonancia magnética nuclear. Publicó dos libros sobre esta materia que aún mantienen su vigencia: Eliel, E. L. "Stereochemistry of Carbon Compounds", McGrawHill: New York, 1962 y Eliel, E. L.; Wilen, S. H. "Stereochemistry of Organic Compounds", Wiley: New York, 1994.

Durante su larga carrera recibió varios reconocimientos, entre ellos, la Medalla Priestley en 1997 que es el reconocimiento más importante que otorga la ACS, así como el Premio George C. Pimentel en Educación Química y el Premio Jefferson College Chemistry Teacher's Award, de la Universidad de Carolina del Norte. Las Universidades de Duke y Notre Dame le confirieron Doctorados *Honoris Causa* en 1983 y 1990, respectivamente.

Durante sus visitas a Cuba promovió activamente las relaciones científicas entre Cuba y Estados Unidos.

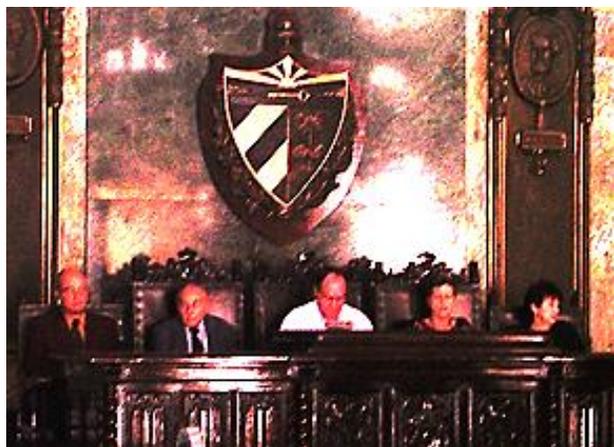
El 20 de Octubre de 2004 le fue entregado el título de Doctor Honoris Causa en Ciencias Químicas en el Aula Magna de la Universidad de La Habana.



Dr. Dr. *h. c.* en Ciencias Químicas Ernest Eliel ofreciendo su discurso de agradecimiento (Foto cortesía Dr. Luis Montero)

Nazario Martín León nació en Madrid en 1956. Se graduó en la Universidad Complutense de Madrid (UCM) donde obtuvo el grado de Doctor en 1984. Realizó su estancia postdoctoral en Tübingen (Alemania) en 1987-1988. En 1994, fue Profesor visitante en el Instituto de Polímeros y Sólidos Orgánicos (IPOS) de la Universidad de California en Santa Barbara (UCSB). Actualmente, es Catedrático de Química Orgánica en la UCM y Director Adjunto del Instituto IMDEA-Nanociencia de la Comunidad de Madrid. El Dr. Martín ha sido profesor visitante en las universidades de California en Los Ángeles (UCLA) y en las universidades de Angers y Estrasburgo (Francia) y es Profesor Invitado de la Universidad de La Habana desde 2002.

La investigación del Prof. Martín abarca diferentes tópicos con especial énfasis en la química de nanoestructuras de carbono tales como fullerenos, nanotubos de carbono y grafenos, cables moleculares, y moléculas electroactivas en el contexto de procesos de transferencia electrónica, aplicaciones fotovoltaicas y nanociencia. Ha publicado más de 500 artículos en revistas científicas (índice $h > 50$). El Prof. Martín ha sido nombrado Fellow de la Royal Society of Chemistry (UK) y es miembro de la Real Academia de Doctores de



Presidencia de la entrega del título de Dr. *h. c.* a Ernest Eliel. De izquierda a derecha, Dr. Alberto Nuñez, Dr. Ernest Eliel, Dr. Juan Vela, Dra. Leslie Yáñez, Dra. Cristina Díaz. (Foto cortesía Dr. Luis Montero).

España y ha sido ha sido Presidente de la Real Sociedad Española de Química (RSEQ) de 2006 a 2012.



Dr. Nazario Martí León

La labor investigadora del Prof. Martín ha sido ya reconocida con Premio Dupont de la Ciencia correspondiente al año 2007, la Medalla de oro y premio a la investigación de la RSEQ, el prestigioso Premio Rey Jaime I de Investigación Básica y la “EuCheMS Lecture Award” todos en 2012. También ha recibido el “Advanced Grant de la European Research Council” (ERC) en 2012. En 2013 recibió el Richard E. Smalley Award de la Electrochemical Society (EE UU) en 2013 el Alexander von Humboldt Award (Alemania). En el 2014 fue galardonado con el “Premio Miguel Catalán” de la Comunidad de Madrid, en reconocimiento a su destacada trayectoria en investigación científica y en 2015 ha sido elegido como Presidente de la Confederación de Sociedades Científicas de España-(COSCE).

El Dr. Martín ha demostrado especial solidaridad con la Facultad de Química, en particular con el Laboratorio de Síntesis Orgánica, manteniendo excelentes relaciones de colaboración en investigaciones desde hace ya más de 25 años. Con su ingente gestión ha propiciado la búsqueda de proyectos para la formación de especialistas jóvenes y la realización de trabajos de investigación de alto impacto.

El 8 de Octubre de 2012 le fue entregado el título de Doctor *Honoris Causa* en Ciencias Químicas en el Aula Magna de la Universidad de La Habana.



Presidencia de la entrega del título de Dr. *h. c.* a Nazario Martín. De izquierda a derecha, Dr. José M. Nieto, Dr. Nazario Martín, Dra. Leslie Yáñez, Dr. Estael Ochoa, Dra. Lourdes A. Díaz.



Dr. Dr. *h. c.* en Ciencias Químicas Nazario Martín ofreciendo su discurso de agradecimiento.



Dr. Nazario Martín mostrando el título que lo acredita como Dr. *h. c.* de la Universidad de La Habana. Lo acompaña la Dra. Margarita Suárez que realizó el elogio en el acto de investidura.

Resultados exitosos al aplicar una novedosa estrategia para convertir las investigaciones científicas de la Educación Superior en fuerzas productivas

Química, Ciencia
y Sociedad

Rubén Álvarez Brito

ruben@fq.uh.cu

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

Licenciado en Química (1968), Doctor en Ciencias Químicas (1984), Profesor Titular (1975), Académico Titular (2008). Posee más de 50 publicaciones y 8 patentes de invención. Autor principal de tres Registros Médicos en Cuba. Coautor del único Registro Médico genuinamente cubano en la Comunidad Europea. Autor de tres libros de texto. Presidente del Tribunal Nacional Permanente de Química (1987-2010). Desde 2010, vicepresidente de dicho tribunal. Director del Centro de Biomateriales de la Universidad de la Habana, Cuba (1992-2009). Actualmente es el Director Cátedra UNESCO de Biomateriales. Ha recibido premios en la universidad y la ACC. Posee la medalla Frank País de 1er. Grado (2008) y la Carlos J. Finlay (1999)



La creación del Centro de Biomateriales (BIOMAT), como entidad científico-productiva dentro de la Educación Superior siguiendo una estrategia muy propia para la selección y desarrollo de los temas de investigación, ha mostrado palmariamente lo acertada de la decisión. BIOMAT ha logrado hacer aportes al desarrollo de la Industria Médico-Farmacéutica expresados como productos terminados de alta demanda con un elevado valor agregado, sin grandes inversiones y contando con el capital humano de tres universidades, desde alumnos hasta doctores y profesores titulares. La experiencia acumulada demuestra que dentro de la Educación Superior es posible lograr el enlace entre Ciencia y Tecnología mediante la aplicación de la estrategia generada, desarrollando pequeñas producciones como garantía de la continuidad de la modernización sistemática de los procesos productivos a mayor escala. El quehacer científico del Centro de Biomateriales llenó un espacio que había quedado sin atención a nivel nacional cuando se orientó la política científica de atención a las investigaciones relacionadas con la práctica médica. Los biomateriales son en este momento

una fortaleza de la Educación Superior cubana con una potencialidad sin total explotación.

Introducción

Una de las primeras acciones de nuestro Gobierno desde el triunfo de la Revolución en 1959 fue poner al alcance de la población todas las manifestaciones de la cultura universal. El resultado de dicha política aplicada mediante grandes esfuerzos, comenzó rápidamente a concretarse, principalmente en la formación de un capital humano al nivel de semejantes del llamado Primer Mundo.

La Educación Superior cubana devino en plataforma base para la elevación cultural universitaria de la población, en particular en ciencia y tecnología donde no existía, salvo honrosas individualidades, una tradición como en el caso de la Medicina y algunas otras pocas esferas del conocimiento. Así, mediante planes masivos de becas e inversiones cuantiosas para un país pequeño, en la década de los setenta del pasado siglo, se disponía ya de colectivos de jóvenes valores preparados y dispuestos a llevar adelante la ubicación del país entre potencias con

siglos de tradición científica. La colaboración internacional, principalmente con países del entonces Campo Socialista, permitió la formación de doctores en las más disímiles especialidades, impulsando el crecimiento sistemático de la producción científica, expresada en artículos, tesis a todos los niveles, presentaciones en eventos, etc. Sin embargo, el diseño y aplicación de una política científica nacional que lograra encauzar el naciente quehacer científico-tecnológico en vertientes de interés económico y social, quedó pendiente. Los esfuerzos en ese sentido se limitaron con algunas excepciones, a agrupar el trabajo de los diferentes colectivos en programas y líneas, sin enrumbarlo hacia metas bien definidas mediante inversiones y apoyo económico, este último incluyendo la atención directa al joven capital humano.

Primera etapa

La primera orientación de gran alcance que incluyó directamente una política científica, fue sin duda la decisión de “Convertir a Cuba en una Potencia Médica” durante la década de los ochenta del pasado siglo. Esta orientación dimanada desde el más alto nivel político, se concretó en grandes inversiones tanto para modernizar y ampliar los recursos de la industria médico-farmacéutica, como en la creación del llamado Polo Científico del Oeste al cual la Educación Superior tuvo un destacado aporte. Las líneas de investigaciones de este complejo científico productivo fueron concebidas y establecidas para, ante todo, incorporar el país al novísimo movimiento científico mundial de atención a la biotecnología, entonces nueva y espectacular rama de la ciencia. Asimismo, las nuevas líneas de trabajo generadas fueron ampliadas con la inclusión del elemento “cerrar ciclo”, incorporando eslabones científico-productivos de peso y provocando en la práctica la desaparición de la clásica frontera entre Ciencia y Tecnología. De esta manera, el naciente Polo

Científico se adelantó conceptualmente al resto del país, al exhibir en su desarrollo y consolidación, una característica novedosa pero fundamental de la ciencia contemporánea, esta es, la unión indisoluble entre ambas direcciones del trabajo científico, para devenir en la ya reconocida TECNOCENCIA.

En pocos años, los avances en materia médico-farmacéutica superaron las expectativas, con resultados tangibles expresados en productos terminados, algunos de los cuales fueron felizmente introducidos con carácter competitivo en el mercado internacional del llamado Primer Mundo. Paralelamente, nació y se consolidó la cultura de la Calidad como Sistema, comparable a la de los grandes complejos científico-productivos de los países más desarrollados del orbe. No obstante, había quedado sin atención una de las direcciones de trabajo científico más importante de toda la industria médico-farmacéutica desde el punto de vista económico. La nueva Ciencia de los Biomateriales, reconocida con su propia personalidad en los países más desarrollados, había ganado una atención prioritaria en el Primer Mundo, sobrepasando inclusive otras esferas científico-productivas de alto impacto como la microelectrónica. El Primer Mundo estaba apostando con mucho al desarrollo de los biomateriales con las mayores inversiones estatales y privadas a fines de los ochenta del pasado siglo. La declaración del Ministro de Ciencias británico en 1990, *Today, we have identified four key new technology areas for Government investment. These technologies have the potential to boost the economy and improve quality of life. They are: Biomaterials, Sustainable energy, Nanotechnology and Mobile wireless*, es una prueba.

Reconociendo el punto débil que quedó en nuestro país en las inversiones realizadas, algunos profesores e investigadores de la Facultad de Química de la Universidad de la Habana, decidieron abandonar las líneas de investigaciones tradicionales hasta ese momento

atendidas, para comenzar a trabajar en la nueva ciencia de frontera, sacrificando el sistemático incremento curricular. La primera gran dificultad fue la ausencia de instalaciones productivas en el país capaces de asimilar las nuevas tecnologías a desarrollar para llegar al producto final. Por ello y teniendo en cuenta que una de las características más atractivas de los biomateriales es la satisfacción de grandes demandas con pequeñas cantidades de productos, se decidió incluir en todo el trabajo científico el eslabón productivo, desarrollando al mismo tiempo su control de la calidad. Consecuentemente, en la práctica resultó igualada la decisión tomada por el Polo Científico del Oeste de incluir el paso de “cerrar ciclo” en las investigaciones.

La iniciativa mencionada antes, trabajando dentro de la Educación Superior, encontró apoyo inmediato en algunos especialistas de ideas avanzadas, provenientes del Instituto Superior de Ciencias Médicas de La Habana, ISCMH, –hoy Universidad de Ciencias Médicas-, en particular de su Facultad de Estomatología. De manera espontánea se conformó un grupo multidisciplinario unido por la comunidad de intereses y en 1987 surgió como colectivo el Laboratorio de Materiales Sintéticos –LMS- dentro de la Facultad de Química de la Universidad de La Habana, pero contando con la participación directa de especialistas del ISCMH.

Segunda etapa

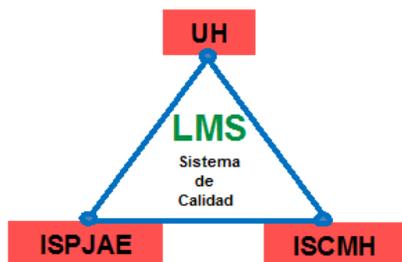
Los primeros resultados de la integración multidisciplinaria lograda, no se hicieron esperar. Se obtuvo un sellante dental de fosas y fisuras, denominado CUBRIDEM[®], cuya calidad y acción preventiva de la caries infantil, le permitió la obtención del correspondiente Registro Médico-Farmacéutico. El resultante impacto en la estomatología nacional tuvo eco en la prensa de la época, la cual destacó la necesidad de atención al pequeño grupo de trabajo y de paso, la extensión en la aplicación del producto. Una poderosa transnacional intentó su comercialización. Tres

años después, CUBRIDEM[®] obtuvo una Medalla de Oro a la Calidad en la Feria Internacional Salud Para Todos de 1991. Un segundo producto, el RETENDEN[®], fue obtenido y probado satisfactoriamente, algunos meses después del éxito obtenido con el CUBRIDEM.

Los resultados obtenidos por el LMS, sin haber recibido recursos extras, aparte de las escasas disponibilidades aportadas por la Universidad de La Habana, llamaron la atención de la Dirección del País que propuso crear un Centro de Investigaciones para los Biomateriales en el naciente Polo Científico del Oeste. Los dirigentes del LMS tomaron la aún hoy muy controvertida decisión de mantenerse dentro de la Educación Superior, valorando como más importante la contribución a la formación de las nuevas generaciones de profesionales, por cuanto los directivos científicos del LMS ejercieron siempre la docencia directa como profesores universitarios. Independientemente de la decisión tomada, la Dirección del país, asignó un financiamiento inicial como inversión y la dirección de la Universidad brindó un espacio para ubicar las instalaciones investigativo-productivas. Consecuencia de la atención que el Consejo de Estado comenzó a brindarle directamente a la Facultad de Química, fue la identificación oficial de varios Laboratorios de Investigaciones dirigidos e integrados por destacadas personalidades que durante años habían acumulado resultados de importancia científica y social. Surgieron el Laboratorio de Síntesis Orgánica –LSO-, el Laboratorio de Productos Naturales –LPN-, el Laboratorio de Antígenos Sintéticos –LAGS- y el Laboratorio de Bioinorgánica –LBI-, todos ellos con prestigio nacional e internacional. La asignación de recursos más importante fue la compra de un equipo de resonancia magnética nuclear que durante años brindó servicio a la Facultad y fuera de ella. El LMS, con su característica propia de “cerrar ciclo” fue reconocido como una Unidad de Ciencia y Técnica, actualizó y perfeccionó su objeto

social, pasó a subordinarse directamente a la Universidad y cambió su denominación por un nombre más acorde con su objeto social.

En 1992, nació el Centro de Biomateriales – BIOMAT- de la Universidad de La Habana reconocido también como una Unidad Docente por su sistemática y fuerte contribución a la docencia. En este período, especialistas del Instituto Superior Politécnico “José Antonio Echeverría”, ISPJAE se acercaron a BIOMAT para incorporarse como apoyo básico, complementando la actividad científica con la tecnología. BIOMAT comenzó a nutrirse directamente de tres Centros de Educación Superior, conformando un complejo científico productivo de alta eficiencia.



Aunque desde un principio la elección de los nuevos temas de trabajo investigativo en el LMS siguió de manera ortodoxa una idea clara, la madurez adquirida en el propio trabajo teórico y experimental unida al aporte inestimable de los ingenieros, permitió darle forma expresándola en una novedosa estrategia de selección de las líneas de investigación para BIOMAT. Esta estrategia está constituida por tres elementos básicos, a modo de condiciones necesarias a cumplir para aprobarse cualquier trabajo de investigaciones y conlleva tener como meta un producto (biomaterial) terminado. En orden de prioridad se relacionan a continuación.-

- 1) Necesidad social del producto terminado. Mercado seguro.
- 2) Rentabilidad del proceso. Mucho más económico producir que comprar en el exterior.

3) Seguridad en la salida productiva.

La aplicación de estos verdaderos principios para trazar desde su inicio el trabajo científico-tecnológico, envolvía un elemento consustancial no declarado explícitamente, el *control de la calidad* del proceso productivo. En rápida evolución y gracias a la iniciativa de un especialista de alto nivel, este elemento se transformó en una *cultura de la calidad*, que fue ganando terreno y espacio en todo el colectivo de BIOMAT. Dicha *cultura de la calidad* implicó un cambio de mentalidad, a semejanza de los investigadores del Polo Científico del Oeste e incluía la participación de todo el personal de la organización. Una consecuencia inmediata fue el aporte de especialistas de BIOMAT en la creación de uno de los dos organismos reguladores que norman y controlan en Cuba el otorgamiento de los Registros Médico-Farmacéuticos, el CECEM, encargado de los equipos médicos, categoría que incluye los biomateriales.

Tercera etapa

A partir del fortalecimiento de BIOMAT debido a la participación de especialistas de los tres Centros de Educación Superior más fuertes del país, los resultados superaron todas las expectativas. Se obtuvieron y comercializaron varios productos deficitarios de mucha demanda y alto valor agregado como el APAFILL-G® y el TISUACRYL®. Ambos biomateriales contribuyeron a modernizar el arsenal de cirujanos máxilo-faciales y ortopédicos. El TISUACRYL® comenzó a comercializarse en Europa, gracias a haber logrado el Registro Médico-Farmacéutico en la Comunidad Europea –Marca CE-, hasta ahora el único producto genuinamente cubano que lo ha logrado. Al mismo tiempo y como Unidad Docente, en BIOMAT se defendieron y defienden exitosamente muchos trabajos de curso, tesis de diploma, de maestría y doctorado, constituyendo

un puntal para la docencia y la formación política de las nuevas generaciones.

Un ejemplo del éxito del Centro de Biomateriales durante toda su existencia fue la identificación en 2007, quince años después de fundado y veinte acumulados desde el nacimiento del LMS, de dos de los tres productos de más impacto en toda la Educación Superior cubana para su comercialización, siendo el tercero un producto obtenido por una universidad. Este reconocimiento se agiganta cuando se compara el bajo nivel de la inversión realizada para BIOMAT con la dimensión de los resultados.

Volviendo al punto del acierto de la estrategia seguida para llevar la ciencia dentro de las universidades a fuerzas productivas, es procedente señalar que la misma fue asimilada por algunas instituciones extranjeras en Suramérica. En Uruguay por ejemplo, a partir de la conferencia brindada en el Forum IberoEka sobre el tema, varios especialistas solicitaron nuestra asesoría para ayudar a seleccionar temas de trabajo investigativo que respondieran a los intereses del país sin perder el carácter universitario. Otro tanto ocurrió en la Universidad Central de Colombia.

Hoy en día, el Centro de Biomateriales, es una institución consolidada, líder en el país en la Ciencia de los Biomateriales, con relaciones de trabajo dentro y fuera del país. Constituye además una fortaleza para la Educación Superior, lista para no solo contribuir a la elevación del nivel de tratamiento de muchas dolencias y accidentes traumáticos, sino también para convertir los resultados en una entrada segura de divisas, por cuanto los biomateriales exhiben un muy alto valor agregado.

Conclusión

Independientemente de la posibilidad de ampliar o perfeccionar la nueva estrategia de selección de temas de investigación, quedó demostrado que el papel a desempeñar por las universidades del llamado Tercer Mundo no puede ser enclaustrado en patrones fijos, negando el carácter dialéctico

del desarrollo científico-técnico y el papel cada vez más preponderante del factor económico en las líneas de trabajo. El Centro de Biomateriales representa un ejemplo indiscutible de una iniciativa de éxito dentro de la Educación Superior. Probó que con la estrategia generada para seleccionar temas de investigaciones, la Ciencia como Fuerza Productiva puede iniciarse dentro de las universidades, incluyendo la creación de tecnologías. La experiencia demostró también que independientemente del nivel de ampliación de la producción, dentro de la universidad debe mantenerse un núcleo productivo que garantice su continua modernización y consecuentemente del sistema de calidad.

Referencias

- Castro F., Ceremony of setting up of Medical Detachment “Carlos J. Finlay”, Havana, 1962.
- Sainsbury, L. Priority Technologies, Healthcare, DTI, Foresight LINK Awards, London, U.K., 1991.
- Álvarez R. Cuban experience in the development of Science and Technology and the role of universities. IberoEka Forum, Montevideo, Uruguay, 2002.
- Vilela S. “La integración de las tres funciones universitarias sustantivas: docencia, investigación y extensión. ASCUN: 50 años construyendo pensamiento universitario“. Madrid, Spain, 2007.
- Schwartzman, S. University and development in Latin America. Successful experiences in Center of research within universities. UNESCO/IESALC, Caracas, Venezuela, 2008.
- Guerra M., Álvarez R. Development and production of TISUACRYL®. A case of innovation from Academy. Innovación Tecnológica, 2010, 16, No. 3.

Margarita Suárez Navarro

msuarez@fq.uh.cu

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

Licenciada en Química (1968), Doctora en Ciencias Químicas (1980), Profesora de Merito de la Universidad de La Habana (2012), Profesora Titular de la Facultad de Química (1976). Es Académica Titular de la ACC (2012). Ha publicado 140 más de artículos científicos. Ha recibido numerosos premios en la Universidad de La Habana. En ocho ocasiones recibió el Premio Nacional de la Academia de Ciencias de Cuba. Ha sido Distinción Especial del Ministro de Educación Superior en tres ocasiones. En 2007 y en 2014 recibió el Premio Internacional Sofia Kolovalevskaia, por sus logros científicos en el área de las Ciencias Exactas. Ostenta las Medallas Frank País y Carlos J. Finlay.



¿Qué lleva a un ser humano a hacer un gran descubrimiento? Los descubrimientos científicos exigen un largo proceso para consolidarse donde intervienen muchos factores como el pensamiento, la experimentación y el desarrollo. Sin embargo, hay ocasiones en que el papel del azar, de lo accidental, juega un papel determinante en muchos descubrimientos científicos e invenciones técnicas. Al descubrimiento o hallazgo realizado por accidente, casualidad, inesperado y afortunado, de cosas que no se están buscando ni investigando, pero que son la solución para otro problema que se tenía, se conoce como *serendipia*. Esta no es una palabra muy utilizada en español, algunos de sus sinónimos son chiripa, carambola (términos corrientes), suerte, coincidencia, casualidad, accidente.

Origen del vocablo serendipia

La palabra serendipia proviene del inglés, “*serendipity*”. El término lo utilizó el escritor británico Sir Horace Walpole (1717-1797), en 1754, para calificar un tipo de suerte inmerecida o resultado diferente al buscado. Él se inspiró en la habilidad que tenían los protagonistas de una antigua fábula persa del siglo XVIII, *The three princess of Serendip*, (versión inglesa del *Peregrinaggio di tre giovani figliuoli del re di Serendippo* publicado por Michele Tramezzino en Venecia en 1557), en la que se cuentan las

aventuras de tres príncipes, dotados del extraño don de descubrir accidentalmente soluciones a sus problemas (“*were always making discoveries, by accidents and sagacity, of things they were not in quest of*”).

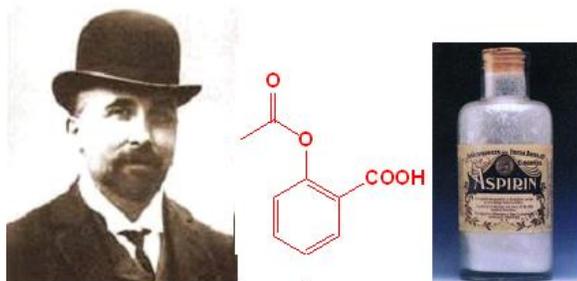
¿Y existió realmente un lugar llamado Serendip? Serendip es la transcripción inglesa del nombre persa de la isla del Índico conocida como Ceilán, llamada desde 1972, Sri Lanka. Los persas lo tomaron del árabe Sarandib o Serendib, nombres que nos han llegado directamente en obras literarias, como la historia de Simbad de Las mil y una noches. Walpole quedó fascinado por este vocablo según le notificó en una carta a Horace Mann, donde habló de la riqueza expresiva de la palabra *serendipity*.

La palabra en lengua inglesa *serendipity* no se utilizó durante siglos, hasta que resurgió para aludir al descubrimiento científico casual, una de las primeras menciones es en la revista *Scientific American* en 1955: “*Our story has as its critical episode one of those coincidences that show how discovery often depends on chance, or rather on what has been called 'serendipity' --the chance observation falling on a receptive eye*”.

En español fue sido conveniente establecer un vocablo para designar en castellano este concepto, ampliamente difundido en la literatura científica contemporánea, que incluye todos los descubrimientos realizados por casualidad. Así, en la 23ª Edición del Diccionario de la Real

Academia Española se define **serendipia** como “una adaptación del inglés *serendipity* f. Hallazgo valioso que se produce de manera accidental o casual. De algún modo, equivale al concepto chiripa. Asimismo, también incluye las palabras serendipidad, como sinónimo de serendipia y serendípico/a, perteneciente o relativo a la serendipia.”

Se han reportado una amplia y variada muestra de hallazgos científicos y técnicos, donde ha participado el factor del azar. Por ejemplo, la penicilina, las sulfamidas, las cefalosporinas y la ciclosporina fueron descubiertas por accidente. Un fármaco utilizado con un propósito se ha encontrado a menudo efectivo para otro completamente distinto y, a veces, más importante, por ejemplo, la aspirina fue preparada por primera vez por Felix Hoffmann, para usarla como un antirreumático. Resultó eficaz, pero se encontró que también era un valioso analgésico y un fármaco antipirético y actualmente es recomendada para prevenir los ataques al corazón. Desde su entrada en el mercado farmacéutico, el 10 de octubre de 1897 se describe que la aspirina ha sido usada más que cualquier otro medicamento.



Felix Hoffmann (1868-1946), estructura de la aspirina, primer envase para la venta del medicamento.

Así mismo, el descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming es un claro ejemplo de serendipia. Ocurrió en 1928, cuando dejó en su laboratorio una serie de placas de Petri al aire libre con cultivos de bacterias. Cuando volvió, la placa estaba llena de moho y cuando las miró al microscopio por simple curiosidad, descubrió que el moho, que eran hongos de *Penicillium*, había matado a las bacterias. Un estudio detallado de estos resultados permitió que Fleming cambiara la

medicina moderna y salvó miles de millones de vidas.

En diferentes momentos, este tipo de hallazgo casual ha dado lugar a algunos de los avances más importantes en las distintas áreas del conocimiento.

Es necesario destacar que estos descubrimientos no son tan fortuitos, ya que solo las mentes preparadas son capaces de evaluar estos resultados. En este sentido, Louis Pasteur destacó la importancia de la observación acompañada de ingenio en la ciencia: *Dans le champ de l'observation, le hasard ne favorise que les esprits préparés. La chance ne favorise que les esprits préparés* (En el campo de la investigación el azar no favorece más que a los espíritus preparados. La suerte sólo favorece a las mentes preparadas).

En Química y en particular en Química Orgánica, abundan los ejemplos y aquí exponemos sólo unos cuantos hallazgos casuales en investigaciones donde los científicos estaban buscando algo totalmente distinto.

LA UREA

El descubrimiento imprevisto de que era posible producir urea en el laboratorio fue un evento decisivo en la historia de la Química Orgánica, ya que el desarrollo de esta ciencia estuvo limitado por la llamada teoría vitalista aceptada por Jöns Jacob Berzelius la que planteaba que los compuestos orgánicos solo podían ser extraídos de los organismos vivos pues tales compuestos necesitaban una *fuera vital* para crearse y que la existencia de esta fuerza vital impedía que estos compuestos fuesen sintetizados en ninguna de las maneras conocidas hasta el momento.

El reconocido respeto que se le tenía a Berzelius provocó que la mayor parte de científicos no intentasen sintetizar este tipo de compuestos, lo que en parte retrasó los avances en este campo. Sin embargo y como ocurre algunas veces en ciencia, se comprobó accidentalmente que los defensores de la teoría vitalista estaban equivocados, y fue un alumno de Berzelius, Friedrich Wöhler, quien lo evidenció.

Wöhler estaba intentando sintetizar cianato amónico, a partir de cloruro amónico y cianato de

plata. Analizando los resultados comprobó que lo que había sintetizado no era el esperado cianato amónico, sino la urea, uno de los principales componentes de la orina humana, un compuesto orgánico. Su sorpresa fue considerable y escribió a su maestro Berzelius sobre su descubrimiento: "Debo decirle que soy capaz de sintetizar urea sin la necesidad de un riñón, ya sea de hombre o perro; la supuesta sal amónica del ácido cianhídrico es la urea".

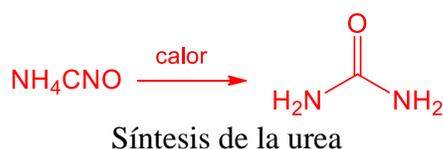


J. J. Berzelius
(1779-1848)



Friedrich Wöhler
(1800-1882)

El calentamiento del cianato de amonio provocó su isomerización a urea y Wöhler publicó su hallazgo en 1828, considerada la primera síntesis de un compuesto orgánico sin el auxilio de una fuerza vital, y este descubrimiento afortunado permitió el desarrollo de la Química Orgánica.

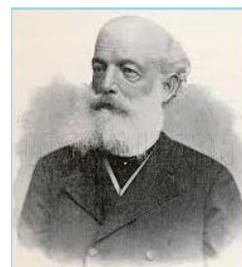


ESTRUCTURA DEL BENCENO

August Kekulé fue profesor de Química en varias universidades de Alemania y era apodado irónicamente "el químico soñador", y al parecer merecía dicho apodo porque, según sus propias palabras, su imaginación creadora fue excitada por imágenes vistas durante sus sueños.

Kekulé llevaba mucho tiempo intentando encontrar la estructura de la molécula de benceno. En 1862 realizó el gran descubrimiento, de hecho uno de los más imaginativos de la Química. Por esa época ya se sabía que el benceno estaba formado por seis átomos de carbono y seis átomos de hidrógeno, pero no se tenía ningún indicio sobre

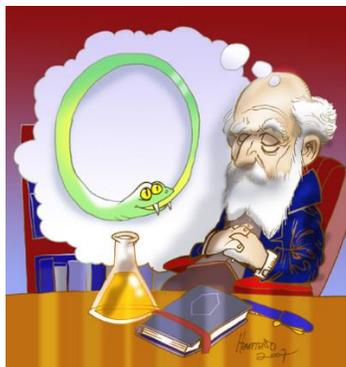
su estructura. Poder encontrarla se había transformado en una obsesión para varios químicos de la época. Y una vez más, un sueño le dio a Kekulé la clave pues comentó: "Durante mi estancia en Gante, vivía en uno de los barrios elegantes de la vía principal. Mi estudio, sin embargo, estaba en un callejón estrecho donde no entraba la luz del día... Me encontraba sentado escribiendo en mi libro de texto, pero mis pensamientos estaban en otra parte. Volví la silla de frente al chimenea y me dormí. Una vez más los átomos comenzaron a brincar ante mis ojos. Pero esta vez los grupos más pequeños se mantenían discretamente en el fondo. Mi ojo mental, entrenado por las repetidas visiones de este tipo, ahora podía distinguir estructuras más grandes; largas filas se entrelazaban y mezclaban en un movimiento como de serpientes. ¡Pero mira! ¿Qué fue eso? Una de las serpientes había mordido su propia cola, y la forma giró burlonamente ante mis ojos. Como iluminado por un relámpago, me desperté...



August Kekulé
(1829-1896)

Kekulé se sirvió de las evidencias que había acumulado en aquellos años para argumentar en favor de la estructura propuesta. El anillo simétrico de Kekulé parecía explicar la formación de un solo mono derivado y de tres isómeros disustituidos. En 1865, publicó un artículo en francés [Sur la constitution des substances aromatiques. *Bulletin de la Societe Chimique de Paris* **1865**, 3, 98–110] y otro en alemán [Untersuchungen uber aromatische Verbindungen. *Annalen der Chemie und Pharmacie* 1866, 137, 129–36]. En ellos sugería que los átomos de carbono forman una estructura cerrada sobre sí misma con forma de hexágono, utilizando alternativamente una y dos valencias para conformar estas uniones, mientras que los átomos de hidrógeno se unen a cada una de

las valencias restantes. Los nuevos conocimientos sobre de la estructura del benceno y de todos los compuestos aromáticos resultó ser de la mayor importancia para el desarrollo futuro de la Química.



Alegoría del sueño de Kekulé

Foto tomada de <http://www.drjack.co.uk/>

En un discurso de 1890, Kekulé terminó el relato de su sueño con serpientes diciendo: *Si aprendiéramos a soñar, señores, entonces quizá encontraríamos la verdad... Pero debemos tener cuidado de no publicar nuestros sueños antes de someterlos a prueba con la mente despierta.*

SACARINA

La sacarina es un edulcorante no calórico, aproximadamente tres veces más dulce que el azúcar. Es resistente al calentamiento y al medio ácido, por lo que se emplea en la elaboración de bebidas refrescantes, en yogures edulcorados y de productos dietéticos para personas diabéticas.

Fue descubierta de forma casual, cuando en 1879 en la Universidad Johns Hopkins, de Estados Unidos, Ira Remsen y Constantin Fahlber se encontraban investigando sobre la oxidación de compuestos químicos a partir del alquitrán de hulla en busca de colorantes, encontraron que uno de los derivados presentaba un sabor dulce. Más tarde se daría a ese compuesto químico el nombre comercial de sacarina.



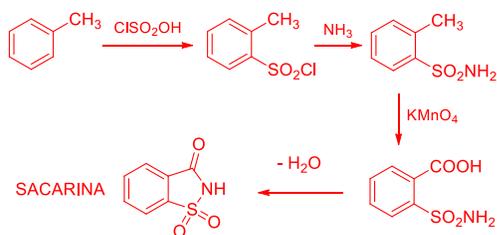
Ira Remsen



Constantin Fahlberg

Remsen relató cómo descubrió la sacarina: *"Bueno, fue en parte por accidente y en parte por el estudio. Yo había trabajado mucho tiempo en la obtención de compuestos a partir del alquitrán de hulla, y había hecho una serie de descubrimientos científicos. Una noche yo estaba tan interesado en mi laboratorio que me olvidé de que estaba invitado a una cena. Fui corriendo para la comida sin detenerme a lavarme las manos. Me senté, piqué un pedazo de pan, y lo llevé a mi boca. Sabía muy dulce. No me pregunté por qué era así, probablemente porque pensé que era un poco de pastel o dulce. Me lavé la boca con agua y sequé el bigote con la servilleta, cuando, para mi sorpresa, la servilleta tenía un sabor más dulce que el pan. Entonces me quedé perplejo. Pensé que yo era la causa de la dulzura y por lo tanto me probé mi pulgar, y encontré que estaba más dulce que cualquier golosina que había comido. Me di cuenta de lo que ocurría, había descubierto alguna sustancia a partir del alquitrán de hulla que era tan dulce como el azúcar. Dejé mi cena, y corrí de vuelta al laboratorio. Allí, en mi entusiasmo, probé el contenido de cada vaso de precipitados. Por suerte para mí, ninguno contenía ningún líquido corrosivo o tóxico. Uno de ellos contenía una solución impura de sacarina. En esta trabajé luego durante semanas y meses hasta que determiné su composición química, sus características y reacciones, y los mejores métodos para sintetizarlo. Informé de su descubrimiento a su colega Fahlberg y en 1880 publicaron un artículo en el que bautizaron a este compuesto con el nombre de sacarina.*

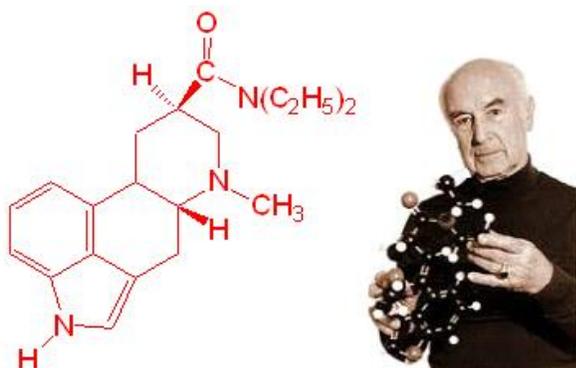
Actualmente la sacarina se obtiene mediante síntesis química del tolueno o de otros derivados del petróleo. Este es otro ejemplo donde la casualidad unida a la sagacidad del investigador da lugar a un hallazgo con utilidad para el hombre.



Síntesis de la sacarina a partir de tolueno

EL LSD

En 1943, el químico suizo Albert Hofmann descubrió accidentalmente una de las drogas alucinógenas más poderosas, el LSD (dietilamida del ácido lisérgico), compuesto que llevaba un tiempo investigando con el fin de estimular el parto.



Estructura del LSD

Albert Hofmann

Según relata en su libro *LSD-Mein Sorgenkind*, cuando realizaba investigaciones sobre los derivados del ácido lisérgico obtuvo el LSD-25, el cual mostró poca actividad desde el punto de vista farmacológico, por lo que dejó de investigar sobre este tipo de compuesto. Cinco años más tarde, volvió a sintetizarlo para una ulterior investigación y cuando estaba purificándolo por recristalización se sintió afectado por una mezcla de excitación y mareo, viéndose forzado a abandonar el laboratorio. Posiblemente, a pesar de sus precauciones, una pequeña cantidad de LSD fue absorbida a través de su piel. Ya en su casa despierta, pero en un estado de ensoñación, percibió una serie de fantásticas imágenes con intensos colores, que se mantuvo por aproximadamente dos horas.

En 1947 la introducen los laboratorios Sandoz con el nombre de DELYSID para uso psiquiátrico, pero también se le ha dado otros usos más censurables como que en la década del 50 del pasado siglo la CIA lo utilizó en el programa MKULTRA para controlar la mente y como posible arma de guerra.

LA VIAGRA

La historia del citrato de sildenafil, más conocido por Viagra, es un ejemplo interesante de encontrar lo que no se busca, buscando lo que no se encuentra. En 1985, químicos de la Pfizer, comenzaron investigaciones para encontrar un compuesto contra la hipertensión, sintetizando diferentes derivados, donde el más prometedor resultó ser el citrato de sildenafil.

Los ensayos clínicos se realizaron en una ciudad en Gales, donde se desarrollaban una serie de pruebas para determinar la eficacia del fármaco en el tratamiento de la angina de pecho. Al entrar en fase II, el fármaco no satisfizo las expectativas del equipo de investigadores en términos de actividad en los pacientes que tenían enfermedad cardíaca coronaria severa. Sin embargo, los participantes de la prueba sufrieron los efectos secundarios del citrato de sildenafil, ya que los varones mostraban un cambio en la función eréctil. Como el fármaco no parecía prometedor para tratar a pacientes con enfermedad coronaria, el equipo discutió la posibilidad de utilizarlo para el tratamiento de la impotencia. En mayo de 1994 Pfizer comenzó el primer ensayo del sildenafil en los hombres que sufrían este padecimiento, obteniendo resultados exitosos para el tratamiento de la disfunción eréctil. La Viagra no es la única pero sí fue el medicamento oral contra la impotencia.



Estructura del citrato de sildenafil

Actualmente vende casi dos mil millones de euros al año, con unos márgenes de beneficios cercanos al 90%. En citrato de sildenafil es un sólido blanco, el color azul es marketing y se le conoce informalmente como “la pastilla azul” o “vitamina uve”.

LOS FULLERENOS

Carl Sagan, el gran astrónomo y divulgador, decía que “no somos más que polvo de las estrellas”, ya que es bien conocido que en el núcleo de las estrellas, poco tiempo después del Big Bang, se formó la mayoría del carbono del universo. Este carbono, junto con otros acompañantes, atravesó el espacio y al caer sobre los planetas en formación actuó como soporte vital para que, si las condiciones eran adecuadas, como sucedió en la Tierra, permitiese que tras un proceso de evolución química, apareciesen las primeras formas primitivas de vida.

En este año 2015 se cumplen treinta años de un descubrimiento nacido del estudio del “polvo estelar”. Muchos pensamos que ha sido el descubrimiento más importante y significativo de la Química moderna.

Como otros tantos grandes avances en la historia de los conocimientos, no se perseguía su consecución, sino que fue un ejemplo de serendipia, es decir, que ante una observación inesperada fue precisa la presencia de mentes abiertas y preparadas que aclarasen su significado y descubriesen un nuevo mundo molecular fascinante: el de los fullerenos. La incredulidad con que se recibieron los primeros datos, la carrera por la confirmación experimental de la hipótesis en el laboratorio, los triunfos logrados, y el gran desarrollo derivado de sus extraordinarias propiedades es la historia de casi todos los grandes descubrimientos.

Hasta el descubrimiento de los fullerenos, al carbono sólo se le conocían dos formas naturales alotrópicas: el diamante y el grafito. Los científicos que realizaron el descubrimiento, por el que recibieron el Premio Nobel de Química en 1996 fueron los estadounidenses Robert F. Curl y Richard E. Smalley y el británico Harold W. Kroto.

Curl y Smalley trabajaban en la Universidad de Rice, con un aparato de bombardeo y vaporización inventado por Smalley para conseguir racimos (“clusters”) de átomos metálicos. Usando rayos láser sobre barras de silicio las altas temperaturas obtenidas, de hasta diez mil grados, superiores a las existentes en las superficies de las estrellas, conseguían separar sus átomos convirtiéndolos en un plasma. Tras ello, en una cámara de vacío de un vaporizador, el plasma era sometido a corriente de gas helio inerte y se obtenían unos racimos o agregados de átomos que eran estudiados mediante técnicas de espectrometría de masas.

Por otra parte, el astroquímico Harold Kroto, investigaba en la Universidad de Sussex el origen del universo y de la materia viva, e intentaba hallar una explicación al “polvo estelar” o carbono estelar al que se refería Carl Sagan. Concretamente trataba de conocer cómo se forman los agregados de carbono y nitrógeno (cianopolienos) que abundan en las atmósferas estelares.

Kroto, conoció del trabajo que estaban haciendo los investigadores en Texas y se trasladó a Estados Unidos y reemplazaron el silicio por el carbono. Pronto obtuvieron resultados que indicaban que los átomos de carbono se disponían en una forma sorprendente y estable de agregados de 60 átomos de carbonos unidos entre sí. La unidad básica parecía ser una estructura de anillo hexagonal plano como el grafito, pero el aspecto global parecía ser esférico. ¿Cómo se formaban?. ¿Cómo se unían los átomos entre sí?

Resultó que casualmente Kroto y Smalley habían visitado la Exposición de Montreal donde estaba la famosa cúpula construida por el arquitecto Richard Buckminster Fuller que sirvió de pabellón en la Exposición Internacional de 1967 en Montreal y, según sus propias palabras, mientras reflexionaban sobre la estructura del C_{60} tenían en mente las formas de las cúpulas de Fuller.

Una noche, mientras analizaba la posible estructura del C_{60} , Smalley encontró la solución, la misma que había aplicado Fuller en sus cúpulas: situar pentágonos a intervalos regulares entre los hexágonos. Efectivamente si sobre cada lado de un pentágono se sitúa un hexágono de la misma longitud lateral y que esté unido alternativamente con otros tres hexágonos y dos pentágonos

adyacentes, se forma una esfera cerrada, semejante a un balón de fútbol, que posee en total 12 pentágonos regulares y 20 hexágonos regulares, contando con 60 átomos de carbono.



Molécula de [60]Fullereno

La revista *Nature* publicó el hallazgo en su sección de cartas (H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'Brien, R. F. Curl, R. E. Smalley, *Nature*, **1985**, 318, 162), con una fotografía de un balón de fútbol en los jardines de la Universidad de Rice.



El equipo de Rice/Sussex: Izquierda a derecha: O'Brien, Smalley, Curl, Kroto, y Heath.

El buckminsterfullereno o fullereno C_{60} constituía una nueva forma natural alotrópica del carbono pero la demostración definitiva, su obtención en el laboratorio en cantidades significativas, llevó cinco años de laboriosos trabajos. En ellos, se comprobó que existen otros fullerenos que poseen más átomos de carbono así como otras formas geométricas.

En 1991 el fullereno fue declarado "molécula del año". Actualmente se cree que es probable que el buckminsterfullereno abunde en el Universo,

particularmente cerca de las estrellas rojas gigantes, atrapando en su interior moléculas, como las de gas helio y otras, que han utilizado esa envoltura o vehículo para viajar por el espacio. Cuando se aprendió a fabricar fullerenos se descubrieron propiedades muy llamativas que pueden derivar a aplicaciones de gran interés, dando lugar a un nuevo campo de la química, del mismo modo que la química orgánica aromática surgió a raíz del descubrimiento del benceno 165 años atrás.

Los casos descritos anteriormente son ejemplos de serendipias, descubrimientos o hallazgos afortunados e inesperados. Pero, como aseveró expresó el Premio Nobel de Química 1974 Paul Flory "las invenciones significativas no son mera casualidad". "La casualidad normalmente juega una parte, pero hay mucho más en la invención que la noción popular de algo caído del cielo; el conocimiento en profundidad y extensión son prerequisites indispensables".

Es decir, la creatividad y la invención no dependen exclusivamente de las particularidades subjetivas de los individuos, y que se necesita estudio, formación y trabajo académico para que las intuiciones den un buen resultado.

Bibliografía consultada:

- R. M. Roberts Serendipia. Descubrimientos accidentales en la ciencia. Editorial Alianza. Madrid, **1992**.
- R. Pérez Tamayo, *Serendipia: ensayos sobre ciencia, medicina y otro*. Ed. Siglo XXI, México **2003**.
- G. Doval, Casualidades, coincidencias y serendipias de la historia, Ediciones Nautilus S. L. Madrid. **2011**
- J. A. Coppo, Serendipia. *Rev. vet.* **2012**, 23, 71-76,
- M. A. Alario, De la química interestelar al nanocoche: Fullerenos y Nanotubos *Rev. R. Acad. Cienc. Exact. Fís. Nat.* **2009**, 103, 323-339.
- R. M. Roberts, D. H. R. Barton, Serendipia. Descubrimientos Accidentales en la Ciencia, Editorial Alianza, Madrid, **2013**.

Roberto Cao Vázquez

caov@fq.uh.cu

Lab. Bioinorgánica, Facultad de Química, Universidad de La Habana

Graduado de Licenciatura Química de la Universidad de La Habana en 1971. Dr. en Ciencias Químicas del Instituto Tecnológico de Leningrado, URSS, en 1977. Dr. en Ciencias de la Universidad de La Habana en el 2007. Profesor Titular del Dpto. Química Inorgánica, UH. Presidente de la SCQ de 2009 a 2012. Ganador de 10 premios anuales de la ACC.



A finales del siglo pasado ocurrieron una serie de descubrimientos y se reportaron resultados que han sido trascendentales en el desarrollo de las ciencias exactas, en especial de la Química. Incluso, algunos de esos resultados impactantes llegaron a convertirse en nuevos campos de la química. Tales son los casos de las químicas supramolecular,¹ combinatoria y verde,² y la nanoquímica.³

Como consecuencia de este desarrollo acelerado de la química, algunos conceptos básicos han llegado a cambiar, en mayor o menor magnitud. Igualmente, han surgido conceptos nuevos.

Aquí, se hará una breve descripción de algunos aspectos de la química que han sufrido mayor impacto. Al final, el lector debiera pensar si realmente estamos en este siglo XXI ante una nueva química o simplemente se trata del natural proceso de desarrollo por el que transitan las ciencias. O, en otras palabras, ¿se trata de evolución o revolución científica?

A continuación se desarrollarán un grupos de conceptos, evidencias y cambios drásticos que el autor considera los más trascendentales.

El Número de Avogadro

A partir del estudio sobre la relación existente entre la presión de un gas y la cantidad de sustancia que contenía, el químico italiano Amadeo Avogadro de Quaregna en 1811 enunció que en un gas a temperatura y presión constantes, el volumen es directamente proporcionar a la cantidad de sustancia que contiene. A partir de este enunciado, posteriormente se definió el

concepto de mol como el número de átomos de carbono contenidos en 12 gramos de ese elemento. Esa cantidad de átomos corresponde a la inmensa magnitud de $6,022137 \times 10^{23}$, que se denominó Número de Avogadro (N) en honor al ilustre italiano. Quizás no todos los químicos hayan pensado en lo inmenso que resulta el valor de N. Piensen, por ejemplo, que en nuestro muy poblado planeta vivimos solamente unos 10^{-14} moles de personas. Más aún, una nanopartícula de oro de composición Au_{55} solamente contiene unos 10^{-22} moles de átomos. Téngase en cuenta que los prefijos más comúnmente usados para definir las cantidades más pequeñas corresponde a: nano (10^{-9}), pico (10^{-12}), femto (10^{-15}), atto (10^{-18}) y zepto (10^{-21}). ¿Tiene sentido, entonces, de hablar de moles o N cuando se trata de compuestos nanoquímicos?

Formas alotrópicas del carbono

Hasta fines del siglo pasado todos los textos de química hacían referencia a solo dos formas alotrópicas del carbono: grafito y diamante. Sin embargo, en la actualidad se conocen otras tres formas alotrópicas del carbono: los fullerenos (descubiertos en 1986; Premio Nobel otorgado en 1996),⁴ los nanotubos (descubiertos en 1991)⁵ y el grafeno (descubierto en el 2004; Premio Nobel otorgado en 2010).⁶ El fullereno C_{60} corresponden a esferas de carbono, donde la esfericidad la otorgan los 12 pentágonos contenidos (junto con los 20 hexágonos). Los nanotubos pudieran considerarse láminas individuales de grafito enrolladas. Por su parte, el grafeno está constituido por una sola capa de

grafito plana. Por ello, el grafeno es el compuesto plano más delgado que existe. Muy recientemente se han reportados compuestos muy similares en estructura al grafeno en cuanto a su planaridad (aproximada) y grosor de un solo átomo, como son los casos del MoS_2 , borocarbonitruros ($\text{B}_x\text{C}_y\text{N}_z$), etc.⁷

La diferencia en propiedades entre el grafito y sus “ahijados”, los nanotubos y el grafeno, son inmensas, lo que ha permitido considerarlas nuevas formas alotrópicas del carbono.

Color

La presencia de color en una sustancia es interpretada, desde el punto de vista químico, como debido a la posibilidad de excitación de electrones a un nivel superior al absorber energía de una radiación de luz visible. Por ello, se espera que las sustancias coloreadas sean aquellas que presenten electrones desapareados, como la mayoría de los metales de transición, o tengan sistemas electrónicos conjugados que sean fácilmente excitables, como los nitrobenzenos.

Los metales, por su parte, en dimensiones normales (macro) se caracterizan por presentar bellos colores por la reflexión de la luz en su superficie, proceso en el que ocurre una excitación electrónica de los átomos superficiales. Así, el oro es dorado y la plata, plateada. Sin embargo, si ambos metales se encuentran en dimensiones nanométricas, formando esferas con diámetros menores que 10 nm, los sistemas coloidales de las nanopartículas de estos metales presentan otros colores totalmente diferentes. Bajo tales condiciones, las nanopartículas de plata son amarillas y las de oro, rojas. Más aún, si el tamaño de esas nanopartículas aumenta, los colores cambian a pardo y azul, respectivamente. Estas evidencias no tienen la misma explicación clásica que la comúnmente conocida y expresada anteriormente. En este caso, el fenómeno es otro y conocido como resonancia plasmónica de superficie y se basa en que las partículas son más pequeñas que la longitud de onda de la radiación incidente.⁸ Ello permite que el campo electromagnético de la radiación sea capaz de polarizar la nube electrónica de los electrones de los átomos externos, igualmente por la absorción

de energía de la radiación. Otro elemento importante que interviene en este fenómeno es que la cantidad de sustancia contenida en la nanopartícula es en extremo pequeña, lo que expresa un alto confinamiento de la materia. En nanopartículas muy pequeñas desaparecen las bandas de energía y sólo existen niveles discretos de energía (orbitales). Por otra parte, la cantidad de átomos en la superficie de una nanopartícula es muy grande, pudiendo llegar a la totalidad de los átomos, lo que los hace más excitable.

Nuevas técnicas de caracterización

Desde finales del siglo pasado comenzaron a aparecer nuevas técnicas espectroscópicas y microscópicas para la determinación de las propiedades de las sustancias. A ello se une el hecho que las técnicas ya existentes continuaron perfeccionándose para alcanzar grados de resolución más altos y mayor sensibilidad en las determinaciones. Quizás, en este sentido la espectrometría de masas sea una de las espectroscopias donde mejor se evidencie los avances alcanzados en una técnica bien conocida desde hace un siglo. Por solo citar un ejemplo, se puede mencionar la ToF-SIMS (del inglés **T**ime **o**f **F**light-**S**econdary **I**onization **M**ass **S**pectrometry), capaz de detectar hasta solamente 10-12 especies químicas por cm^2 de superficie.⁹

Por otra parte, entre las nuevas técnicas surgidas desde finales del siglo pasado cabe destacar la microscopía de barrido por efecto túnel (STM, en inglés, **S**canning **T**unneling **M**icroscopy).¹⁰ Esta técnica fue descubierta en 1981 y le valió el Premio Nobel de Física (1986) a sus autores H. Rohrer y G. Binnig. Lo singular de esta nueva técnica consiste en que por primera vez, se pudo observar materiales de dimensiones nanométricas. Lógicamente, a partir de este descubrimiento surgió la Nanotecnología. Y es que desde hace muchos siglos, el hombre ha estado utilizando materiales nanométricos para diferentes fines pero sin tener conciencia de sus verdaderas dimensiones. Por ejemplo, los romanos usaban oro mezclado en vidrio para darle una coloración rojiza por la presencia de nanopartículas de ese metal. Los mayas, por su parte, desarrollaron un pigmento azul, conocido

como “azul maya” que contiene nanopartículas de minerales constituyentes.

Límites de detección

El desarrollo de sensores y biosensores cada vez más sensibles, con límites de detección cada vez más bajos, ha sido una tarea fundamental en la química analítica. Hoy en día, gracias al desarrollo de nuevos enfoques y las nuevas técnicas alcanzadas, los límites de detección han bajado hasta niveles realmente increíbles. Mientras que en el siglo pasado los límites de detección más bajos eran del orden de los micromoles/L hoy en día llegan hasta zeptomoles/L, especialmente mediante el uso de componentes nanométricos.¹¹ En el campo de los biosensores, el uso de aptámeros, anticuerpos monoclonales y primers para actuar como sitios de reconocimiento de elevada afinidad por analitos específicos han permitido resultados cada vez más promisorios, con límites de detección no mayores de nanomoles/L.

Desde el punto de vista clínico, el poder disponer de medios de detección tan sensibles constituye una gran ventaja para un tratamiento terapéutico exitoso, ya que se puede detectar la enfermedad desde su mismo surgimiento.

Reacciones químicas no dañinas

Resulta imperioso desarrollar procedimientos de síntesis química que no utilicen disolventes orgánicos tóxicos y que consuman un mínimo de energía. De esa forma, la química estará protegiendo el ya deteriorado medio ambiente.

Cada vez más, es posible sustituir diferentes tipos de solventes orgánicos tóxicos por agua. Por otra parte, el uso de hornos de microondas para desarrollar reacciones sin disolventes y con menor consumo de tiempo, cada vez alcanza resultados más y más promisorios.¹²

Por otra parte, los procesos catalíticos cada vez reciben más atención, como una forma eficiente de ahorrar energía. Muy recientemente, se ha abierto un nuevo campo, denominado nanocatálisis, en que el uso de catalizadores con dimensiones nanométricas ha permitido acelerar reacciones antes no concebibles desde el punto de vista catalítico.¹³ Por cierto, en nanocatálisis no se cumple, en todo el intervalo de valores, la

establecida relación lineal inversa entre velocidad de una reacción y el tamaño de los reaccionantes. En nanocatálisis, hay dos reacciones que, por primera vez, han podido ser aceleradas: la reducción del dióxido de carbono y el desdoblamiento del agua en hidrógeno y oxígeno, ambas de suma importancia para la protección del medio ambiente. Aún queda por resolver la reacción de reducción del nitrógeno para formar amoníaco, que tanta energía consume y es esencial para el crecimiento de las plantas.¹⁴

Para finalizar, es conveniente que pensemos todos sobre el estado de la química en el siglo XXI y, sobre todo, en las inmensas perspectivas que aún quedan por explorar. ¿Qué será de la química a partir del 2050? ¿Están preparados los jóvenes químicos para afrontar los inmensos cambios que se avecinan? ¿Estamos ante “otra química”?

Referencias

- Villalonga, R.; Cao, R.; Frago, A. *Chem. Rev.* **2007**, *107*, 3088-3116.
- Trost, B. M. *Science* **1991**, *254*, 1471-1477.
- Ozin, G. A.; Cademartiri, L. *Small* **2009**, *5*, 1240-1244.
- Martin, N. *Chem. Commun.* **2006**, 2093-2104.
- Terrones, M. *Intl. Materials Rev.* **2004**, *49*, 325-377.
- Allen, M. J.; Tung, V. C.; Kaner, R. B. *Chem. Rev.* **2010**, *110*, 132-145.
- Rao, C. N. R.; Gopalakrishnan, K.; Maitra, U. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2015**, *7*, 7809-7832.
- Schwartzberg, A. M.; Zhang, J. Z. *J. Phys. Chem. C*, **2008**, *112*, 10323-10337.
- Graham, D. J.; Ratner, B. D. *Langmuir* **2002**, *18*, 5861-5868.
- Moore, A. M.; Weiss, P. S. *Annu. Rev. Anal. Chem.* **2008**, *1*, 857-82.
- Kirsch, J.; Siltanen, C.; Zhou, Q.; Revzin, A.; Simonian, A. *Chem. Soc. Rev.* **2013**, *42*, 8733-8768.
- Polshettiwar, V.; Varma, R. S. *Chem. Soc. Rev.* **2008**, *37*, 1546-1557.
- Polshettiwar, V.; Varma, R. S. *Green Chem.* **2010**, *12*, 743-754.
- Scheibel, M.G.; Schneider, S. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2012**, *51*, 4529 - 4531.

Clara Nogueiras Lima

clara@fq.uh.cu

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

Profesora Titular de la Facultad de Química (1976), Profesora Consultante (2001), Profesora de Mérito de la U. H. (2013). Doctora por la Universidad Humboldt de Berlín en 1975. Posee 70 publicaciones en revistas de impacto. Ha recibido dos premios nacionales de la Agencia del Medio Ambiente de la ACC, dos premios de la Academia de Ciencias de Cuba, la Distinción “Por el Conjunto de la Obra Científica” Universidad de La Habana, en 2011. Premio Nacional de Enseñanza de la Química, otorgado por la Sociedad Cubana de Química, en 2012.



El análisis sobre el crecimiento prospectivo de la población a nivel mundial ha permitido hacer predicciones, las cuales pueden influir en el mejoramiento de la calidad de vida poblacional.

Hace tan solo 10 000 años la población humana se calculaba entre 5-10 millones de habitantes y hace 2 000 años se calcularon en 300 millones. Sin embargo, se estima que en menos de 30 años debemos llegar a 7000 millones de seres humanos y para el 2095 la población mundial sea de 10,000 millones de seres humanos. Se ha estimado que en el año 2,000 han nacido tantos habitantes como en los primeros quince siglos de la era cristiana. La tasa de crecimiento es de aprox. 2%. De ellos el 95,6% en los países menos desarrollados (Gráfico 1).

Indudablemente de acuerdo a estas cifras, la velocidad de incremento poblacional se ha desarrollado de modo exponencial y nos encontramos ante el fenómeno denominado de Superpoblación Mundial. Esta situación requiere de atención y tratamiento especial, debido a las necesidades crecientes de alimentos y recursos para la subsistencia de todos, por lo cual se destinan grandes esfuerzos a este objetivo.

En la actualidad el hombre obtiene los alimentos fundamentalmente de las mismas fuentes que el hombre primitivo: agricultura, ganadería y pesca, aunque en los últimos años

también se han hecho esfuerzos en el campo de la biotecnología. A lo largo de su historia el hombre ha ideado procedimientos para incrementar la producción en cada uno de estos ámbitos. De hecho hay un reto planteado a la Agricultura: dar de comer a 10000 millones de seres humanos para el 2095 con el menor deterioro del medio ambiente. Por ello en este análisis particular, haremos referencia a la agricultura y su evolución a través del desarrollo de las ciencias, específicamente de la Química y de las aplicaciones de plaguicidas y su

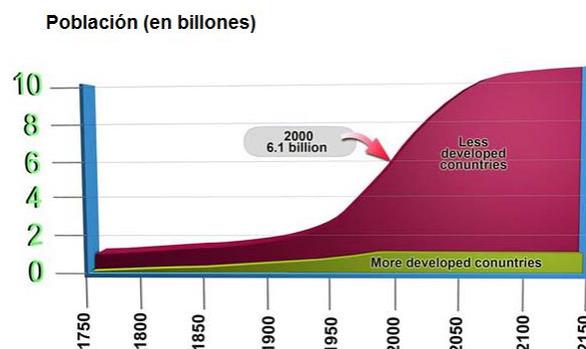


Gráfico 1. Incremento anual de la población interacción con el medio ambiente.

La agricultura es el arte de cultivar la tierra, es decir un conjunto de acciones que van a transformar el medio natural con el fin de hacerlo más apto para el crecimiento de especies vegetales escogidas o seleccionadas por el hombre. Se plantea que el destino de la

Humanidad está íntimamente unido al suelo agrícola y a su conservación.

En relación con la situación agrícola en general, se destaca la necesidad de mayor incorporación de tierras a los cultivos como uno de los factores más importantes en esta cuestión, el cual a su vez está relacionado a otros problemas tales como: expansión de las áreas agrícolas a las zonas de bosques y plantas salvajes, tala indiscriminada de la floresta, mayor necesidad de agua para regadío, construcción de presas, introducción de plantas con mayores rendimientos, salinización de los suelos, ecosistemas inestables, cultivos atacados por plagas y enfermedades, uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes y el deterioro del medio ambiente, entre los fundamentales.

Como puede observarse todos los aspectos anteriormente señalados están íntimamente relacionados entre sí, de tal modo que en su estado natural se genera una gran cantidad de fauna alrededor de los cultivos, lo cual ocasiona ecosistemas inestables y propicia que los cultivos sean atacados por plagas y enfermedades lo cual conduce directamente a la lucha entre el hombre y las plagas en salvaguarda de los cultivos agrícolas.

Para dar solución a estos tipos de problemas se han elaborado un conjunto de estrategias dentro del denominado Crecimiento Sostenible de la Agricultura, el cual permitirá satisfacer las necesidades de las generaciones presentes con una mayor calidad de vida, sin comprometer el futuro. En esta estrategia, el hombre supera las fuerzas de la naturaleza y ejerce un dominio sobre el medio ambiente, a través de modificaciones en el mismo. Sin embargo no siempre estas modificaciones del medio ambiente son benéficas ya que en la Naturaleza se efectúan muchos complejos procesos interrelacionados y las consecuencias de las decisiones tomadas con el objetivo de satisfacer las necesidades humanas alimentarias no se cumplen y se producen ataques y trastornos del medio ambiente.

Otros factores importantes a considerar en la agricultura moderna son: el suelo, el clima

relacionado a su vez con la temperatura, la humedad, el viento y el agua, como fenómenos meteorológicos, además de aspectos específicos que inciden en la protección de la producción agrícola a nivel mundial. Estos son: mejoras genéticas de las plantas, empleo de semillas híbridas, modernización de las maquinarias agrícolas, mejoramiento de los suelos tecnologías apropiadas, rotación de los sembrados introducción de nuevas variedades de plantas, trampas lumínicas, control biológico, los fertilizantes y hormonas de crecimiento, y el empleo de plaguicidas naturales y sintéticos.

A la luz de los aspectos considerados para el desarrollo de la agricultura se concluye que esta problemática debe ser abordada por expertos de diversas especialidades realizando una labor de conjunto sobre un proyecto único. Específicamente el papel de la Química en este problema estará dado en dos direcciones: la aplicación de fertilizantes y hormonas de crecimiento y el empleo de plaguicidas naturales y sintéticos. Será en esta última cuestión en la cual centraremos nuestra atención en el presente trabajo.

PLAGAS y plaguicidas

Son consideradas como tales todos los organismos dañinos que atacan a los cultivos, las plantas, en general los animales y al hombre.

Con vistas a la eliminación de las plagas se han diseñado un conjunto de productos agroquímicos denominados plaguicidas que matan a los destructores de las cosechas, y a las malas hierbas que afectan el desarrollo de otros cultivos. Cualquier compuesto o formulación utilizada en el control de plagas que contiene ingredientes activos y otras sustancias adicionales como solventes, emulsificantes, buffers, etc., con la finalidad de eliminar plagas se considera dentro de esta categoría.

Los plaguicidas son sustancias venenosas y deben tratarse como tales. En condiciones óptimas, un plaguicida debe tener un efecto máximo sobre la plaga que actúa y mínimo sobre los seres humanos y sobre el entorno. Otro aspecto importante es que todos los plaguicidas

deben ser registrados por la Secretaria de Protección Ambiental de cada país donde se produce el mismo, para la realización de estudios toxicológicos antes de su utilización.

Los plaguicidas han sido agrupados en diversas categorías de acuerdo a los intereses de los especialistas en esta materia. Así, se han agrupado por:

- *Tipo de efecto que producen sobre las plagas:* insecticidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, virucidas etc. En estos casos como su nombre lo indica la acción será específica sobre la plaga en cuestión aunque existen productos que pueden tener una acción múltiple sobre dos o más plagas al mismo tiempo.

- *Según su origen:* sintéticos y naturales

Sintéticos: Aquellos cuya estructura química ha sido diseñada por el hombre en el laboratorio y no existen similares en la naturaleza. (Tabla 1).

Uno de los primeros insecticidas en tener éxito descomunal fue el DDT (1942). Lamentablemente este compuesto y muchos otros derivados clorados son de gran estabilidad química, y se transmiten a lo largo de las cadenas tróficas, terminando por acumularse en los depredadores finales (aves de presa, carnívoros, humanos), esto generó una enorme resistencia a su uso. Una generación más reciente fueron los fosforados, de mayor grado de degradabilidad natural, son todos compuestos neurotóxicos, similares a los productos usados en la guerra química, y de una enorme peligrosidad por lo poco discriminatorio de su acción (insectos, mamíferos, etc.) (Ver Tabla 1)

El uso inadecuado de los insecticidas organosintéticos no ha resuelto el problema de plagas agrícolas, pero si ha incrementado la contaminación ambiental.

Naturales: Con vistas a aminorar algunos de los efectos producidos por los plaguicidas sintéticos en épocas más recientes se ha trabajado en la utilización de plaguicidas naturales en la agricultura los cuales no persiguen la sustitución de productos sintéticos sino, contribuir a la racionalización de su aplicación. Los mismos obtenidos mediante un

proceso extractivo de fuentes naturales que pueden ser plantas hongos o bacterias. Ejemplos: los piretroides, los limonoides y la nicotina. Entre las características más apreciadas de los plaguicidas naturales es la de ser específicos para una plaga (selectivos), y menos contaminantes del medio ambiente, debido a su biodegradabilidad; además reducen la peligrosidad para la persona que los utiliza debido a su menor toxicidad intrínseca.

Tabla 1. Propiedades de interés medio ambientales para los principales grupos de plaguicidas

| Clase | Ejemplos | LD ₅₀ | Persistencia (media) | Toxicidad |
|---------------------------|---|------------------|--|--|
| Hidrocarburos Clorados | Aldrin | 40 | Persistente 2-5 años | Relativamente baja para el hombre |
| | DDT | 250 | | |
| | Lindano | 125 | | |
| Organo- fosforados | Malatión | 1500 | Degradables (1 a 10 semanas) | Alta para el hombre y los animales |
| | Paratión | 8 | | |
| Carbamatos | Cartoril | 540 | Degradables (1 semana) | Diversas |
| | Zeitran | 30 | | |
| Fenoxi | Ácidos 2,4- dicloro fenoxiacético | - | Moderadamente degradables (2 a 4 años) | Baja |

LD₅₀: Dosis letal al 50% vía oral

- *Según su estructura química:*

Tanto los naturales como los sintéticos pueden presentar estructuras químicas diversas. Para el grupo de los sintéticos se consideran cuatro grupos clásicos: compuestos clorados entre los que sobresalen el DDT, el lindano, el endosulfan, el aldrin y el dieldrin; los organofosforados como el paration; metilparation, y el fenitrotrion; los de tipo carbamatos entre los citamos el carburan, bendiocarb, metiocarb y el butacarb. Y por último los del tipo fenoxi como el 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacético), y el MCPA (ácido 2-metil-4-clorofenoxiacético), estos últimos empleados fundamentalmente contra las malas hierbas.

Beneficios de los plaguicidas

En la actualidad se considera que se pierde el 50 % de las cosechas por la acción de diferentes tipos de plagas. Sin el uso de plaguicidas la producción agrícola decrecería entre 30-50%, la producción ganadera en un 25% y el precio de los alimentos se incrementaría en 75%.

El empleo de plaguicidas ha devenido un arma de primer orden en la agricultura moderna así, a través de un cuidadoso uso de los plaguicidas los humanos se han beneficiado considerablemente ya que, los plaguicidas han ayudado a asegurar un mayor abastecimiento de nutrientes a la población y su empleo ha sido parcialmente exitoso en el mejoramiento de la productividad en la agricultura. Aproximadamente 1000 formulaciones de plaguicidas se encuentran en el mercado actualmente. En el mundo de hoy para todas las formas virtuales de la agricultura el uso de pesticidas se ha estimado que sea del orden de $5 \cdot 10^9$ Ton, 163 billones de dólares (USD).

Influencia sobre el medio ambiente

A pesar de las bondades que la utilización de plaguicidas ha tenido para la alimentación de los humanos, el empleo indiscriminado de los mismos, fundamentalmente los del tipo sintético originan un conjunto de consecuencias nocivas que inciden sobre el entorno ecológico, y por lo tanto, su utilización dependerá de la relación beneficio social versus riesgo total.

Se considera que estos efectos de los plaguicidas son debidos a su toxicidad intrínseca, a su baja biodegradabilidad, por lo cual se acumulan en el medio ambiente con efectos tóxicos, a su falta de especificidad respecto al organismo a eliminar; al desarrollo de resistencia de plagas (aparición de especies más resistentes) con lo cual disminuye su efectividad y aparición de nuevas enfermedades y aparición de nuevas plagas, a la eliminación de la entomofauna beneficiosa (enemigos naturales de las plagas), a la contaminación del medio ambiental (suelo, aire, agua, atmosfera, y seres vivos), y otros daños derivados del uso y aplicaciones. Por incorporación a la cadena alimentaria a través de residuos tóxicos en los alimentos, y la contaminación progresiva del medio ambiente y de acuíferos.

De conjunto se considera que el 99 % de los plaguicidas tienen el potencial para impactar los humanos, las plantas y los microorganismos.

Delimitar los efectos tóxicos que origina el empleo de cualquier plaguicida es complicado. Existen entre 5 y 10 millones de especies en derredor que potencialmente pueden ser impactados por los plaguicidas en uso.

Como una alternativa, para la protección de los cultivos se ha establecido el Manejo Integrado de plagas (MIP) (STERN, 1959). Se denomina así al método actualmente practicado por la agricultura moderna en el mundo entero, con vistas a reducir el uso de plaguicidas sintéticos, pero manteniendo o incrementando el rendimiento de los cultivos. Se relaciona con lograr en sistema de buenas prácticas de control agrícola, el equilibrio entre el control biológico, la utilización de plaguicidas naturales y sintéticos y los tratamientos fitosanitarios.

Referencias

- 1) Fondo de Población de las Naciones Unidas UNFPA www.redcanlatrata.org
- 2.-<http://es.wikipedia.org/wiki/poblacion>
- 3.-Reemark K., Boutin C., *Agriculture, Ecosystems and Environment* **1995**, 52, 67-91
- 3.-Dixon R. *Nature*, **2001**, 411, 843.
- 4.-Duke, S. O. Natural pesticides from plants. In. J. Janick and J. E. Simon (eds.), *Advances in new crops* Timber Press, **1990**, 511-517
- 5 -Silva, G., A. Lagunes, J. C. Rodríguez y D. Rodríguez. Insecticidas vegetales; Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas (CATIE)* **2002**.

Estudio fitoquímico y de actividad biológica de plantas de la familia *Agavaceae* que crecen en Cuba

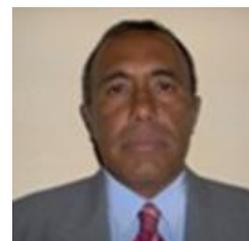
Investigación
en Química

José Orestes Guerra de León

jo@uclv.edu.cu

Departamento de Licenciatura en Química. Facultad de Química y Farmacia.
Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas

Licenciado en Química. Master en Química Orgánica y Doctor en Ciencias Químicas. Profesor Titular de Química Orgánica en la Universidad Central de Las Villas. Desarrolla sus investigaciones en el campo de la Química de los Productos Naturales.



En la década de los años 90, conocí en la Facultad de Química de la Universidad de la Habana a la Dra. Clara Nogueiras, quien me invitó a sumarme a su grupo de investigaciones en el estudio de los *agaves*, pues en esa época se trabajaba intensamente en la búsqueda de precursores esteroidales para la industria farmacéutica.



Agave brittoniana T. Endémica de la región central de Cuba

Estas plantas, que están ampliamente distribuidas en el continente Americano son conocidas en muchas partes con el nombre de "Magueyes"; fueron veneradas por varios grupos de aborígenes y han sido fuente de fibras,

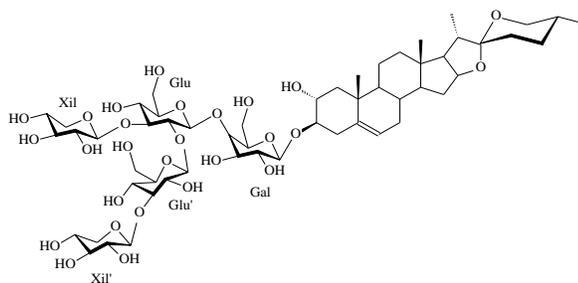
alimentos, medicinas, bebidas alcohólicas, combustibles y materiales de construcción, usos que han llegado hasta nuestra época.

En las mismas se encuentran gran cantidad de metabolitos con diversas actividades biológicas, entre los más abundantes las saponinas y sapogeninas esteroidales, con probadas actividades larvicidas, antimicóticas, molusquicidas, antivirales y farmacológicas (anticancerígenas, hipercolesterolémicas, antiinflamatorias) además de ser precursores sintéticos para la producción de hormonas.

Aunque en nuestro país crecen varias especies pertenecientes a esta familia, muchas de ellas endémicas, sus usos han sido escasos y al iniciar nuestro trabajo las investigaciones fitoquímicas alrededor de las mismas se limitaban básicamente al estudio de las sapogeninas esteroidales por lo que desde el primer momento nos propusimos abordar los correspondientes glicósidos o saponinas esteroidales.

Estos metabolitos tienen una estructura en la que varias unidades de monosacáridos se unen mediante enlaces glicosídicos, a un resto denominado aglicón o sapogenina, que en este caso es de naturaleza esteroideal pues posee el

esqueleto base tetracíclico característico estos compuestos, con la particularidad de que la cadena lateral que se origina a partir de carbono 17 de la misma, puede adoptar varias formas que incluyen la estructura de un cetol.



Agabrittonósido A, primera saponina esteroidal aislada de un agave cubano

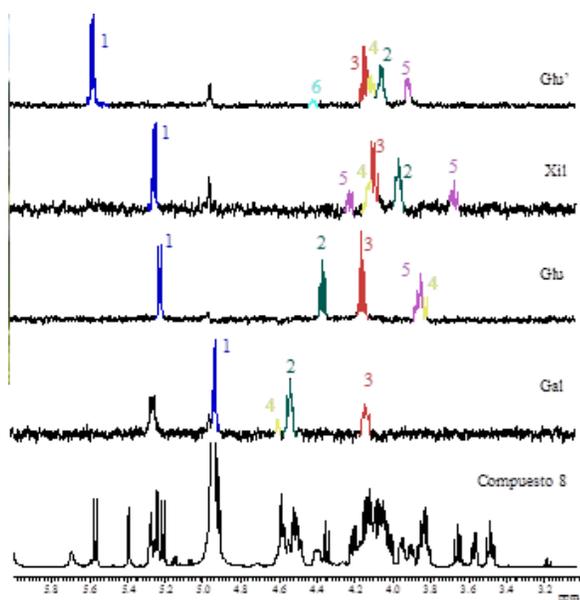
De forma general, para el aislamiento de estas moléculas se utilizan procedimientos extractivos utilizando disolventes polares como el metanol y n-butanol. Los extractos así obtenidos (crudos de saponinas) son sucesivamente fraccionados hasta la obtención de productos puros para lo cual se utilizan procedimientos cromatográficos; en nuestro caso los mejores resultados fueron utilizando gel de sílice RP-18 y mezclas de metanol:agua como fase móvil. La elucidación estructural de este tipo de compuestos es una tarea compleja que en los últimos años y en la medida en que surgen nuevas técnicas de Resonancia Magnética Nuclear (RMN) y Espectrometría Masas (EM), ha ido pasando del uso de técnicas destructivas a procedimientos en los cuales es posible preservar la estructura aislada. La hidrólisis química o enzimática y posterior identificación de cada una de sus partes componentes fueron durante mucho tiempo imprescindibles para llegar a conocer la estructura de los glicósidos pero en las últimas décadas se han desarrollado espectrómetros de RMN con campos de mayores intensidades así como nuevas técnicas auxiliares asociadas a los mismos, entre las que destacamos las conocidas

por sus siglas COSY, TOCSY 1D y 2D, HSQC, HMBC, HSQC-TOCSY y ROESY.

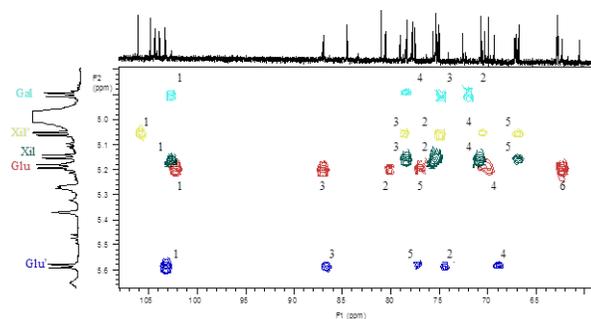
En el año 2003, con el inicio de un proyecto de formación doctoral entre la Universidad de Cádiz y un grupo de universidades cubanas encabezadas por la Universidad de La Habana, establecimos relaciones con el Grupo de Alelopatía de la Facultad de Ciencias de esta universidad española que nos permitió acceder a estas tecnologías. Fruto de esta colaboración ha sido el establecimiento de más de 30 estructuras de saponinas esteroidales aisladas de *Agave brittoniana*, *Agave offoyana* y *Furcraea hexapetala*. Llegar a la estructura de una saponina requiere conocer la naturaleza del aglígono (sapogenina) y las unidades de monosacáridos, siendo esto último lo más complejo por lo que, de las técnicas de RMN anteriormente mencionadas debemos resaltar la utilidad de los experimentos TOCSY (Total Correlation Spectroscopy), en la asignación completa de cada una de las señales de las unidades de azúcares, pese a encontrarse solapadas unas con otras en un pequeño intervalo del espectro. Para esto irradiamos las señales correspondientes a cada uno de los protones anoméricos; estos, debido a su naturaleza, están desapantallados con respecto a las demás, lo que facilita esta labor. Utilizando el procedimiento unidimensional conocido como "TOCSY en array" y diferentes valores de mix (tiempo de mezcla) pudimos obtener los subspectros correspondientes. El aumento en el valor del tiempo de mezcla nos permitió ver correlaciones a mayor distancia en sistemas de espín siempre que la magnitud de la constante de acoplamiento con el protón vecino, permita este efecto. Al superponer los subspectros al mayor tiempo de mezcla del TOCSY 1D para cada una de las unidades de azúcares se aprecia la simplificación que obtenemos con respecto al

^1H -RMN lo que facilita grandemente la asignación de cada señal.

La asignación de las señales de ^{13}C -RMN, especialmente las pertenecientes a los carbonos hidroxilados fue especialmente difícil, pues estas también aparecen congestionadas en un pequeño intervalo. Para esto, el espectro que más nos ayudó fue el HSQC-TOCSY, que gracias al ajuste del valor de tiempo de mezcla a 0,08 segundos, nos dio una correlación de los carbonos de cada una de las unidades de azúcar, con las señales de sus respectivos protones anoméricos.



Espectros TOCSY 1D de las unidades de azúcar de una saponina esterooidal y la asignación de cada una de sus señales



Espectro HSQC-TOCSY del Agabrittonósido A

Respecto al estado actual de las investigaciones con estas plantas, continuamos profundizando en los estudios fitoquímicos y en las posibles aplicaciones de estos productos mediante colaboraciones con la Unidad de Toxicología Experimental de la Universidad de Ciencias Médicas “Serafin Ruiz de Zárate Ruiz” de Villa Clara y la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” de Cienfuegos, que se materializan a través de dos proyectos de tesis doctorales.

En uno de ellos se evalúa la actividad farmacológica en modelo experimental de síndrome metabólico (conjunto de anomalías metabólicas) y colitis ulcerativa mediante experimentos “*in vivo*” sobre ratas Sprague Dawley. Los resultados obtenidos son alentadores pues se observa la reducción en el peso corporal, triacilglicéridos y tensión arterial de los animales con síndrome metabólico, así como la disminución del daño colónico, destacándose como mejores tratamientos aquellos en que se han utilizado las saponinas más polares. Por otra parte, teniendo en cuenta el uso que le han dado algunos campesinos de la provincia de Cienfuegos a estas plantas se estudia la efectividad insecticida de las mismas a niveles de laboratorio y campo, frente al áfido *Myzuspersicae* Sulzer y el ácaro blanco *P. latus* que provocan un serio problema fitosanitario en los cultivos de la papa y el pimiento. Hasta el momento se ha demostrado que las saponinas esterooidales son los metabolitos responsables de esta actividad.

Publicaciones derivadas del trabajo desarrollado

- 1) Guerra J.O, Nogueiras C, Laguna A, De Rojas M. “Estudio de las ceras obtenidas de hojas del Agave brittoniana T.” *Rev. Cub. Química*. 2007. 1, 62-64.

- 2) Macías F, Guerra J.O, Simonet A, Nogueiras C. “Characterization of the fraction components using 1D TOCSY and 1D ROESY experiments. Four new spirostane saponins from *Agave brittoniana* Trel. Spp. *Brachypus*.” *Magn. Reson. Chem.* **2007**. 45, 615-620.
- 3) Guerra J.O, Meneses A, Simonet A, Macías F, Nogueiras C, Gómez A, Escario J. “Saponinas esteroidales de la planta *Agave brittoniana* (Agavaceae) con actividad contra el parásito *Trichomona vaginalis*”. *Int. J. Trop. Biol.* **2008**. 56 (4), 1645-1652 ISSN-0034-7744
- 4) Macías F, Guerra J.O, Simonet A, Nogueiras C, Pérez A, “Characterization of three saponins from a fraction using 1D DOSY as a solvent signal suppression. Agabrittonosides E-F. Furostane saponins from *Agave brittoniana* Trel. Spp. *Brachypus*.” *Magn. Reson. Chem.* **2010**; 48, 350-355
- 5) Nogueiras C, Spengler I, Guerra J.O, Ortiz Y, Torres S, García T, Romeu C, Regalado E, González T, Perera W, Lacret R. “Contribution to the phytochemical study and biological activity of plants of Cuban flora” *Biotechnologia Aplicada* **10**. **2010**; 27(4), 315-318.
- 6) Castellanos L, Fernández A, Ortega I, Guerra J.O. “Effectiveness of *Furcraea hexapetala* (Jacq.) Urban extract on *Myzus persicae* Zulzer”. *Journal of Animal & Plant Science*, **2011**. 2, 1300-1305.
- 7) Pérez A, Calle J, Simonet A, Guerra J.O, Stochmal A, Macías F. “Bioactive steroidal saponins from *Agave affoyana* flowers”. *Phytochemistry* **2013**. 95, 298–307
- 8) Pérez A, Simonet A, Calle J, Pecio L, Guerra J.O, Stochmal A, Macías F. “Phytotoxic steroidal saponins from *Agave affoyana* leaves”. *Phytochemistry* **2014**. 105, 92–100
- 9) Guerra de León J. O. Monografía: “Los glicósidos esteroidales. Aislamiento y caracterización” *Ed. Samuel Feijoo*. Cuba **2010**. ISBN 978-959-250-541-4.
- 10) Guerra de León J. O “Estudio fitoquímico y de actividad biológica de agaves cubanos. El *Agave brittoniana* T.” (Libro impreso). *Ed. Académica española* **2012**. ISBN: 978-3-8465-6673-2.



Parte del equipo de trabajo que realiza sus investigaciones con plantas de la familia *Agavaceae*

La Química en el Cosmos: A 35 años del vuelo cubano-soviético

Historia de
la Química

Jorge Tomás Lodos Fernández

jorge.lodos@zerus.azcuba.cu

Grupo Azucarero AZCUBA

Químico (1964), Maestría (1965) Doctor en Ciencias Técnicas (1979), en la URSS, Doctor en Ciencias (1999); Investigador Titular (1975), Profesor Titular ISPJAE (1979) y de la UH (1997), miembro de la ACC (2012). Tiene 9 patentes concedidas y ha publicado 140 artículos y 5 libros vinculados, fundamentalmente, a la química y la tecnología química de la agroindustria azucarera. Ha recibido 11 premios y 3 órdenes nacionales.



El próximo 18 de septiembre se cumplirán 35 años del histórico vuelo conjunto cubano-soviético al Cosmos, donde Arnaldo Tamayo Méndez se convirtió en el primer cosmonauta latinoamericano.



Arnaldo Tamayo Méndez en 1980

Tamayo permaneció durante nueve días en el complejo orbital Saliut 6-Soyuz 37, acompañado por su compañero de vuelo Yuri Romanenko y por los dos tripulantes permanentes, Leonid Popov y Valeri Riumin.

El 26 de septiembre de 1980 culminó el vuelo en el cual el cosmonauta Arnaldo Tamayo llevó a cabo experimentos originales, como consecuencia del trabajo esmerado de más de 200 trabajadores de la ciencia de 20 instituciones de nuestro país. En un breve plazo, los científicos cubanos concibieron y prepararon, en colaboración con varias instituciones de la URSS, RDA y Bulgaria, 40 experimentos, 21 de los cuales habrían de realizarse durante el vuelo.

Lo anterior era una consecuencia de la integración de Cuba al Programa “InterCosmos”, a mediados de los años sesenta, a través del cual, generosamente, la Unión Soviética había puesto a disposición del resto de los países socialistas el uso de sus instalaciones y naves espaciales y, también, de los frutos que ya se comenzaban a recoger de la extraordinaria reforma educacional y científica iniciada en Cuba con la Revolución.



Arnaldo Tamayo junto a sus colegas Yuri Romanenko, Valeri Riumin y Leonid Popov, a bordo del complejo orbital. (Foto tomada del Granma, 2010).

Los experimentos podían agruparse en cuatro categorías:

1. Médico-biológicos
2. Psicométricos
3. De exploración de la tierra
4. Técnicos

Entre estos últimos, se encontraban tres que se relacionaban con la naturaleza química y física de materiales y con la cinética de su formación o crecimiento: “Azúcar”, “Zona” y “Caribe”. Los dos primeros, fueron auspiciados por el ICINAZ (Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras) y se referían al crecimiento de cristales orgánicos por primera vez en el Cosmos, en solución acuosa, donde había un antecedente en el experimento mongol “Erdenet” con solución de sulfato cúprico. El experimento “Caribe, auspiciado por el Laboratorio de Electrónica del Estado Sólido (LIEES) de la Facultad de Física de la Universidad de La Habana, desarrollaba la obtención de cristales y aleaciones de germanio-indio, germanio-arsénico y aluminio-germanio-arsénico.

El experimento “Azúcar (Sajar)” se realizó con un material de interés industrial y económico, vinculado con un gran número de sustancias importantes para las ciencias biológicas y médicas. Su objetivo era determinar el efecto de la microgravedad sobre la cristalización de la sacarosa en solución acuosa, con sobresaturación y temperatura controladas. La foto recrea el equipo que utilizó Tamayo en el experimento.



Foto del equipo utilizado en el experimento Azúcar (Sajar).

El ICINAZ construyó y/o preparó el banco óptico, el cristizador, los inyectores y extractores, así como los monocristales iniciales que servirían de semilla. Al cosmos subían las jeringuillas que se aprecian en la foto, con solución sobresaturada 1.075 de sacarosa a 23-

25°C, la temperatura ambiente de la nava, con solución sobresaturada de sacarosa a 30°C, con y sin un agente tensoactivo. Sus dimensiones se calcularon para poder calentarlas hasta 50°C en el calentador de comida en tubos de pasta existente en la nave Saliut y, así, garantizar la disolución de cualquier cristal remanente. Cada solución sobresaturada se inyectaba en una toma en cada una de las 4 celdas independientes que se aprecian en el recipiente rectangular o cristizador. Se tomaban fotos del cristal "creciente" cada 8 horas, aproximadamente, dependiendo del programa de trabajo del cosmonauta, durante 72 horas, 10 fotos en total, y poder estudiar la velocidad de cristalización. En cada celda se aprecia un "tapón" en el costado, con una fina aguja en la que estaba insertado un cristal de azúcar. La fotosecuencia de la cinética de crecimiento de dichos cristales se llevaba a cabo con la cámara fotográfica y el flash, equipos permanentes de la estación espacial. Es muy importante llevar al Cosmos poca carga y, sobre todo, bajar del mismo aún menos. El banco óptico, el cristizador y las jeringuillas con el líquido re-extraído se desechaban, y se convertían en "basura cósmica". Solo volvía a Tierra la aguja con el cristal ya “crecido” (sin el tapón) y el rollo de fotografías.

Todos los experimentos se replicaban simultáneamente en la tierra en condiciones normales, como referencia de comparación con lo que sucedía en el Cosmos, en las instalaciones del Instituto Soviético de Investigaciones Cósmicas, donde radicarón durante el vuelo las contrapartes cubanas y soviéticas. El grupo de “contrapartes” también daba solución a problemas inesperados. Por ejemplo, en el cristizador, la inyección de la solución en una celda no fue totalmente aislada y se introdujo una burbuja de aire que, en condiciones de ingravidez, puede encontrarse en cualquier lugar de la solución y afectar la cinética de crecimiento del cristal. Los científicos en tierra sugirieron crear una gravedad artificial, haciendo girar con rapidez el cristizador y dirigir la burbuja hacia la salida, lo que resolvió el problema en forma sencilla y original. Se relata fácil lo sucedido pero, en el momento en que sucedió, con lo

inesperado del problema y la responsabilidad vinculada, todos los presentes sudaron frío, aplaudieron y gritaron ¡Hurrá! cuando se dio la solución y, sobre todo, cuando la misma funcionó.

Como resultado del experimento, se observó un incremento de la rapidez de la cristalización en vez y media contra los experimentos hechos por otros autores en condiciones similares controladas de laboratorio, y de ocho veces, contra los experimentos paralelos en tierra, con el mismo equipamiento y materiales. La explicación de este comportamiento pudiera estar relacionada con la forma de la adición de las moléculas de sacarosa a la red cristalina, que es el mecanismo de crecimiento que predomina en tierra a temperaturas menores de 50°C.

De este trabajo fueron publicados varios artículos entre ellos:

- Morera R., Lodos J. y Casanova E. "Study of sucrose monocrystals growth in space: experiment "Sugar." International Conference of Socialist Countries about Materials Science Results in Space Program, Riga, May 18–22, 1983.
- Morera R., Lodos J. y Casanova E. "Crecimiento de monocristales de sacarosa en el espacio cósmico". Ciencias Técnicas, Físicas y Matemáticas, 3-10, Abril 1984.



El Dr. Eduardo Casanova, investigador del ICINAZ, explicándole a Tamayo y a Romanenko el experimento Azúcar.

El resto de los experimentos se desarrolló favorablemente, y sus autores podrán

describirlos en otras ediciones. Sin embargo, vale la pena mencionar que no todo fue feliz. Para el experimento "Masa Cocida", por ejemplo, se diseñó un recipiente hexagonal con 6 cavidades con ejes centrales sellados en cada una. En cada cavidad se situaba una suspensión de cristales de sacarosa en miel, con diferente concentración y/o tamaño del cristal, y se pretendía medir la viscosidad rotacional con los cristales idealmente distribuidos, al no haber gravedad, a diferencia de lo que sucede en tierra, cuando sedimentan y se crea un gradiente de distribución. En el viaje a Moscú, la hermeticidad del recipiente no resistió la vibración del avión y la mezcla viscosa, pegajosa y ¡dulce! se derramó por el equipaje. El experimento se desechó porque ¡¿Qué hubiera sucedido con la vibración del despegue cósmico?!



Recibimiento en el ICINAZ en 1981 a Tamayo, el primer cosmonauta cubano, que realizó dos experimentos del ICINAZ durante su estancia en el Cosmos. En la foto aparecen Tamayo, el autor de este artículo, en ese momento Director del ICINAZ y otros acompañantes.

Rebeca Vega Miche

vega@fq.uh.cu

Universidad de La Habana

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



Al triunfo de la Revolución, cuando la Universidad de La Habana reabre sus puertas después de dos años de inactividad docente, se mantiene prácticamente la estructura de carreras anterior a 1959. Sin embargo en julio de ese propio año se crea el doctorado en Ciencias Químicas, el cual se mantiene dos cursos, y permite la transición hacia esa carrera de los estudiantes del tercer y cuarto año de Farmacia y de Físicoquímicas. De ese doctorado se expidieron solo 6 títulos, según consta en el Registro de Títulos de la Universidad, y entre los graduados de ese efímero doctorado se encuentran Clara Nogueiras Lima, de reconocido prestigio en la Facultad de Química y las doctoras Claudina Zaldívar y Olimpia Carrillo, profesoras de Bioquímica de la Facultad de Biología

En esos primeros años de la Revolución se produce un éxodo masivo de profesores y se realiza un proceso de depuración del claustro, algunos piden su baja o jubilación, otros abandonan el país. En consecuencia, químicos, farmacéuticos, ingenieros y peritos azucareros que ejercían en institutos de segunda enseñanza, en laboratorios farmacéuticos o industrias, respondieron a un llamado de la Universidad y se encargaron de los cursos abandonados. No era raro que las clases o prácticas de laboratorio se impartieran en horario nocturno, una vez que esos profesionales terminaran su jornada laboral. Se incorporan al claustro, entre otros, Rafael

León, Héctor Touza, y Daysi Ruth Henríquez. Los propios estudiantes de años superiores impartieron clases de Química en distintas carreras y en institutos de segunda enseñanza.

En 1962 se aprueba la ley Reforma Universitaria, hito importante en la educación superior cubana y en el desarrollo social, científico, tecnológico y cultural del país. La Reforma puso el conocimiento científico en función de las necesidades del país pero a la par abrió las puertas de la Universidad a todos los sectores sociales. En el espíritu de la Reforma estaba la transformación universitaria, no solo desde el punto de vista estructural sino en lo que se refiere a la formación de los profesionales, dejando atrás una enseñanza tradicional para asumir la construcción y producción del conocimiento científico. En consecuencia, se produce un cambio radical en la relación de la Universidad con la sociedad.

Con la reforma se instituyó la carrera de Química a nivel de Licenciatura, con un plan de cuatro años y una organización semestral. Este plan de estudios no difiere mucho del antiguo doctorado, pero rápidamente se van produciendo cambios a tenor de las transformaciones que experimenta el país. La antigua sección de Química se transforma en la Escuela de Química de la Universidad de La Habana y las antiguas cátedras E, K, L y P en cuatro departamentos.

La primera directora de la Escuela fue la Dra. Ruth Daysi Enríquez, quien fue nombrada

decana de la Facultad de Ciencias y sustituida por la Dra. Rebeca León. Ocupan sucesivamente este cargo, el Dr. Arturo Amaral (1963), la Dra. Blanca Nieves Gómez Trueba (1968), la Dra. Nelly Cabrera (1970), el Lic. Francisco Llanes (1972) y el Dr. Carlos Peniche (1976).

En esta etapa, la Escuela de Química acoge a la Química Farmacéutica, desapareciendo por un corto periodo la antigua facultad y carrera de Farmacia. Esta situación se mantiene hasta 1971, cuando se crea la Escuela de Bioquímica Farmacéutica.

En la etapa comprendida entre la Reforma y el establecimiento del Plan Unificado en 1973 se realizan cambios sustanciales en la carrera que implicaron un incremento y actualización constante del nivel científico. Tan cambiantes como la estructura universitaria la Escuela fueron los planes de estudio y resulta difícil seguir estas transformaciones ya que coexisten simultáneamente varios de ellos. En un caso fue necesario dilatar el plan para estudiantes que como alumnos ayudantes, suplen el éxodo de profesores; se introducen nuevas asignaturas y se suprimen otras por la asesoría de especialistas extranjeros; hay asignaturas que se subdividen o aparecen con distintos nombre, e incluso se personalizan planes para especializar a determinados alumnos que van a trabajar con un especialista extranjero o que van a impartir una asignatura específica.

Así se separan las asignaturas de Química General e Inorgánica; el Análisis Instrumental se divide en Métodos Ópticos y Electrométricos; se adecua la Física a tres semestres; la Química Física se personaliza en Termodinámica, Mecánica Estadística, Cinética, Electroquímica, Química Cuántica, Espectroscopia y se introducen los Polímeros y la Química Física de las Superficies, y en la Química Orgánica se incluyen la síntesis y los mecanismos de reacción. En esta época la carga semanal ronda las 30 horas. Estos planes no exigían la defensa

de la tesis de diploma como forma de culminación de estudios, aunque algunos estudiantes se incorporaron a los incipientes grupos de investigación y muchos defendieron sus tesis del grado de licenciatura.

A partir de la Reforma comienza la preocupación por elevar el nivel científico mediante el desarrollo de investigaciones por parte de los profesores y estudiantes. En fecha tan temprana como 1964, Ernesto Che Guevara, entonces Ministro de Industrias, en carta a la Decana de la Facultad de Ciencias, argumenta la necesidad de aplicar la Química a la solución de los problemas del país y propone grupos de trabajos, que podían ser realizados en la Escuela de Química, vinculados al estudio de plantas medicinales, procesos y análisis relacionados con la industria azucarera y materias primas empleados en diferentes industrias del país. Paralelamente ingresan al claustro profesionales con experiencia que contribuyen al desarrollo de las investigaciones.

Una figura importante fue el doctor Amaral, analista químico con estudios de postgrado en Estados Unidos. Amaral organiza y dirige la actividad investigativa del departamento de Química Analítica donde se desarrollaron importantes trabajos de aplicación como fueron: la recuperación de estaño a partir de chatarra, la matriz de níquel en la fábrica de discos, la determinación de plomo en un lote de computas vendido a Francia y objeto de reclamación por ese país; y servicios analíticos en materias primas para la sustitución de importaciones.¹ Al Departamento de Analítica se incorpora Arnaldo Aguiar, perito químico azucarero y doctor en Farmacia quien participa activamente en las investigaciones aplicadas. Procedente del Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas, llega a la Escuela, José Luis Mola, de amplia experiencia en síntesis orgánica, quien además de impartir clases en esta disciplina desarrolla investigaciones en esa área. En 1966

¹ Testimonio brindado por el Dr. Arnaldo Aguiar.

se incorpora adjunto al claustro el Jorge Lodos, recién egresado de la Unión Soviética, quien organiza un grupo de estudiantes con intereses en investigaciones sobre los derivados del furfural, tanto en el campo sintético como en el de los polímeros. Lodos imparte en 1967 el primer curso de Química Cuántica en la carrera.

También comienzan los estudios de postgrado mediante escuelas de verano impartidas por especialistas franceses auspiciados por la UNESCO.

Desde los primeros años de la década de los sesenta, la Escuela de Química recibe asesoría de los antiguos países socialistas: Hessen el área de productos naturales; Tsirielnikov en inorgánica, Páček y Popipšil Fernando Blanco en orgánica, Pustovarov en síntesis orgánica y Komenda y Cíhalík en el campo farmacéutico. También se aprovecha la experiencia de los especialistas extranjeros que vienen a Cuba a otras instituciones antiguamente universitarias como el CNIC, en donde realizan sus tesis de grado un grupo de estudiantes. Allí se inicia el grupo de electroquímica bajo la dirección de Siegfried Müller.

Otro grupo de investigaciones que se organiza a fines de la década de los sesenta es el grupo de polímeros. En 1968, Jacques Rieumont sale a realizar una maestría en la URSS y por esa misma época llega a Cuba el Dr. Sandro Gandini, quien se encarga de dirigir científicamente el grupo. Ahí realizan tempranamente su doctorado Los profesores Ricardo Martínez, Jacques Rieumont, Silvia Prieto, Norma Galego en 1975 y posteriormente en 1984 Rubén Álvarez. Carlos Peniche defiende su grado en Inglaterra en 1973.

En la Universidad Alexander von Humboldt culminan en 1975 su doctorado Clara Nogueiras, Victor Jiménez, Gabriel Padrón y José Luis Mola. Otros profesores obtienen el grado en Checoslovaquia como Arnaldo Aguiar y en la URSS como Jesús Alpízar, entre otros.

Entre 1970 y 1977 se celebran los cuatro primeros eventos científicos de la Facultad de Ciencias con amplia presencia de la Escuela de Química. Profesores y estudiantes de la escuela también presentan ponencias en otros eventos como los seminarios científicos del CNIC y

desde 1967 la Conferencia de Química de Oriente, en Santiago de Cuba. Aunque habían existido esporádicos eventos científicos de estudiantes, no es hasta 1971 que comienza a celebrarse de manera anual la Jornada Científica Estudiantil con un número importante de trabajos, expresión de la incorporación de aquellos a las investigaciones. En esta década comienzan a reflejarse en publicaciones científicas los resultados de las investigaciones, especialmente en la Revista Cubana de Química, La Revista Cubana de Farmacia, y en publicaciones internacionales.

Culminan sus doctorados Carlos Pérez en Alemania en 1979 y Pedro Ortiz en Cuba en 1981 lo que permitió contar con especialistas de alto nivel en el campo de las determinaciones estructurales, lo cual apoyó las investigaciones tanto de carácter teórico como aplicadas.

A comienzos de los 80, ya el claustro contaba con 10 doctores en Ciencias Químicas y estaban en plan de doctorado otros 15 aspirantes. La colaboración extranjera continuada permitió, en esa década la realización de doctorados en Cuba como los defendidos por Margarita Suárez, Carlos Núñez, Silio López, Cecilia Cordeiro, Eugenia Chacón, y José Blanco Prieto, entre otros. También continúa la obtención de grados de doctor en los países socialistas, Canadá, Francia o México, lo cual posibilitó que el claustro tuviese más de un 50% de profesores con grado científico. Un grupo importante de profesores alcanzó el título de Especialista, equivalente al de maestro en ciencias.

Las investigaciones de la Facultad estaban agrupadas en varias líneas relacionadas con el desarrollo del país entre las cuales se encontraban la utilización de recursos naturales, la síntesis de medicamentos, el análisis de materiales lateríticos, el aprovechamiento de los derivados de la caña de azúcar, trabajos que vincularon a 71 profesores y a más de 140 estudiantes. Se trabaja coordinadamente con otros organismos y centros de investigaciones como el MINSAP (especialmente con el INOR), CNIC, ICIDCA, ICINAZ, CIPIMM, ININ e IQBE.

La participación de profesores y estudiantes en tareas imprescindibles para el desarrollo

económico del país forma parte de la vida universitaria después de la Reforma: los análisis de suelos para el plan café Nuevo Mundo del Cordón de La Habana en 1968-69, los análisis químicos en los centrales azucareros en las zafras de 1970 y 1971, son ejemplos de ello. De estos trabajos de aplicación se forman los grupos de investigaciones, el grupo de Nutrición de la Caña, dirigido por Amaral, que con posterioridad pasa a la Escuela de Biología y un colectivo que pasa a engrosar la Estación Experimental de Tapaste, hoy INCA.

Los trabajos voluntarios y la defensa del país no fueron ajenos a la vida de los químicos. Profesores y estudiantes estaban integrados al batallón 154 de las milicias universitarias, y muchos de los docentes se desempeñaron como oficiales en la defensa química. Hacia fines de los 70 y durante la década de los 80 se produce la colaboración entre la universidad y distintos países africanos y varios profesores cumplen misiones internacionalistas en países de ese continente.

1971 es una fecha importante en la docencia universitaria. A sugerencia de Fidel, en el I Congreso de Educación y Cultura, se universaliza la enseñanza, que abre una nueva etapa en el vínculo entre la universidad y la sociedad. La introducción del principio martiano de la combinación del estudio y el trabajo hace que los planes de estudio se adecuen a 20 horas lectivas de modo que los estudiantes puedan incorporarse media jornada a distintos centros laborales. Este plan, llamado unificado, por ser común a las tres universidades oficializa cambios que se habían estado produciendo desde la década del sesenta y se profundiza el nivel científico de los contenidos. Ya en esa fecha, los estudiantes de Química se vinculan sistemáticamente a las investigaciones, lo cual se había venido desarrollando con anterioridad, de manera esporádica, y en grupos pequeños. Ello que posibilita que en 1973, se restablezca el

trabajo de diploma como forma de culminación de la carrera.

En 1973, como otra expresión de la universalización de la enseñanza, se abren los cursos para trabajadores y cuyo currículum de seis años equivalía al del curso regular diurno. La primera generación de este tipo de curso graduó cerca de un centenar de profesionales. En 1976 se crea el Ministerio de Educación Superior (MES) y en 1979 el desarrollo de la carrera y su fortaleza en investigaciones y postgrado posibilita que la Escuela de Química se convierta en Facultad de Química. Como decano de la Facultad es nombrado el Dr. Jacques Rieumont. La Dra. Clara Nogueiras y el Dr. Roberto Cao ocupan, en ese momento, los vicedecanatos de investigaciones y docencia respectivamente. Han ocupado el cargo de decano con posterioridad los doctores Leslie Yañez (1987), José Manuel Nieto (2008), Estael Ochoa (2011) y Dionisio Zaldívar (2015).

Todas estas modificaciones de la vida universitaria conllevaron cambios estructurales. En 1977 se lleva a cabo el primer proceso de categorías docentes y como expresión del trabajo docente e investigativo de 15 años de reforma, muchos profesores obtuvieron la categoría principal de auxiliar o titular. El proceso de categorización con mayor flexibilidad en cuanto a la conformación de la plantilla ha continuado hasta la actualidad.

En 1976 se aprueba el plan de estudios “A” que organiza en distintas figuras la práctica laboral e investigativa e instaura el trabajo de diploma como forma de culminación de estudios de la carrera. Este plan de estudios contemplaba inicialmente la formación de especialistas pero confrontó problemas para la correspondiente ubicación laboral de los estudiantes y no se mantuvo. Al frente de la comisión de especialistas que dirigió el diseño del plan A se encontraba el Maestro en Ciencias Julian Pereyra Simó²

² Documentos del Plan de Estudios “A”

Es importante destacar en este periodo la elaboración de los textos básicos a emplear en el proceso docente como parte del plan de autores cubanos, tarea que conllevó una gran dedicación del claustro, y en los que se volcó toda la experiencia acumulada en la docencia y las investigaciones por más de una década. Entre muchos de los textos escritos en esa época vale mencionar el tratado de Termodinámica, los tres tomos de Química Orgánica y los libros de Electroquímica, que aún mantienen vigencia como obras de consulta, y por los que han estudiado decenas de químicos en todo el país.

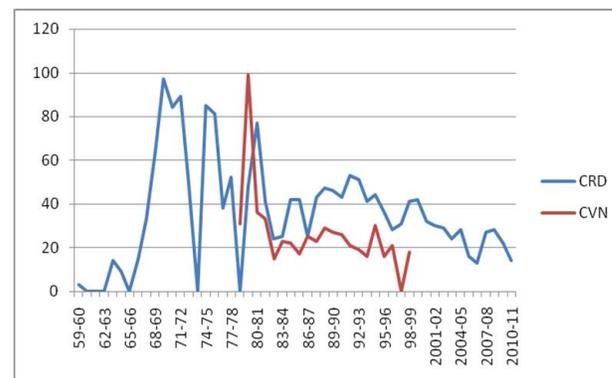
Al plan “A” del 76, le sucede el plan de estudios “B” (1981), cuyo diseño fue encargado a la Comisión de Especialistas dirigida por el M.C. José Blanco Prieto. El plan “B” prestó especial atención a un modelo de profesional de perfil amplio, a diferencia del “A” que formaba químicos en cuatro especialidades. En este plan se logró un mejor equilibrio entre todas las formas de enseñanza y tipos de clases y se incrementó el tiempo dedicado a las prácticas de laboratorio. Se introduce la enseñanza de la computación en el currículo como herramienta eficaz para el trabajo profesional³.

El continuo perfeccionamiento del proceso docente conllevó a la sucesiva implementación de nuevos planes de estudio. Aunque desde el Plan Unificado se contó con la colaboración de los profesores de la Universidad de Oriente y de la Universidad Central de Las Villas, para el diseño del Plan de Estudios “C” se crea la Comisión Nacional de la Carrera de Química (CNC) con la Universidad de La Habana como centro rector y con amplia participación de los profesores de las tres universidades. Su primer presidente fue el Dr. Carlos Pérez y con posterioridad presiden dicha comisión la Dra. Clara Nogueiras (1992), la Dra. Rebeca Vega (1994) y la Dra. Marianela González (2008). Los planes “C” (1990), “C Perfeccionado” (1997) y el “D” (2006), diseñados por la CNC

fueron concebidos para formar un químico de perfil amplio y aunque están organizados en disciplinas y años apuntan hacia una mayor integración de los contenidos curriculares. Estos planes paulatinamente fueron definiendo la investigación como el modo de actuación fundamental del químico y de ahí el diseño de una disciplina integradora “Métodos de Investigación en Química”, columna vertebral del plan de estudios y que propicia la incorporación curricular de los estudiantes a las investigaciones en grupos priorizados por el país. Los estudiantes de la Facultad continúan comprometidos con las tareas que demanda la sociedad, como profesores en las secundarias básicas, como alumnos ayudantes o en cualquier otra actividad social productiva o de la defensa del país.

La carrera de Química en la Universidad de La Habana fue acreditada por primera vez en el 2005 como carrera de Excelencia por la Junta de Acreditación Nacional (JAN) y ratificada esta condición en el 2012.

Durante medio siglo (1960-2010) la carrera de Química ha graduado un total de 2393 licenciados tanto en los cursos regulares como en los cursos para trabajadores.



Graduados de la carrera de Química en el CRD y el CVN

La Facultad de Química ha sido el germen de otros centros de investigación. Si en la década

³ Documentos del Plan de Estudios “B”

del 70 fue el Laboratorio de Nutrición de la de la Caña de Azúcar, con posterioridad se produce la salida de profesionales de alto nivel hacia otros centros de investigación. En 1982 y a solicitud del Consejo de Estado, se produce la salida de los doctores Víctor Jiménez, Lila Castellanos y Gabriel Padrón hacia el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología. En 1985 se crea el Instituto de Materiales y Reactivos (IMRE) bajo el auspicio de las facultades de Química y Física y al frente de cual se nombra al Dr. Leonel Pérez Marín, profesor de la Facultad de Química.

Las investigaciones en la Facultad hacen posible la creación de laboratorios especializados. Se crea el grupo de Química Teórica, dirigido por Dr. Luis A. Montero, que desarrolla su trabajo en el cálculo de propiedades moleculares mediante procedimientos aproximados de química cuántica y la modelación de reacciones favorecidas, estructuras geométricas y asociaciones moleculares.

El Centro de Biomateriales, surge a partir del grupo de polímeros de la Facultad y bajo la dirección del Dr. Rubén Álvarez, desarrollan varios productos de amplio uso en medicina como el Tysuacril, que han sido premiados por instituciones nacionales.

Se crea el Laboratorio de Síntesis Orgánica (LSO), donde, bajo la dirección la Dra. Margarita Suárez, se han desarrollado fármacos para el tratamiento de la epilepsia y trastornos neurológicos, medicamentos genéricos para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, compuestos de actividad antiparasitaria, antirretrovirales, entre otros.

En 1980 llega el Vicente Vérez, graduado de la URSS y especializado en síntesis de carbohidratos. Posteriormente obtiene su doctorado en Francia y crea el Laboratorio de Antígenos Sintéticos (LAGS). El trabajo de ese colectivo exhibe uno de los logros científicos más importantes del país, la síntesis de la vacuna contra el *Haemophilus Influenzae* tipo B, publicado en el 2004 en la revista Science y objeto de premios internacionales. Este laboratorio pasó posteriormente a formar parte del Instituto de Química Biológica, dirigido por el propio Vérez.

El laboratorio de Bioinorgánica, dirigido por el Dr. Roberto Cao, ha sintetizado diferentes compuestos con propiedades antitumorales, antiinflamatorias y antioxidantes y se ha desarrollado una tecnología para la producción nacional del cis-diclorodiamino platino (II), una de las drogas antitumorales de mayor demanda mundial.

Otro laboratorio que ha desarrollado productos de importancia económica ha sido el Centro de Estudios de Productos Naturales, derivado del laboratorio de igual denominación. Este centro, dirigido inicialmente por el Dr. Francisco Coll Manchado, comienza el trabajo en hormonas reguladoras del crecimiento vegetal y cuyo logro más importante ha sido la obtención del BIOBRAS-16, brasinoesteroide, producto que ha sido registrado en varios países latinoamericanos.

La vinculación entre los centros y laboratorios de la Facultad de Química y los centros de investigaciones pertenecientes al Polo Científico del Oeste, a partir de los años 90, ha sido muy estrecha, y los frutos del trabajo realizado por la Facultad han dado lugar a premios y reconocimientos internacionales, de la Academia de Ciencias de Cuba, de la Universidad de La Habana y del Ministerio de Educación Superior.

La colaboración de universidades extranjeras y sociedades científicas con la Facultad de Química ha sido una constante de las relaciones internacionales. A prestigiosas personalidades del mundo de la Química le ha sido otorgada la categoría de Profesor Invitado, mientras el Dr. Ernest Eliel de los Estados Unidos y el Dr. Nazario Martín de la Universidad Complutense de Madrid, ostentan el título de Doctor Honoris Causa de la Universidad de La Habana.

El postgrado continúa como una importante vía de formación de químicos. Tanto la Maestría como el doctorado ostentan la calificación de Excelencia otorgada por la JAN en los procesos de acreditación. Las figuras de la Maestría y el Doctorado en Químicas han tenido repercusión no sólo en el ámbito nacional sino internacional.

Varios profesores de la Facultad trabajan en universidades latinoamericanas en maestrías y cursos de postgrado y se desarrollan

investigaciones conjuntas con muchas universidades en Europa y América Latina.

Debe destacarse que en estos momentos, componen el claustro cuatro profesores que han defendido el grado de Doctor en Ciencias⁴: Ricardo Martínez, Carlos Peniche, Roberto Cao y Luis A. Montero.

Un reconocimiento importante al dedicado trabajo de los profesores universitarios es el título de Profesor de Mérito. En la Facultad de Química ostentan esta distinción los profesores José Luis Mola (1997), Jacques Rieumont (2003), Arnaldo Aguiar, Margarita Suárez 2012, Clara Nogueiras 2013, Ricardo Martínez 2013, Carlos Pérez 2015, Luis Montero 2014, Carlos Peniche 2015, y Pedro Ortiz 2015. También es Profesor de Mérito desde 1996 la Dra. Daysi Henriques.⁵

Este trabajo no pretende abarcar todos y cada uno de los resultados de la Facultad a medio siglo de la Reforma Universitaria.⁶ Es solo un intento de preservar la memoria histórica de la Universidad de La Habana y honrar en sentido general a los profesores de Química. No es posible olvidar que la historia la hacen los hombres bajo determinadas circunstancias.

La formación de químicos en la Universidad de La Habana, después de la Reforma, confirma la aseveración de Martí: << Al mundo nuevo le corresponde la Universidad nueva >>.⁷

Bibliografía Consultada.

- De Armas, R., Torres-Cuevas E., Cairo A. (1984). Historia de la Universidad de La Habana. Ed. Ciencias Sociales. La Habana.
- Datos del Departamento de Estadísticas de la Universidad de La Habana.

- Informe de Autoevaluación de la carrera de Química. (2005). Facultad de Química. Universidad de La Habana.
- Linares, D., López, S., Pereyra, J., Castro, D. (1981). Historia de la Facultad de Química (Inédito).
- Vega, R. (1999). History of Chemistry in Cuba. 218 Congress of the American Chemical Society. New Orleans.
- Vega, R. (2000). De la Píldora de Ugarte al PPG. *Revista Cubana de Química*. No.1.
- Vega, R. (2001). Breve panorama histórico de los estudios superiores de Química en Cuba. III Congreso Internacional de la Sociedad Cubana de Química.
- Vega, R. (2008). Química Intramuros. *Revista Universidad de La Habana*. Número Especial por el 280 Aniversario de la UH.
- Vega, R. (2012) La formación de químicos en la Universidad de La Habana antes y después de la Reforma Universitaria de 1962” Panel “50 Años de la Reforma Universitaria” organizado por la Casa de Estudios Fernando Ortiz.
- Vega, R. (Inédito) Contribución de la enseñanza de pregrado en la Universidad de La Habana al desarrollo cultural, científico y tecnológico del país.

⁴ El título de Doctor en Ciencias corresponde a un segundo doctorado, el grado de los restantes profesores mencionados es el de Doctor en Ciencias Químicas

⁵ Dpto. de Atención a Profesores e Investigadores. Dirección de Cuadros. UH.

⁶ Este trabajo puede contener inexactitudes o lamentables omisiones por lo que la autora pide de antemano disculpas y ruega contribuyan con cualquier dato que permita enriquecer la historia de la facultad.

⁷ José Martí. Obras Escogidas. T.8, p.281.

Juan Jesús Piña Leyte-Vidal

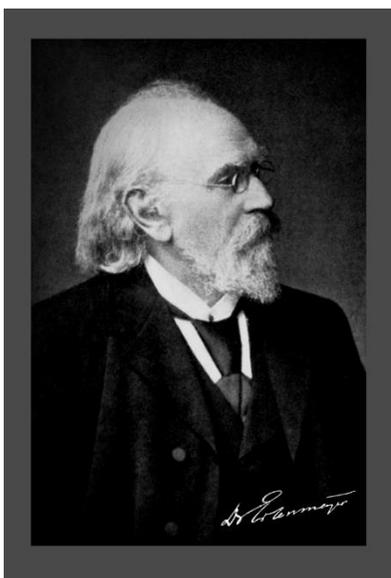
juanplv@fq.uh.cu

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

Juan Jesús Piña Leyte-Vidal La Habana, 1985 Graduado de Técnico Medio en Farmacia Industrial, 2004 Licenciado en Química, 2011. Instructor del Departamento de Química Analítica. Miembro de la Asociación de Pedagogos de Cuba y de la Sociedad Cubana de Química.



Erlenmeyer nació en Wehen, (Wehen actual Taunusstein, Alemania) cerca de Wiesbaden, el 28 de junio de 1825 y falleció el 22 de enero de 1909 en (Aschaffenburg, Alemania), fue hijo del Dr. Friedrich Erlenmeyer, pastor protestante. Cuando aprobó su examen de Maturitäts en 1845, tuvo la intención de estudiar medicina, y con ese objetivo se dirigió a la Universidad de Giesen, en la que asistió a las conferencias de Liebig; dichas conferencias y la personalidad de Liebig tuvieron tal efecto en el joven estudiante, que decidió dedicarse por completo a la química. En el verano de 1846 viajó a Heidelberg, donde estudió durante un año física, botánica y mineralogía con Jolly, Bischoff y Leonhardt, luego de lo cual, en 1847, regresó a Giesen.



Richard August Carl Emil Erlenmeyer.

Erlenmeyer trabajó como asistente de H. Hill y posteriormente de Fresenius, tras lo cual decidió dedicarse a la química farmacéutica. Con ese propósito cursó estudios en Nassau, donde realizó el Examen Estatal de Farmacia y poco después se dedicó al negocio de farmacéutico, primeramente en Katzenellenbogen y después en Wiesbaden. Al parecer, la actividad farmacéutica no tuvo encanto para Erlenmeyer, y, a fin de proseguir su carrera magisterial, se graduó en Giesen en 1850, y en 1855 se dirigió a Heidelberg para consagrarse enteramente a la química. Allí convirtió una nave en laboratorio privado, donde realizó investigaciones para centros industriales y realizó visitas frecuentes a Francia e Inglaterra en calidad de experto. En 1857 Erlenmeyer pasó a ser “Privatdocent”, y su tesis “Sobre la manufactura del fertilizante artificial conocido como superfosfato” contenía una descripción de varias sustancias cristalinas que suscitó gran interés en Bunsen. Durante su estancia en Heidelberg recibió la influencia de Kekulé y fue uno de los primeros en adoptar sus puntos de vista teóricos; posteriormente, cuando Kekulé se trasladó a Ghent, en 1859, el laboratorio de Erlenmeyer se convirtió en el centro de la química orgánica en Heidelberg. Por sus éxitos en la enseñanza, en 1863 la Universidad de Heidelberg lo nombró Profesor Extraordinario y en 1868 fue invitado a Munich para encargarse de los modernos laboratorios de la nueva Escuela Politécnica, puesto que conservó hasta que se retiró de la docencia en 1883. En ese

preparación de ácido pirúvico por destilación del ácido tartárico (1881), entre otras.

Las investigaciones realizadas sobre compuestos aromáticos incluyen una importante serie de artículos sobre el isomerismo en los ácidos cinnámicos, así como un importante artículo publicado en 1882, junto con Lipp, sobre la síntesis de la tirosina por hidroxilación de la fenilalanina.

En 1875 Erlenmeyer llevó a cabo (con Widmann) una investigación sobre la nitración del ácido benzoico, en la que refutó definitivamente el planteamiento de Fittica de que existían más de tres ácidos nitrobenzoicos. Asimismo, objetó, mediante una serie de investigaciones muy minuciosas, realizadas con Kayser, F. Fischer y Lipp, el planteamiento de Wislicenus (1863), de que el ácido láctico producido mediante la acción del cianuro de potasio sobre la etilenclorohidrina, y también el contenido en pequeñas cantidades en el extracto de carne, es diferente del ácido hidracrílico obtenido por Beilstein del ácido β -iodopropiónico.

Tuvo que dejar su trabajo académico en 1883 por motivos de salud, pero siguió colaborando como asesor. Murió en la ciudad de Aschaffenburg. Su hijo, Friedrich Gustav Carl Emil Erlenmeyer (1864-1921), quien también estudió química, continuó los trabajos de su padre.

Breve cronología de sus aportes a la Química.

1. 1861: diseñó y creó el matraz de Erlenmeyer.
2. 1863: propuso la teoría de la valencia.
3. 1865: descubrió el ácido isobutírico.
4. 1866: sugirió la fórmula del naftaleno.
5. 1867: estableció la fórmula de los ácidos lácticos e hidroacrílicos.
6. 1874: definió la fórmula del diazonio para las sales diazoicas, aunque había sido establecida independientemente en 1869 por Christian Wilhelm Blomstrand (1826-1897) y en 1871 por Adolf Friedrich Ludwig Strecker (1822-1871).
7. 1880: aclaró la estructura de las lactonas.
8. 1883: fue el primero en sintetizar la tirosina.

9. Fue el primero en definir la existencia de enlaces dobles y triples en la química del carbono
10. Fue el primero en sintetizar la guanidina, creatina y creatinina
11. Fue el primero en sintetizar la guanidina, creatina y creatinina
12. Estableció la que posteriormente se llamaría Regla de Erlenmeyer (tautomería ceto-enólica)
13. Recomendó la utilización del término *aromático* para hacer referencia a todos los compuestos de propiedades similares al benceno

Referencias

1. Otto N. Witt (1911). «Obituary notices: Friedrich Konrad Beilstein, 1838–1906; Emil Erlenmeyer, 1825–1909; Rudolph Fittig, 1835–1910; Hans Heinrich Landolt, 1831–1910; Nikolai Alexandrovitsch Menshutkin, 1842–1907; Sir Walter Palmer, Bart., 1858–1910». *J. Chem. Soc., Trans.* **99**: 1646–1668.
2. Otto Krätz (1972). «Das Portrait: Emil Erlenmeyer 1825-1909». *Chemie in unserer Zeit* **6** (2): 53–58.
3. M. Conrad (1910). «Emil Erlenmeyer». *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* **43** (3): 3645 – 3664.



Manuel Alvarez Prieto

malvarez@imre.oc.uh.cu

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

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



En la primera parte de esta serie, se expusieron los principios del trabajo científico desde el punto de vista personal del autor.¹ Con el interés de transmitir a las nuevas generaciones de científicos algunas experiencias personales, se explicaron someramente esos principios. El primero es **“La identificación de los problemas científicos a resolver es un paso inicial y esencial de todo trabajo científico para la búsqueda de sus soluciones.”** Con este artículo se inicia la discusión *in extenso* de esos principios con el interés de ayudar al desarrollo de los investigadores jóvenes.

Un problema científico se origina por una carencia o déficit del conocimiento sobre una entidad, el objeto del conocimiento. Esa carencia o déficit tiene un carácter objetivo,² es decir, la sociedad no dispone del conocimiento. No es una limitación del investigador, debida a su ignorancia particular, sino que es algo desconocido por todos los miembros de la sociedad. Téngase en cuenta que la Ciencia es ante todo una actividad social, no de individuos aislados.

La capacidad de concebir problemas científicos es un rasgo esencialmente humano. Somos los únicos seres capaces de sentir la necesidad y el gusto de añadir dificultades a las que ya nos plantean el medio natural y el social.³

Toda investigación científica parte de la identificación y formulación de un problema científico, y se orienta hacia la búsqueda de su solución. Los problemas que se identifiquen deben estar dirigidos a realizar un aporte al conocimiento sobre bases científicas, es decir, con el uso del método científico. Esto supone, además, el empleo de los conocimientos desarrollados con anterioridad, que constituyen precedentes.

El proceso de obtención del conocimiento científico se desarrolla a partir de una interacción lógica entre el sujeto del conocimiento (el (o los)

investigador(es) científico(s) involucrado(s) y el objeto del conocimiento (entidad sobre la cual se pretende obtener el nuevo conocimiento). El sujeto reconoce la carencia objetiva de conocimientos sobre el objeto y comprende que dicho conocimiento puede ser importante desde algún punto de vista: teórico, práctico o ambos. Por supuesto, la carencia objetiva de conocimiento, es también una carencia subjetiva por parte del sujeto del conocimiento. La motivación para la obtención del nuevo conocimiento (que puede tener varios orígenes) es el elemento que dinamiza el proceso científico de su búsqueda.



—Para mí, Luisa, lo más importante no es este macabro experimento en sí... Es resolver el problema científico que hay detrás de todo esto.

Pero el reconocimiento de que la carencia de conocimiento es objetiva y no subjetiva, requiere conocer si existen investigaciones científicas anteriores sobre el objeto del conocimiento que hayan resuelto del problema. En primer lugar, es necesario comprobar que la carencia es verdaderamente objetiva, y en segundo lugar, la

conducción exitosa de la investigación científica relacionada requiere de los conocimientos previos sobre el objeto de la investigación. Este segundo aspecto es tan importante como el primero. Por esas razones, el sujeto del conocimiento debe conocer lo más extensamente posible “el estado del arte” del conocimiento sobre el objeto. O como se expresa usualmente, el investigador debe estar actualizado, debe poseer conocimientos actualizados sobre el objeto de la investigación. Usualmente esto requiere un arduo esfuerzo individual, caracterizado por el examen y la averiguación detallada y diligente de los conocimientos existentes, con el objetivo de lograr la realización de juicios críticos sobre ellos. Es decir, esa labor tiene que ser esencialmente crítica: sin crítica no hay Ciencia. El cuestionamiento de las ideas, los conceptos y las proposiciones que se establecen como ciertos, en ocasiones (quizás se pueda aceptar que muy a menudo) conducen a la identificación de los problemas científicos.

Se puede agregar con el interés de enfatizar, que la identificación y formulación cuidadosa de un problema científico será exitosa en la medida del nivel de preparación profesional y los conocimientos que posea el sujeto del conocimiento sobre el objeto del conocimiento. Por ello, es requerido un estudio detallado de los antecedentes científicos disponibles y será favorable disponer de los conocimientos de otros campos científicos que pudieran relacionarse. Si no se dispone de ellos, habrá que adquirirlos.

El fin último de toda labor científica es realizar aportes al conocimiento que puedan contribuir de alguna forma al desarrollo de la Ciencia. Por tanto la solución del problema científico conduce necesariamente a un aporte al conocimiento. En ningún momento debe confundirse un problema científico con un problema económico, social, tecnológico o de otro tipo, aunque éstos puedan resolverse sobre bases científicas. Tampoco debe confundirse el problema científico con el objetivo científico de una investigación. Este último concepto será motivo de análisis en otro artículo de esta serie.

Se ha realizado una descripción formalizada y rigurosa de los problemas científicos,³ algo que no se abordará aquí. Es necesario recordar que el interés de esta discusión es presentar un conjunto de ideas sobre los problemas científicos que sean de utilidad práctica para los investigadores jóvenes.

La identificación y formulación de un problema científico es en ocasiones un asunto trivial. Por ejemplo, si se obtiene un nuevo compuesto químico, el desconocimiento de sus propiedades físicas y químicas origina un problema científico trivial: se

desconocen sus propiedades. Esto origina un trabajo científico sistematizador, consistente en la ubicación de esas propiedades en el entramado del conocimiento sobre las propiedades de los compuestos químicos. O sea, el interés es organizar el nuevo conocimiento según un sistema de conocimientos ya existente. El hecho de que la identificación y formulación del problema científico sea trivial no significa que su solución no sea importante.

La identificación y formulación perfeccionada de otros problemas científicos no resulta trivial. En ocasiones, ese proceso toma tiempo y requiere de un trabajo intelectual arduo. A veces es un proceso que puede tomar un tiempo extenso, hasta años, acompañado de un esfuerzo intelectual notable. Esto es más destacado cuando el problema científico que se identifique está relacionado con la mejora o el perfeccionamiento de conceptos elaborados con anterioridad. Los trabajos científicos derivados son de un tipo denominado generalizador. Por ejemplo, el reconocimiento de que las propiedades que deben tener las mediciones dependen del uso que se le vaya a dar a sus resultados pudiera originar trabajos científicos de tipo generalizador. A primera vista, esa declaración sobre las mediciones puede parecer evidente. Sin embargo, tanto en la práctica como en la teoría de las mediciones, es algo no explícitamente reconocido.

La identificación y formulación cuidadosa de los problemas científicos son útiles especialmente si éstos son difíciles e intrincados. Parece que en casos triviales la experiencia, el juicio profesional y tal vez la intuición, sustituyen la actividad consciente dirigida a la identificación y formulación explícita de los problemas científicos. Sin embargo, como norma es apropiado identificar, formular y expresar los problemas científicos.

Puede agregarse que la identificación y formulación clara de un problema científico no es un acto sino un proceso. Es más, cuando se inicia ese proceso, el sujeto del conocimiento puede lograr una identificación y una formulación iniciales del problema científico, que puede sufrir modificaciones durante el transcurso de la investigación. Gracias al incremento de los conocimientos teóricos y prácticos sobre el objeto de conocimiento, como norma la formulación del problema va mejorándose, va perfeccionándose.

El proceso de identificación y formulación del problema científico tiene que desarrollarse a partir del análisis de todos sus elementos e implicaciones, así como los nexos que se establecen entre los

conceptos involucrados. También debe tomar en cuenta durante todo momento el objeto del problema, las condiciones del problema y los objetivos del problema.²

Los problemas científicos pueden quedar definidos con la intención de sustituir los viejos conocimientos por otros de mayor valor teórico y/o práctico, que conduzcan al desarrollo de la Ciencia. Una necesidad de la sociedad puede ser un factor que dinamice esa generación de nuevos conocimientos perfeccionados. Un ejemplo de problema científico de actualidad es que no se dispone de una vacuna efectiva contra la fiebre hemorrágica viral del Ébola. Sin embargo, aunque las necesidades prácticas pueden constituir una fuente importante de problemas científicos, insistir exageradamente sobre la aplicación práctica a expensas del valor científico intrínseco, es a largo plazo esterilizador, y el plazo largo es lo que cuenta en una empresa colectiva como la Ciencia. Los problemas científicos no son primariamente problemas de acción, sino de conocimiento.³

El problema científico identificado debe poseer claramente interés para la sociedad o la Ciencia, y debe expresarse en términos y conceptos propios de la Ciencia, partiendo del conjunto de conceptos científicos ya existente. Su formulación no debe contener contradicciones internas, debe ser independiente de cualquier teoría que intente explicar los hechos, y su formulación debe ser clara y no dejar espacio a ambigüedades. Su formulación debe corresponderse con el tipo de investigación y en las ciencias factuales (como la Química y la Física) debe ser posible su comprobación empírica.

El problema científico y su solución deben ser objetivos, independiente de los intereses, deseos o sentimientos del sujeto del conocimiento. Y por su naturaleza, en las ciencias factuales el problema científico debe permitir ser resuelto desde los puntos de vista empírico, teórico y lógico.

Los problemas científicos pueden formularse mediante preguntas o declaraciones. La forma de hacerlo es esencialmente un asunto de estilo. Puede defenderse un estilo en detrimento de otro, pero la forma de formularlo dependerá de la comodidad del investigador, nunca sacrificando claridad y rigor. En todo caso, parece que la declaración de un problema científico de forma contundente es el resultado de su intensa maduración intelectual.

No hay recetas prescritas sobre las técnicas para elaborar problemas. Sin embargo, hay ciertas pautas que pueden contribuir a ello.³ Como se dijo anteriormente, la crítica a los conocimientos

precedentes en la búsqueda de aspectos débiles, es una forma de identificar los problemas. También la aplicación de soluciones conocidas que sean válidas en una circunstancia diferente es el origen de trabajos científicos fecundos. La generalización de los problemas, expandiendo el alcance de ellos, igualmente conduce al progreso científico. Por último, establecer analogías de los problemas con problemas pertenecientes a otros campos, también contribuye a las soluciones.

Aunque la relación de los problemas científicos con los reportes de investigación o artículos científicos a publicar será un tema que se tratará con cierta extensión en otro artículo de esta serie, conviene señalar ahora que la inserción explícita de los problemas científicos que se pretenden resolver es una práctica recomendable. Eso contribuye grandemente a la comprensión del trabajo por parte del lector.

Existen ciertos problemas, nombrados problemas abiertos o no resueltos, que aparentemente se pueden formular muy claramente, pero que no han tenido solución. Un ejemplo de problema abierto y no resuelto en el dominio de la Química, es que hasta la fecha no se ha logrado la predicción exacta de la estructura de las proteínas (estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria) a partir de su secuencia de aminoácidos (estructura primaria).⁴ En esto se está trabajando intensamente. Esto tendría aplicaciones prácticas extraordinariamente importantes para los diseños de fármacos en la medicina y de enzimas en la Biotecnología. Los problemas abiertos tienen uno de sus orígenes en la famosa lista de 23 problemas abiertos de Matemática de David Hilbert, que presentó en el Congreso Internacional de Matemáticos de París en 1900. Algunos de ellos han sido ya resueltos, otros permanecen sin solución. En otras ciencias también se han planteado problemas abiertos. Pero infortunadamente, las listas de problemas abiertos no abundan.

Parece que los problemas científicos siempre tienen un final: se resuelven, se demuestra que no tienen solución, se abandonan, se eliminan o se aclaran.³

La resolución de un problema científico conduce a su final mediante la obtención de verdades relativas.⁵ En las ciencias formales como la Matemática y la Lógica, la solución de un problema es también una verdad relativa en el contexto axiomático del problema. El teorema de que la suma de los ángulos internos de un triángulo plano es igual a 180° sexagesimales es válido en el contexto de los axiomas de la geometría euclidiana, pero no lo es

partiendo de los axiomas de la geometría esférica. En las ciencias factuales en la mayoría de los casos las soluciones también constituyen verdades relativas. Solo los problemas triviales conducen a verdades absolutas. Un ejemplo de este último caso es que la medida de la temperatura de ebullición del benceno puro a presión de normal es una verdad absoluta dentro de los límites que impone la incertidumbre de la medición.

Otros problemas son irresolubles, porque es imposible disponer de evidencias empíricas que permitan su solución. Por ejemplo, eso puede suceder en la Arqueología cuando se han perdido todos los restos materiales de una cultura antigua. Algunos problemas científicos relacionados con el modo de existencia de esa cultura pueden quedar sin solución. También un problema puede no tener solución por errores en su planteamiento, algo que debe demostrarse.

Algunos tipos de problemas dejan de plantearse por razones no científicas y se abandonan. Un ejemplo claro son los problemas relacionados con el empleo de la llama como atomizador en la espectroscopía atómica analítica. Aunque estuvieron de moda hasta la década de los años setenta del siglo pasado, numerosos espectroscopistas se dirigieron a estudiar los problemas del horno de grafito como atomizador, que resultó muy productivo desde el punto de vista científico. Tareas de mayor urgencia, la invención de una nueva teoría que fundamente nuevos problemas en detrimento de los viejos, o la inexistencia de una teoría que sirva marco contextual, son causas del abandono de viejos problemas.³

Otros problemas científicos resultan eliminados porque aunque estén bien formulados, no son importantes. También se eliminan los problemas planteados sobre la base de una concepción errónea (sea por estar mal formulados o mal concebidos), ya que resultan falsos. Si un problema queda fuera de todo contexto científico, del mismo modo se elimina.

En ocasiones la investigación no resuelve los problemas, sino que los aclara mediante un replanteamiento sobre la base de conocimientos de nueva adquisición. Un ejemplo evidente es el problema científico relacionado con la búsqueda de la sustancia o agente especial que según creencias de épocas anteriores, determinaba la existencia de un ser vivo, la esencia de la vida.³ En el siglo diecinueve se fue aclarando que lo distintivo de la vida son los elementos de organización, estructura y funciones que permiten la perpetuación de las especies. La aclaración de un problema mediante su

reformulación apropiada, incrementa la posibilidad de su solución y eventualmente conduce a nuevos sistemas de problemas. Mediante la aclaración de la esencia de la vida como fenómeno natural, se han resuelto muchos problemas científicos y se ha originado un sistema de problemas que por su amplitud resulta colosal.

Para finalizar debe resumirse que la labor de los investigadores científicos es identificar problemas que han sido pasados por alto por otros, resolverlos rigurosamente sobre la base del método científico e insertar las soluciones en un campo del saber para de esa forma enriquecer el conocimiento. El desarrollo de un campo científico particular está dado por la profundidad de los problemas que maneja.

Epílogo

Hasta aquí algunas explicaciones en síntesis del principio del trabajo científico expuesto al inicio. Las limitaciones de espacio autoimpuestas ameritan concluir, aunque este es un tema que puede abordarse más extensamente. La idea cardinal de lo aquí expuesto queda expresada en el propio enunciado del principio. Antes de iniciar cualquier tarea científica hay que tener claridad en cuál es el problema a resolver. Sin esa claridad, toda la labor puede resultar, desordenada, estéril y sin sentido.

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

Referencias

1. Álvarez Prieto, M., Una visión personal de los principios del trabajo científico. Parte 1, Encuentro con la Química, Vol. 1, No. 2, p.p. 38-41, **2015**.
2. Díaz Duque, J.A., "Metodología de la Investigación Científica", La Habana **2009**, apuntes para un curso de postgrado, Instituto Nacional de Investigaciones en Normalización (ININ), actualmente Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad, <http://www.cgdc.cubaindustria.cu>, acceso noviembre **2010**.
3. Bunge, M., La investigación científica. Su estrategia y su filosofía, Barcelona, ediciones Ariel OCLC 5394770, **1969**, reedición **2000**, México, Siglo XXI Editores, ISBN 968-232-225-1.

Dill, K.A.; Ozkan, S.B.; Weikl, T.R.; Chodera, J.D.; Voelz, V.A. **2007**, The protein folding problem: when will it be solved?, Current Opinion in Structural Biology 17 (3): 342–346.

¿Cómo podría manifestarse en la Producción y en la Investigación Química la "terciarización" del trabajo?

¡A debate!

Jorge Tomás Lodos Fernández

jorge.lodos@zerus.azcuba.cu

Grupo Azucarero AZCUBA

Químico (1964), Maestría (1965) Doctor en Ciencias Técnicas (1979), todo en la URSS, Doctor en Ciencias (1999); Investigador Titular (1975), Profesor Titular ISPJAE (1979) y de la UH (1997), miembro de la ACC (2012). Tiene 9 patentes concedidas y ha publicado 140 artículos y 5 libros vinculados, fundamentalmente, a la química y la tecnología química de la agroindustria azucarera. Ha recibido 11 premios y 3 órdenes nacionales.



En el número del mes de mayo la revista Encuentro con la química propuso una nueva sesión que nombramos ¡A DEBATE! En la que invitamos a los lectores a participar de enviando trabajos cortos con temas abiertos, cuyo objetivo es propiciar una discusión a partir de los cuestionamientos y soluciones que propongan los autores. Se estimula que el texto tenga un contenido dinámico y polémico.

En este número el Prof. Jorge Lodos nos envió el siguiente material que trata acerca de la “Terciarización”

Ahora (y siempre) que está de moda discutir sobre qué estructura debe tener el sistema de ciencia y técnica del país para propiciar la introducción de los resultados de una investigación, que si ciclo cerrado en una misma institución o en un conjunto asociado de varias y fortalecer a las empresas de alta tecnología, que si se autofinancia y “el mercado” define a los exitosos, que si las empresas-clientes no solo tengan un fondo para la ciencia y la técnica, sino que estén obligadas a gastarlo o no se les bonifica, que si hay que definir mejor qué es investigación aplicada (¿la financia la producción?), básica (¿la financia el sistema?) y

básica orientada (¿nadie la financia?), etc. Este trabajo pretende contribuir, en forma amena, al universo de opiniones que sobre estos temas existen.

Al inicio, la industria química era mono-productora: una Empresa compraba petróleo, lo refinaba y vendía derivados. La investigación química se dirigía a mejorar la obtención y medir propiedades. Se era eficiente haciendo lo que se sabía hacer: los químicos y la Sociedad se prepararon para ello.

Luego, la eficiencia y el Saber-Hacer se extendieron a más Refinerías, se crearon las Corporaciones. La investigación química se desarrollaba en instituciones especializadas por tecnología: El Instituto de Refinación del Petróleo, por ejemplo: los químicos y la Sociedad se prepararon para ello.

Más tarde, para eliminar los “cuellos de botella” en el proceso integral productivo, las Corporaciones adquirieron yacimientos de petróleo, produjeron polímeros y administraron garajes (o los productores de petróleo adquirieron refinerías, petroquímicas y garajes): Se diversificaron verticalmente. Se era tan eficiente como lo fuese la cadena materia prima-

producto-cliente, aún si un eslabón tenía reservas. La investigación química en instituciones especializadas por tecnología incluyó materias primas, productos y su comercialización final: los químicos y la Sociedad se prepararon para ello.

Pero era riesgoso depender de una tecnología, aún sin “cuellos de botella” y las Petroleras pasaron a producir también alimentos y energía: Se diversificaron horizontalmente. Se era tan eficiente como lo fuese su capacidad de administrar el conjunto de tecnologías involucradas, aún si alguna tenía problemas temporales. La investigación química ya no se especializaba por tecnologías, sino por operaciones aplicables a diferentes tecnologías, el Instituto del Petróleo se convirtió en el Instituto de la Corporación, y los químicos y la Sociedad se prepararon para ello.

Por otro lado, siempre ha existido la subcontratación de servicios como limpieza, gastronomía, seguridad y reparación de equipos, entre otros elementos “tradicionales”, subcontratando a terceros, más capacitados y especializados.

Actualmente, se discute un salto cualitativo (y cuantitativo) en el alcance y contenido de la subcontratación: su “terciarización”.

Se vuelve a que eficiencia es especializarse en lo que se sabe hacer y más valor añade al producto investigado, y el resto de las operaciones se subcontratan (terciarizan) a empresas organizadas bajo el mismo principio.

Si la operación química que más valor añade es la destilación molecular del petróleo, en ella se concentra la actividad investigativa y se subcontrata, no solo lo “tradicional”, sino también, la síntesis y medición de propiedades, el tratamiento y el envejecimiento de las membranas, por ejemplo, a instituciones ajenas. La misión de los investigadores es ser eficientes

en la destilación molecular en sí, para cualquier producto, y su visión sería “ser los mejores en ello”. Está por ver cómo adecuar la preparación de los químicos y de la Sociedad a ello. ¿Qué Ud. cree?

Nota de la Redacción:

*El diccionario que elabora la Real Academia Española no reconoce el término **tercerización**. En cambio, sí aparece un concepto que se utiliza como sinónimo: **subcontratación**.*

La tercerización o subcontratación es una práctica llevada a cabo por una empresa cuando contrata a otra firma para que preste un servicio que, en un principio, debería ser brindado por la primera.



Figura tomada de <http://pksecurity.ru/interesnye-stati/159-avtomatizaciya-msfo>

En este número, Perfiles nos acerca a Jorge Tomás Lodos Fernández, quien actualmente es director de negocios de ZERUS-AZCUBA para la inversión extranjera e imparte docencia en la Facultad de Química de la Universidad de La Habana (UH).



Prof. Dr. Jorge T. Lodos Fernández
(e-mail: jorge.lodos@zerus.azcuba.cu)

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

Recién egresado de sus estudios en la antigua URSS, en 1966 comenzó a trabajar en la Escuela de Química de la Universidad de la Habana, donde el Dr. Arturo Amaral, Director de la Escuela le solicitó ... *“que ofreciera un curso de lo último de la Química y yo seleccioné la Química Cuántica”*..., impartándose por primera vez esta asignatura en los estudios de química.

No sólo se limitó a esta tarea, sino que comenzó el rescate de las tesis de diploma experimentales (hasta ese momento eran teóricas), desarrollándose investigaciones fundacionales en el área de los derivados del furfural, entre otras.

Todo este trabajo marcó una impronta en los que en ese momento éramos estudiantes de Licenciatura en Química, influyendo notablemente de una u otra forma en nuestro posterior desarrollo.

El Prof. Lodos nació en 1941, a principios de la década del 1960 viaja a la URSS, donde finaliza la carrera de Químico en 1964 y posteriormente realiza su tesis de Maestría (1965).



Estudiando en la URSS en 1964

En 1979 recibe el grado de Doctor en Ciencias Técnicas en la URSS y en 1999 el de Doctor en Ciencias, en Cuba, que fue premiada como la mejor Tesis de doctorado del país en ese año.



Discusión del Doctorado en Ciencias Técnicas en la URSS 1979.

Recibió la categoría de Investigador Titular en 1975, la de Profesor Titular del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría en 1979 y la de la Universidad de La Habana (UH) en 1997. En el 2012 es elegido académico de la Academia de Ciencias de Cuba.

Ha realizado investigaciones relacionadas con el azúcar y sus derivados. En 1965-1972 trabajó en el ICIDCA en la obtención de furfural, bioactivos y resinas furánicas, y en el color del azúcar almacenado a granel. Presidió las Comisiones Nacionales de Furfural y de Color en azúcar. En 1972-1987 como Director del ICINAZ, desarrolló la Unión de Investigación-Producción, e investigó en integración agroindustrial, quimización, pérdidas en miel y producción de siropes.



Director de ICINAZ en 1978

De 1988 al 2001 trabajó en el Área de I+D del CAI Camilo Cienfuegos en las líneas anteriores y, desde 1993, simultáneamente, atiende a la inversión extranjera en el MINAZ. Como director de negocios de ZERUS-AZCUBA ha publicado trabajos sobre energía renovable, calidad y pago de la caña, comercio azucarero y negociación de inversiones con capital extranjero.

Paralelamente, ha impartido cursos en la educación superior sobre metodología de la investigación química y de la investigación cualitativa, tecnología química para químicos y evaluación de proyectos, para pre y postgrado. Ha dirigido diplomas, maestrías y doctorados en los sistemas MES, MINAZ y CITMA y ha ocupado otros cargos como vicepresidente del Tribunal Permanente para los Doctorados en Ciencias Químicas y de la Comisión Nacional de Categorías de Investigación. Ha sido o es miembro de la Cátedra Álvaro Reynoso de la UH, de Grupos de Expertos del CITMA, MIEM,

ISSCT, SCQ y ATAC, de Consejos Científicos del MINAZ, CEHOC, InterCosmos, ACC, ISPJAE, ICIDCA y CNCA, y de Comisiones Estatales para el análisis del MES y del CQF. Es evaluador de proyectos nacionales del MINAZ-AZCUBA, MIEM y CITMA, e internacionales para el CYTED.



Impartiendo una conferencia en 1985

Ha publicado más de 140 artículos en revistas (40 en revistas extranjeras) y 4 libros. Tiene 9 patentes concedidas, 5 de las cuales fueron aplicadas. Ha participado en más de 100 eventos (20 en el extranjero), con más de 100 ponencias. Ha visitado 43 países en misiones de colaboración y como consultor de MINAZ-AZCUBA, ONUDI y GEPLACEA.

Ha recibido múltiples premios y reconocimientos por su trabajo de investigación como son el Premio Tomás Romay (en dos ocasiones, 1979 y 1984) y el Premio Juan Marinello (1985), ambos otorgados por la Academia de Ciencias de Cuba (ACC). Fue Destacado Nacional en el Foro de Ciencia y Técnica en 1992 y en 1998. Posee la Medalla XXX Aniversario de la ACC (1993). En el 2001 recibió el Premio Nacional del MINAZ y el Premio de la Cátedra Álvaro Reynoso. Obtuvo un Premio Anual de la ACC en 2000 y el Premio nacional de periodismo azucarero en el 2006. Posee las Órdenes Jesús Suárez Gayol (1992) y la Carlos J. Fínlay (2004),

Relacionado con su trabajo en la Educación Superior fue reconocido por el Ministerio de Educación Superior con un Premio en 1990 y durante cinco años consecutivos, del 2001 al

2006, fue el Profesor adjunto más destacado de la UH y esta Institución le entregó el Sello 280 Aniversario de la UH (2008). Posee la Orden Frank País (2008).

En el año 2001, la Sociedad Cubana de Química le concedió el Premio Nacional por el trabajo aplicado más destacado.



En la cena del milenio de la Organización Internacional del Azúcar en Londres. (2000)

Quiero destacar la activa colaboración del Prof. Lodos con nuestra revista "Encuentro con la Química", enviando artículos de su autoría y haciendo propuestas de sesiones y múltiples sugerencias.

A continuación las preguntas y sus respuestas:

- 1.-Cuales son sus entretenimientos:... *leer novelas de ficción.*
- 2.- Si no fuera químico... *sería arquitecto.*
- 3.- De las especialidades de química la más importante es.... *la Química Física*
- 4.- De la docencia y la investigación, prefiero.....*ambas.*
- 5.-Mi mayor logro ha sido.... *persistir.*
- 6.- Algo que me hace reír.... *mis nietos.*
- 7.- El mejor consejo que he dado a los jóvenes es.....*Investiguen para introducir!*
- 8.- Y que me han dado... *¡La Química es una ciencia experimental!*
- 9.- Me hubiera gustado... *ser químico.*
- 10.- Cuando me siento frustrado.... *leo novelas.*
- 11.- Mi autor favorito de ficción es.... *Bogomil Rainov.*

12.- Mi libro preferido es.....*"El Bloqueo" de Alexander Chakovsky.*

13.- Los tres films más importantes de todos los tiempos.... *no se, solo me entretienen.*

14.- El avance científico más significativo en los últimos 100 años ha sido.... *el desarrollo de la energía renovable.*

15.- El mayor problema que encaran los científicos actuales es..... *desarrollo compatible con el entorno.*

16.- Mi investigación favorita es....*la próxima.*

17.- Si pudiera reunirme con tres científicos famosos de la historia, ellos serían.....: *Luis Pasteur, Carlos Finlay y Linus Pauling.*

18.- Escogí la química como carrera porque.... *me apasionó su creatividad.*

19.- El descubrimiento científico más apasionante hasta la fecha es..... *los polímeros sintéticos.*

20.- Que usted piensa acerca del futuro de su campo de investigación.... *¿Cuál campo?*

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

- "Metodología de la Investigación Química" Editorial Felix Varela.
- "Tecnología Química para Licenciados Químicos", Editorial Félix Varela.
- Lodos J. "Perspectivas de las investigaciones del furfural en Cuba", CubaAzúcar, mayo-junio 1967, páginas 27-32.
- Lodos J., Yánez I., "The Cassette Crystallizer", Proceedings XXI ISSCT Vol 3 1992, p 758-765, Kasetsart University Press, Bangkok, Thailand (Certificado de patente de invención No. 21562).
- Vigil E., Lodos J. "Low cost LED based Photo Colorimeter "Colormatic 401-SU", Workshop of the International Science, Technology and Innovation Centre for the South (ISTIC) and the Academy of Sciences for the developing World (TWAS) 20-21 October 2012, Malasia, pag.113-130 (Certificado de patente de invención No. 22 530).

En este número de Encuentro con la Química queremos recordar a dos químicos especialistas en química analítica, que contribuyeron al desarrollo de esta disciplina en la antigua Escuela de Química de la Universidad de La Habana, ellos son Luis Felipe Le Roy Gálvez y Arturo Amaral Rodríguez.



Luis Felipe Le Roy Gálvez (1910-1978).

Luis Felipe Le Roy Gálvez. Nació en agosto de 1910. Estudió en la Universidad de La Habana graduándose en Ciencias Físico Químicas en 1933, y de Ciencias Físico-Matemáticas y de Ciencias Naturales, ambas en 1937.

Cursó estudios de postgrado en Análisis Químico Cuantitativo en la Universidad de Columbia, en Estados Unidos en 1938.

A partir de 1937 comenzó a trabajar como profesor de Análisis Químico en la Universidad de La Habana, llegando a ser Profesor Titular de esa cátedra en 1954. En ese año participó en la identificación de los restos del Padre Félix Varela en La Florida, Estados Unidos.

Entre 1961 y 1965 fue Director del Departamento de Química Analítica de la antigua Escuela de Química.

Obtuvo premios por su labor como investigador en el Primer Congreso Nacional de Química con su trabajo "*Demostraciones Redox*" y en la Academia de Ciencias Naturales en 1950 por "*Estudio Bioquímico de Terpenos*". Publicó numerosos ensayos y artículos en revistas científicas y Culturales como *Revista Universidad de La Habana*, *Vida Universitaria*, *Anales de la Academia de Ciencias* y el *Journal of Chemical Education*. Fue asesor e Investigador de Asuntos históricos del Archivo de la Universidad de La Habana, y se destacó por el trabajo de rescate de la memoria histórica de la Química en Cuba. Murió en La Habana el 12 de noviembre de 1978.



Arturo Amaral Rodríguez (1921-1998).

Arturo Amaral Rodríguez. Nació en La Habana en 1921, graduándose como Doctor en Ciencias Físico-Químicas en la Universidad de La Habana en 1954.

Posteriormente realizó estudios en Estados Unidos en celulosa e instrumentación y se especializó en espectrografía de emisión en los laboratorios de la National Spectrographic (1947-1949).

Entre 1949 y 1953 fue el responsable de la sección de análisis especiales de la Rayonera Cubana S.A. en Matanzas.

Entre 1955 y 1959 fue profesor de Análisis Químico en la Facultad de Ciencias e Ingeniería Química de la Universidad de Oriente, en Santiago de Cuba, donde llegó a ser el Decano. Fue el Director Técnico de la Escuela de Ingenieros Químicos Industriales de la Universidad Central de Las Villas, en Santa Clara (1959). Entre 1960 y 1963 ocupó el cargo de Director del Laboratorio de Espectrografía y de la Sección Analítica en el Instituto Cubano de Investigaciones Tecnológicas (ICIT).

En 1962, durante la Reforma Universitaria, es nombrado Profesor Titular en la Universidad de La Habana, donde ocupó los cargos de Secretario de la Comisión de Docencia y Director de la Escuela de Química (1963), y un año más tarde Vicedecano de la Facultad de Ciencias.

En su labor como docente, y dada la simultaneidad de funciones en el ICIT, logra vincular a los estudiantes de la carrera de Química a las investigaciones que dieron solución a diversos problemas que se presentaban en la industria. Fue Director del Laboratorio de Suelos de la Escuela de Química de la Universidad de La Habana, Director de Suelos y Caña en el Centro Nacional de Investigaciones Científicas (1969) y Director del Laboratorio de Nutrición de la Caña de la Universidad de La Habana (1971). Presidente de la Comisión Nacional de Clarificación del Ministerio del Azúcar (1972) y miembro de honor de la Sociedad Cubana de Química.

Realizó además importantes estudios en el campo de la salud humana. Por sus aportes científicos le fue conferido por el Ministerio de Educación Superior el grado de Doctor en Ciencias Químicas. Murió en La Habana en 1978.

Referencias:

www.fq.uh.cu/hq/personcub/

Buena química entre dos vecinos cercanos

Nuestra
Comunidad

Yanira Méndez Gómez

yanira@fq.uh.cu

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

Nacida en Sancti Spíritus en 1990. Medallista de bronce en la XV Olimpiada Internacional de Química, Budapest, Hungría. Graduada de Licenciatura en Química en 2013. Profesor Instructor del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Química de la Universidad de la Habana. Secretaria Ejecutiva de la Sociedad Cubana de Química. Recibió el Premio CITMA 2014 como Mejor Estudiante Investigador.



El pasado mes de Agosto una delegación de la Sociedad Cubana de Química fue invitada a participar en el Encuentro 250 de la Sociedad Americana de Química (250th ACS National Meeting). En la primera sesión del evento tuvo lugar el Simposio “Oportunidades para la colaboración entre Estados Unidos y Cuba en Química, Ingeniería Química y Educación” (Opportunities for US/Cuba Collaboration in Chemistry, Chemical Engineering and Chemistry Education). Nuestro grupo estuvo integrado por el Prof. Dr. Luis A. Montero

Cabrera (Presidente de la SCQ), el Prof. Dr. Roberto Cao Vázquez (anterior Presidente de la SCQ), el Dr. Daniel García Rivera (miembro de la Junta Directiva de la SCQ) y la Lic. Yanira Méndez Gómez (Secretaria Ejecutiva de la SCQ). Además, en el encuentro participaron el Dr. Patric Frantom de la Universidad de Alabama, el Dr. Bradley Miller (Director de la Oficina de Asuntos Exteriores de la ACS), el Dr. Thomas Manning de la Universidad Estatal de Valdosta y el Dr. Rubén G. Carbonell de la Universidad Estatal de Carolina del Norte.



De izquierda a derecha: Dr. Roberto Cao Vázquez ; Dr. Melissa P.Wu (miembro de Seeding Labs_tercera a la izquierda); Lic. Yanira Méndez Gómez; Dr. Daniel García Rivera; Dr. Nina S. Dudnik (Directora de Seeding Labs_cuarta a la derecha); Lori Brown (Secretaria de la Oficina de Asuntos Exteriores de la ACS); Dr. Luis Alberto Montero Cabrera.

El establecimiento de relaciones científicas entre ambas Sociedades y sus miembros individuales y corporativos en el actual contexto político y económico, la internacionalización de los programas de doctorado y de los programas dirigidos a estudiantes y jóvenes científicos, así como la colaboración en esferas de alto impacto como al nanotecnología fueron los temas abordados por nuestra delegación. Entre los tópicos abordados por los demás participantes del simposio figuraron las actuales relaciones entre la Universidad de La Habana y las universidades de Alabama y Valdosta, así como diversas oportunidades para la colaboración en el desarrollo biofarmacéutico de ambos países.



La delegación cubana en el campus del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT por sus siglas en inglés).

Nuestro grupo sostuvo varios encuentros. En una actividad con Bradley Miller y otros directivos de la ASC se trató sobre diferentes vías de colaboración como la organización de simposios en conjunto y la posibilidad de acceder a revistas especializadas de alto impacto. Además, tuvo lugar un encuentro con la Dra. Nina S. Dudnik, Directora de la Organización Seeding Labs, quien desde su anterior visita a nuestro país ha mostrado su interés en la gestión del montaje de laboratorios y donación de equipamiento científico.

Por otra parte, en una visita a la Universidad de Harvard, nuestro grupo se reunió con el Prof. Dr. Martin Karplus, Premio Nobel de Química (2014) e invitado de honor a nuestro congreso QuimiCuba 2015, con el Prof. Dr. Erick Jacobsen, actual Decano de la Facultad de Química de Harvard, y con el Prof. Dr. Alan Aspuru-Guzik del propio Departamento. En el Centro de Estudios de América Latina David Rockefeller (DRCLAS), perteneciente a la Universidad de Harvard, se produjo un encuentro con Rainer Schultz (miembro del Programa de Estudios sobre Cuba), donde se debatió sobre las relaciones entre las comunidades académicas de ambos países.

Premio Sofía Kovalievskaia a la Prof. Dra. Margarita Suárez Navarro

Nuestra
Comunidad

La Comisión de Mujeres científicas, de la Academia de Ciencias de Cuba otorga cada dos años los Premios “Sofía Kovalievskaia”, bajo el auspicio de la Fundación Kovalievskaia que presiden los esposos Neal y Ann Koblitz de Estados Unidos, y en honor a esa eminente Mujer Matemática Rusa del Siglo XIX quien nos solo fue una mujer que obtuvo resultados en el área de las ecuaciones diferenciales, sino que fue una luchadora por la incorporación de las mujeres a las Universidades, a la Ciencia.

En cada edición, la selección de los Premios se realiza a nivel nacional, tomando como base investigadores que tiene mujeres líderes como autoras principales. Con esto se garantiza un riguroso proceso de evaluación y filtro a donde solo llegan los trabajos de excelencia de la Ciencia cubana. En esta Sexta Edición de 2015, la Comisión decidió otorgar uno de los tres premios a la Dra. Margarita Suarez, por su trabajo “Aportes a la Química de los Fullerenos Quirales”.

En 2007 la Profesora recibió también esta distinción por su investigación en el “Desarrollo de Métodos de Síntesis No Convencionales de Compuestos con Propiedades Bioactivas”.



Prof. Dra. Margarita Suárez Navarro

Sofia Kovalévsckaya, fue la primera matemática rusa de importancia y la primera mujer que consiguió una plaza de profesora universitaria en Europa. Nació el 15 de enero de 1850 en Moscú y Murió el 10 de febrero de 1891 en Estocolmo, Suecia.



Sofia Kovalévsckaya

Sus trabajos fueron publicados en Alemania, pero a pesar de su reconocimiento, no le fue permitido dar clases en la Universidad. Años más tarde, siendo ya viuda, fue admitida como profesora de Matemáticas Avanzadas en la Universidad de Estocolmo, Suecia, y en 1885 fue designada directora del departamento de Mecánica.

Entre sus trabajos se destacan:

- *Teoría de las ecuaciones diferenciales*, que aparece en el Journal de Crelle
- *Rotación de un cuerpo sólido alrededor de un punto fijo*, por el cual obtiene un importante premio otorgado por la Academia de Ciencias de París, en 1888.

Teorema de Cauchy-Kovalevski, elemento básico en ecuaciones con derivadas parciales.

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

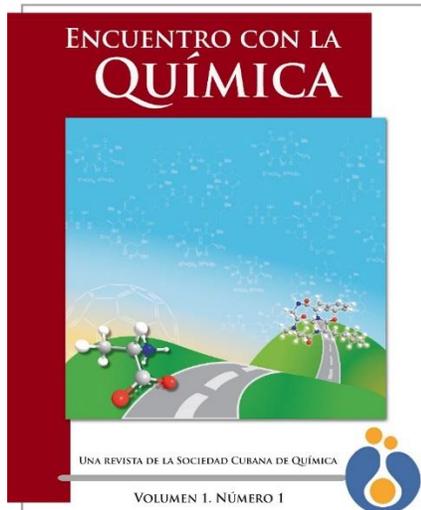
Su distribución es gratuita y su frecuencia es cuatrimestral.

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

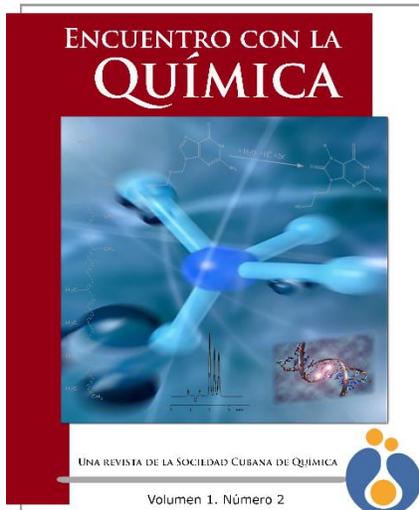
http://www.scq.uh.cu/encuentro_con_la_quimica

Últimos números

Volumen 1. Número 1
Enero-Abril de 2015



Volumen 1. Número 2
Mayo-Agosto de 2015



Volumen 1. Número 2
Septiembre-Diciembre de
2015

