



*Imagen generada por Inteligencia Artificial*

# Boletín de la Sociedad Química de México (Bol. Soc. Quim. Mex.)

## EDITORES

Dra. Mariana Ortiz Reynoso  
Dr. Martín Caldera Villalobos  
Dra. Mariana Esquivelzeta Rabell

## COMITÉ EDITORIAL

Dra. Catalina Pérez Berumen  
Dra. Liliana Schifter Aceves  
Dra. Miriam Verónica Flores Merino  
Mtra. Itzayana Pérez Álvarez  
Mtra. Edna Teresa Alcantara Fierro  
Dr. Miguel Ángel Méndez Rojas  
Dr. Gonzalo Martínez Barrera  
Dr. Joaquín Barroso Flores  
Dr. Marcos Hernández Rodríguez  
D. Rogelio Godínez Reséndiz  
Dr. Rubén Vásquez Medrano  
Mtra. Carmen Doria Serrano



## MAQUETACIÓN

Estefanie Luz Ramírez Cruz  
es.ramirezacruz@gmail.com

## CONTACTO BSQM

boletin.sqm@gmail.com  
Sociedad Química de México, A.C.

**EN PORTADA:** Imagen generada por Inteligencia Artificial en la aplicación de uso libre en línea <https://lexica.art/>

## DERECHOS DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS

El Boletín de la Sociedad Química de México, año 18, número 1, enero-abril de 2024, es una publicación cuatrimestral, enero-abril 2024, editada por la Sociedad Química de México, A.C., Barranca del Muerto 26, Col. Crédito del Constructor, Alc. Benito Juárez, 03940, Ciudad de México, Tel. 55 56 62-68 37. <http://bsqm.org.mx/>, boletin.sqm@gmail.com. Editora responsable Mariana Ortiz / Electrónico: Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2017-063013203100-203, ISSN-e: 2594-1038, ambos otorgados por Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización de este número Estefanie Ramírez, Fecha de última modificación: 30 de abril de 2024.

## Estimados lectores

Hoy publicamos el primer ejemplar del volumen 18 del Boletín de la Sociedad Química de México del 2024. Este número resulta muy especial por dos motivos. Para comenzar, es el primer número que se publica tras la entrada en funciones como presidente de la SQM del Dr. David Quintanar Guerrero, quien inició su gestión el pasado 30 de enero junto con una nueva mesa directiva. En la sección Química Hoy podrán leer una carta de bienvenida que nos dirige a todos los miembros y amigos de la SQM.

La otra razón es que este número también es el primero realizado por un nuevo grupo de editores; un equipo formado bajo el liderazgo de la Dra. Mariana Ortiz Reynoso, al cual nos hemos sumado la Dra. Mariana Esquivelzeta Rabell y su servidor, Dr. Martín Caldera Villalobos. Escribimos para ustedes una síntesis curricular con la que podrán conocer un poco más acerca de nosotros y que encontrarán en la sección Química Hoy. Aunque tenemos trayectorias muy distintas, a los tres nos une la pasión por la enseñanza y divulgación de la química, por el estudio de su historia, así como el compromiso por poner la ciencia al servicio de nuestro país.

En la sección Química Desarrollo y Sociedad presentamos el artículo “Adherencia Terapéutica: una herramienta fundamental para la efectividad de los medicamentos,” de la autoría de Mayred Yeselín León-García, Martha Díaz-Flores y Mariana Ortiz-Reynoso. En este artículo, las autoras nos hablan de la importancia que tiene la adherencia terapéutica para alcanzar los objetivos de salud poblacional. También, nos muestran los factores que la limitan, las estrategias que mejoran la comunicación con los pacientes y los tipos de intervenciones que ayudan a incrementar la adherencia terapéutica. Sin duda, este artículo será de interés para todos nuestros lectores y en especial para aquellos que se desempeñan en el ámbito de la farmacia.

En esta misma sección, incluimos el artículo “Cloruro de litio: origen, obtención y uso en el control de ambientes libres de humedad,” de Alfonso Benítez de la Torre, quien nos habla de forma amena sobre los múltiples usos que tiene esta sustancia y las razones por las que se convertirá en un material estratégico para el desarrollo tecnológico, mencionando también los riesgos medioambientales relacionados con su explotación. La información de este artículo resulta relevante en el contexto actual de nuestro país, donde la explotación del litio se ha convertido en un área estratégica para alcanzar la soberanía energética.

Para difundir y fomentar el estudio de la historia de la química en México, presentamos en la sección Química para los estudiantes el ensayo titulado “La fundación de la Escuela Nacional de Agricultura, aportes de Leopoldo Río de la Loza.” En él, Gabriela Salazar Cervantes nos hace una reseña biográfica de este personaje notable de la química en México, enfatizando en su labor y empeño por hacer de la agricultura una profesión científica. Este trabajo es parte de los productos obtenidos de la primera generación del Diplomado de Historia de la Química Mexicana y del cual aún nos quedan muchas contribuciones que daremos a conocer en los próximos números.

Como siempre, extendemos la invitación a afiliarse a la SQM, recordándoles que sus aportaciones son esenciales para llevar a cabo las actividades de nuestra Sociedad. Esperamos que este número sea de su agrado e interés, lo hemos preparado con mucho esmero para ustedes. Es momento de despedirse por ahora, nos volveremos a encontrar en el próximo número del BSQM.

¡Hasta pronto!

Dr. Martín Caldera Villalobos  
Editor  
Boletín de la Sociedad Química de México

# CONTENIDO



## **QUÍMICA Hoy**

Carta de Bienvenida 2024 <i>David Quintanar Guerrero</i>	4
Editores 2024 Boletín de la Sociedad Química de México	8
Entrega de premios de la Sociedad Química de México 2023	11
Premio Nacional de Química «Andrés Manuel del Río» 2023 en Área Académica, categoría Investigación Científica: Dr. Jorge Peón Peralta	12
Premio Nacional de Química «Andrés Manuel del Río» 2023 en Área Tecnológica, categoría Desarrollo Tecnológico: Dra. Rosa María Ramírez Zamora	14
<i>Premio a las Mejores Tesis en Ciencias Químicas</i> "Rafael Illescas Frisbie" 2023 en Doctorado: Dr. en C. Químicas Julio Romero Ibáñez	16
Premio a las Mejores Tesis en Ciencias Químicas "Rafael Illescas Frisbie" 2023 en Licenciatura: Q.I. Mauricio Bahena García	17
Felicitación de la Sociedad Química de México a Investigadores Eméritos del SNII recién nombrados	18

## **QUÍMICA, DESARROLLO Y SOCIEDAD**

Adherencia Terapéutica: una herramienta fundamental para la efectividad de los medicamentos <i>Mayred Yeselin León-García, Martha Díaz-Flores, Mariana Ortiz-Reynoso</i>	19
Cloruro de litio: origen, obtención y uso en el control de ambientes libres de humedad <i>Alfonso Benítez de la Torre</i>	25

## **QUÍMICA PARA LOS ESTUDIANTES**

La fundación de la Escuela Nacional de Agricultura, aportes de Leopoldo Río de la Loza <i>Gabriela Salazar Cervantes</i>	29
--	----

## Carta de Bienvenida 2024

Estimados socios y amigos de la Sociedad Química de México (SQM):

Los saludo con enorme gusto y con el deseo que en este año que inició se cumplan todos los objetivos y metas planteadas tanto de manera personal como profesional.

Para esta nueva mesa directiva que tengo el gusto de dirigir, es un año de grandes retos, cuyo propósito fundamental es el de continuar consolidando nuestra apreciada SQM y convertirla en el referente más importante en cuanto a la difusión de la química en nuestro país. Sin duda es un desafío interesante, que coincide con diversos procesos de la vida pública nacional. Estamos convencidos de que podemos lograrlo juntamente con el apoyo de todos ustedes. Reiteramos nuestro agradecimiento y valoramos los logros obtenidos por parte de la mesa directiva saliente encabezada por el Dr. Gabriel Eduardo Cuevas González Bravo, muchas gracias.

Nos hemos planteado nuevos objetivos y metas que contribuyan a fortalecer e incrementar la excelencia académica, como una característica distintiva del nuestro quehacer disciplinario, poniendo especial énfasis en el desarrollo integral de la comunidad profesional y en particular la estudiantil, como eje central del Plan de Trabajo (2024-2026) propuesto.

Para el desarrollo de nuestro país es indispensable brindar una sólida formación académica para generar en nuestros profesionales las capacidades y aptitudes que permitan lograr la competitividad, el crecimiento y el bienestar de la sociedad. En este sentido, estaremos proponiendo nuevas actividades que se sumarán a las ya establecidas, con la idea de ofrecer a nuestros agremiados nuevas y mejores opciones que beneficien su quehacer profesional.

Los invito a que caminemos juntos hacia el fortalecimiento del gremio químico aportando su conocimiento y experiencia participando en las actividades inherentes a la sociedad, tales como participación en webinars, seminarios, cursos, congresos, exposiciones, premios y revistas, entre muchas otras oportunidades.

Estamos ciertos que, con el apoyo de cada uno, la perseverancia, la suma de voluntades, la unidad y el trabajo conjunto lograremos que la SQM tenga los más altos estándares de calidad y prestigio en el campo de las ciencias químicas a nivel nacional e internacional. Además, ofreceremos nuevas modalidades de asociación y cuotas de congreso, intentando incluir en este último todas las áreas de conocimiento de la química.

Que este nuevo año sea la oportunidad para definir en equipo el presente y el futuro que queremos para nuestra asociación. Reitero mis mejores deseos de éxito a cada uno de ustedes.

**Dr. David Quintanar Guerrero**  
**Presidente de la SQM**

# Membresía 2024



## PROFESIONAL

\$2,175.00 M.N.

## MAYORES DE 65 AÑOS/ JUBILADOS/ EMÉRITOS\*

\$1,530.00 M.N.

## PROFESOR DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

\$1,530.00 M.N.

## SOCIO NUMERARIO\*\*

\$1,500.00 M.N.

## ESTUDIANTES DE POSGRADO

\$1,530.00 M.N.

## ESTUDIANTES DE LICENCIATURA (PREGRADO)

\$628.00 M.N.

## SECCIONES ESTUDIANTILES (2 AÑOS)

\$1,050.00 M.N.

### DERECHO DE

- SOLICITUD DE BECAS
- FORMAR SECCIONES ESTUDIANTILES
- POSTULACIÓN EN ELECCIONES
- POSTULACIÓN A LOS PREMIOS ORGANIZADOS POR SQM
- EJERCER VOTO CUANDO HAYA ELECCIONES (EXCEPTO SOCIOS ESTUDIANTES DE PREGRADO)

### ACCESO A

- WEBINARS Y OTRAS ACTIVIDADES/CONFERENCIAS EN LÍNEA
- PUBLICACIONES JMCS Y BSQM
- INFORMACIÓN/INTERACCIÓN EN REDES SOCIALES
- TABLA PERIÓDICA DIGITAL
- SESIONES DE CARTELES DURANTE LOS CONGRESOS
- LA ZONA DE SPONSORS EN LOS CONGRESOS

### BENEFICIOS

- DESCUENTOS EN LA RENTA DE ESPACIOS EN LAS INSTALACIONES DE SQM
- CONSTANCIAS DE ASISTENCIA DE WEBINAR Y OTROS EVENTOS INCLUIDAS (PUEDE SIGNIFICAR UN AHORRO DE HASTA \$ 3,000.00 O MÁS PARA EVENTOS COMO WEBINARS, CUANDO SE REALICEN JORNADAS ACADÉMICAS Y EXPOQUÍMICA ONLINE TAMBIÉN APLICA).
- CUOTAS PREFERENCIALES EN LA INSCRIPCIÓN A LOS CONGRESOS DE SQM Y OTRAS ACTIVIDADES ACADÉMICAS (CURSOS, TALLERES, DIPLOMADO, ETC).

### BENEFICIOS EXTRA

- BOLSA DE TRABAJO
- ACTIVIDADES EN LÍNEA EXCLUSIVAS COMO CURSOS/TALLERES, SINCRÓNICOS O ASINCRÓNICOS

Vigencia hasta el 31 de diciembre

soquimex@sqm.org.mx | www.sqm.org.mx  
Tel: +5255 56626837; +5255 56626823

# ¡AFÍLIATE!

## eSpín

Número de Socio  
**0000000000**

**Asociado Profesional**  
Vigencia **2024**

Datos de contacto  
soquimex@sqm.org.mx

55-5662-6823  
55-5662-6837  
soquimex@sqm.org.mx  
www.sqm.org.mx

Remeros del Muerto 35  
Col. Crédito Constructor  
Del Barrio Juárez C.P.03940  
Ciudad de México

QR code and social media icons (Facebook, Twitter, YouTube, Instagram).

## EMPRESA/CORPORATIVA (PARA PERSONAS MORALES)

### DESCUENTOS

#### PROFESIONALES 3-6 MIEMBROS

10 % = \$1,957.50 M.N. POR CADA MIEMBRO

#### 7 MIEMBROS EN ADELANTE

\$15 % = 1,848.75 M.N. POR CADA MIEMBRO

#### ESTUDIANTES DE POSGRADO

##### 3-6 MIEMBROS

10 % = \$1,377.00 M.N. POR CADA MIEMBRO

##### 7 MIEMBROS EN ADELANTE

15 % = \$1,300.50 M.N. POR CADA MIEMBRO

### PREGUNTA POR:

- PAGOS HASTA EN 3 PARCIALIDADES
- BENEFICIOS DE PAGO PARA GRUPOS
- DESCUENTO DEL 20% EN PAGOS DE MEMBRÍA POR 2 AÑOS

\*Enviar documentación que justifique la categoría

\*\*Haber pagado su membresía en los últimos tres años

"La química nos une"



# SOCIEDAD QUÍMICA DE MÉXICO, A.C.



## HISTORIA

La Sociedad Química de México, A.C. fue fundada en 1956 en la Ciudad de México por un grupo de ilustres químicos encabezados por los **Químicos** Rafael Illescas Frisbie y José Ignacio Bolívar Goyanes los **Ingenieros Químicos** Manuel Madrazo Garamendi, Guillermo Cortina Anciola y la **Q.F.B.** María del Consuelo Hidalgo Mondragón, con el objetivo de organizar y representar a los profesionales de las Ciencias Químicas.

## ¿QUÉ ES?

La Sociedad Química de México, A.C. es una asociación civil de carácter nacional enfocada a promover el desarrollo de los profesionales y estudiantes de la Química y sus ramas afines. Para ello agrupa a los profesionales y estudiantes de las Ciencias Químicas; además de aquellas personas interesadas en el desarrollo y fortalecimiento de la Química en el país, tanto del sector industrial como del académico (Investigación y Docencia en todos sus niveles), incidiendo también en la población nacional e internacional, promoviendo las vocaciones científicas a través de sus actividades.

## ACTIVIDADES

- Organización de congresos
- Webinars
- Diplomado
- Cursos y/o talleres
- Jornadas académicas
- Festivales de Química
- Expoquímica
- Entre otras más

## PREMIOS

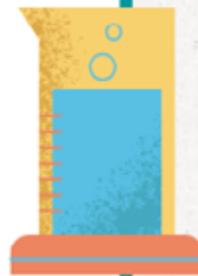
- Premio a las Mejores Tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas "Rafael Illescas Frisbie"
- Premio Nacional de Química "Andrés Manuel del Río"
- Premio Nacional de Ciencias, José Mario Molina Pasquel y Henríquez

# TABLA PERIÓDICA

• Monumental



• Digital



## PUBLICACIONES

Boletín de la  
Sociedad Química  
de México



Journal of the Mexican  
Chemical Society



## SECCIONES ESTUDIANTILES

La SQM cuenta con 11 Secciones Estudiantiles en diferentes universidades del país, tales como UAM-I, UATx, UG, BUAP, UNAM, UAEMEX, UACH, UADY, FES-C, LA SALLE y UASLP.



## HAZTE MIEMBRO

- La membresía es anual calendárica, cubre del 1° de enero al 31 de diciembre de 2024.
- Conoce los beneficios de ser socio en: <https://sqm.org.mx/convocatoria-de-membresia-2024/>



[WWW.SQM.ORG.MX](http://WWW.SQM.ORG.MX)

Sociedad Química de México, A. C.  
"La Química nos une"  
Barranca del Muerto 26, Col. Crédito Constructor, Alc. Benito Juárez, 03940,  
Ciudad de México, Méx.  
Tel: +5255 56626837 / +5255 56626823



# MARTÍN CALDERA VILLALOBOS

## Semblanza

Su investigación postdoctoral en el Instituto de Ciencias Nucleares de la UNAM, versó sobre la funcionalización de biopolímeros mediante irradiación gamma y también sobre la formación de películas de Langmuir-Blodgett a partir de polímeros y otros materiales orgánicos. Posteriormente, fue investigador postdoctoral en la Facultad de Ciencias Químicas de la UAdeC, donde enfocó sus investigaciones en la formulación de hidrogeles a base de colágeno y polisacáridos con potencial aplicación en el tratamiento de heridas crónicas. A lo largo de su trayectoria como investigador, también, ha realizado trabajos sobre redes metal-orgánicas, eliminación de contaminantes mediante procesos de adsorción y coagulación-floculación, síntesis de cristales líquidos y de moléculas fluorescentes.

A la fecha, cuenta con más de 60 publicaciones, incluyendo artículos científicos, capítulos de libro y artículos de divulgación. Ha codirigido 12 tesis de licenciatura en la Facultad de Ciencias Químicas de la UAdeC en los programas educativos de Químico y Químico Farmacobiólogo.

## Áreas de Interés

Recientemente, realizó un diplomado en Historia de la química mexicana, que lo ha llevado a realizar investigación de forma independiente, cultivando la línea "Historia de la química y de la ciencia en el noreste de México," en la cual, estudia los procesos de institucionalización, profesionalización e industrialización de la química y ciencias afines en los estados de Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

## Adscripción actual

Docente de nivel secundario, medio superior y superior. También, cultiva otros intereses como la formulación de cosméticos naturales y el diseño sostenible de productos.



## Formación Académica

Ingeniería en Materiales  
Instituto Tecnológico de  
Zacatecas

Maestría y Doctorado en  
Ciencias de los Materiales con  
especialidad en el área de  
química de polímeros  
Universidad Autónoma del Estado  
de Hidalgo

Investigación postdoctoral en el  
Instituto de Ciencias Nucleares  
UNAM

Investigación postdoctoral en la  
Facultad de Ciencias Químicas de  
la Universidad Autónoma de  
Coahuila.

# MARIANA ESQUIVELZETA RABELL

## Semblanza

Ha trabajado como investigadora del Centro de Investigación Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, y ha sido profesora del Colegio Madrid A.C. desde el año 2013, en donde ha participado activamente en proyecto escolar y es actualmente la encargada de la Coordinación de Formación Docente.

Participó en programa postdoctoral de la AEFQM, OEI y la Universidad de Alcalá de Henares. Gobernanza y políticas públicas en México en el 2021.

Funge como Prosecretaria Nacional de la Sociedad Química de México para el periodo 2024-2025.

Mariana es autora y revisora de libros de texto de educación y artículos de investigación en revistas y congresos del área de la Educación Química.

## Áreas de Interés

Enseñanza de las ciencias naturales, grupos de Análisis de lección y conocimiento didáctico del contenido, así como la formación docente.

## Puedes consultar

Entre expertos: Nuevas claves metodológicas para el aprendizaje experimental a distancia.

<https://www.youtube.com/watch?v=tzXrtpvORLQ&t=1s>



## Formación Académica

Licenciatura en  
Química  
Facultad de Química UNAM

Máster Internacional en  
Biomasa y Biocombustible  
Instituto Internacional  
de Formación Ambiental

Doctorado en  
Ciencias Químicas  
Instituto de Química UNAM

Postdoctorado en  
Gobernanza y Políticas Públicas  
para la educación en México.  
Cátedra Iberoamericana en  
Educación.  
OEI/Universidad de Alcalá de  
Henares



# MARIANA ORTIZ REYNOSO

## Semblanza

Coordinó el proyecto educativo Cooperation in Pharmacy Education for Latin America (COPHELA) financiado por la Comisión Europea a través del programa Erasmus+ (2018-2023), en el que participaron universidades de Chile, Brasil, México, España, Italia y Portugal [www.cophela.eu](http://www.cophela.eu) & [www.cophela.uaemex.mx](http://www.cophela.uaemex.mx).

Desde el 2023 es Directora para la Internacionalización de la Investigación y los Estudios Avanzados IG: [@uaemex\\_internacional](https://twitter.com/uaemex_internacional).

Ha sido Directora de Educación Continua (Edufarma) de la Asociación Farmacéutica Mexicana, vocal de la zona metropolitana de la Asociación Farmacéutica de Escuelas y Facultades de Farmacia, evaluadora del Consejo Mexicano para la Educación Farmacéutica, miembro del Comité Técnico Consultivo de Farmacia de la SEP, integrante de la Comisión Dictaminadora de QFB de la FES-Zaragoza y miembro del Consejo Técnico del Examen General para el Egreso de la Licenciatura de QFB en el Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior. Es Académica Numeraria de la Academia Nacional de Ciencias Farmacéuticas (<https://anmf.mx/directorio>). Actualmente participa como Tesorera en la Sociedad Química de México.

## Formación Académica

Licenciatura en  
Química Farmacéutica Bióloga  
Facultad de Química UNAM

Doctorado en  
Farmacia y Tecnología  
Farmacéutica  
Universidad Complutense  
de Madrid

## Adscripción Actual

Profesora de Tiempo Completo titular "E" en la Facultad de Química de la UAEMEX y miembro del Núcleo Académico Básico de la Maestría y el Doctorado en Ciencias y Tecnología Farmacéuticas.

## Áreas de Interés

Cultiva dos líneas de investigación: tecnología farmacéutica de medicamentos sólidos orales e historia y legislación farmacéuticas. Fundó y participa en el Laboratorio de Farmacia IG [@labfarma\\_uamex](https://twitter.com/labfarma_uamex), en el que se desarrollan proyectos de investigación vinculando industria, gobierno y universidad.

La Química Farmacéutica en el primer siglo mexicano:  
una historia de éxitos y fracasos

[https://www.youtube.com/watch?v=Xq\\_OzHqRuFw](https://www.youtube.com/watch?v=Xq_OzHqRuFw)

## Entrega de premios de la Sociedad Química de México 2023

El pasado 30 de enero de 2024, en el Salón del Real Tribunal de Minería, ubicado al interior del edificio del Real Seminario de Minería, en la calle de República de Guatemala 90, Centro Histórico de la Ciudad de México, se llevó a cabo un evento en el que los ganadores de los Premios organizados por SQM en 2023 impartieron una conferencia y se les entregó un reconocimiento alusivo y una medalla grabada.

Los galardonados fueron:

**Premio a las Mejores Tesis de Licenciatura, Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas Rafael Illescas Frisbie, edición 2023:**

Licenciatura: Q.I. Mauricio Bahena.

- Tesis ganadora: “Diseño y síntesis de derivados de 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas con potencial actividad antituberculosis”
- Director de Tesis: Dr. Roberto Martínez, Departamento de Química Orgánica, Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Doctorado: Dr. en C. Químicas Julio Romero Ibáñez.

- Tesis ganadora: “Funcionalizaciones de enlaces  $C(sp^3)-H$  y  $C(sp^3)-C(sp^3)$  de piperidinas en condiciones libres de metales de transición y su aplicación en la síntesis de alcaloides y N-derivados”
- Director de Tesis: Dr. Fernando Sartillo Piscil, Facultad de Ciencias Químicas, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

**Premio Nacional de Química Andrés Manuel del Río, edición 2023:**

Área Académica

- Categoría Investigación Científica: Dr. Jorge Peón Peralta, Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México.

Área Tecnológica

- Categoría Desarrollo Tecnológico: Dra. Rosa María Ramírez Zamora, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

¡Nuestras felicitaciones a los ganadores de 2023!

El evento se transmitió en vivo a través del canal de YouTube de la SQM, las conferencias se encuentran disponibles en la siguiente lista de reproducción: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLS3AGLSvPU96S3c5eYoto0L5KVcirLjLj>

A continuación, una breve reseña de los galardonados.

# Premio Nacional de Química «Andrés Manuel del Río» 2023 en Área Académica, categoría Investigación Científica: Dr. Jorge Peón Peralta



Dr. Jorge Peón Peralta, Instituto de Química,  
Universidad Nacional Autónoma de México

El Dr. Jorge Peón Peralta se graduó de Químico en la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1995. A continuación, cursó el doctorado en *The Ohio State University* (OSU) bajo la dirección del profesor Bern Kohler (actualmente profesor eminente del estado). A lo largo sus estudios de posgrado, contó con becas de la OSU a través de proyectos financiados. Como estudiante de posgrado el Dr. Peón participó en el desarrollo de uno de los primeros sistemas de pulsos láser capaces de observar fenómenos moleculares con resolución de femtosegundos. En esta etapa realizó estudios pioneros sobre la separación y recombinación de carga, contribuyendo a la comprensión de la competencia entre la recombinación de carga y la dinámica de solvatación. Estos trabajos permitieron comprender cómo esta competencia dicta la eficiencia de muchas reacciones de transferencia de electrones y de la ionización de baja energía.

Posteriormente, el Dr. Peón realizó estudios posdoctorales en el *California Institute of Technology* (Caltech) en el grupo de investigación del Prof. Ahmed H. Zewail (Premio Nobel de Química, 1999) mediante el financiamiento de la *National Science Foundation* de los E.U. Durante esta etapa, demostró por primera vez la viabilidad de resolver en el tiempo la fotodinámica del ADN mediante la detección de fotones emitidos desde estados superiores. Lo anterior fue logrado al hacer interactuar los fotones emitidos con pulsos láser ultracortos en cristales de óptica no-lineal. Estos resultados corresponden a una extensión de algunas de las líneas del Dr. Peón durante su doctorado, y despertaron un gran interés a nivel mundial, ya que revelaron el mecanismo por el cual las bases del ADN pueden eliminar varios electrones-volt de energía electrónica.

Los estudios sobre la evolución de los estados superiores del ADN en los que participó el Dr. Peón revelaron que la mencionada relajación se presenta gracias a la existencia de intersecciones

cónicas (regiones en las superficies de energía potencial donde el primer singulete excitado “cruza” el estado fundamental electrónico). Este mecanismo de relajación proporciona a las bases purínicas y pirimidínicas del ADN de una importante fotoestabilidad. Hoy en día, se considera que este mecanismo formó parte de los procesos de selección fotoquímica que ocurrieron durante las primeras etapas de la evolución molecular en la Tierra (etapas donde la superficie del planeta estaba sujeta a una intensa irradiación de luz UV, previa a la formación de la capa de ozono). Como se mencionará más abajo, años más tarde ya en la UNAM, el grupo del Dr. Peón realizó otra serie de contribuciones adicionales en esta línea demostrando que dichos canales de relajación son intrínsecos de ciertos anillos heterocíclicos y que no está asociado a los patrones de sustitución de los anillos como se sospechaba anteriormente.

Durante sus estudios postdoctorales en Caltech, el Dr. Peón también formó parte del primer equipo que estudió la dinámica de intercambio de moléculas de agua en la superficie de las proteínas. La interacción de moléculas de agua con regiones específicas en la superficie de todas las proteínas juega un papel central en las fluctuaciones estructurales de estas macromoléculas.

El Dr. Peón ingresó al Instituto de Química de la UNAM directamente como Investigador Titular en 2003 donde desarrolló el primer laboratorio de espectroscopía láser en Latinoamérica. Cabe mencionar que el diseño óptico de la fuente de luz pulsada de este laboratorio y la instrumentación de los experimentos fueron desarrollados dentro del grupo de investigación, incluyendo los códigos de control y de análisis de datos. Esta infraestructura ha estado funcionando ininterrumpidamente desde entonces, manteniendo los mayores estándares del área a nivel mundial.

Los primeros estudios en el área de la femtoquímica por parte del Dr. Peón, ya en México, se enfocaron en la fotoquímica de compuestos poliaromáticos nitrados. Estas moléculas son contaminantes atmosféricos altamente tóxicos, presentes en diversas formas, incluyendo como adsorbatos en partículas coloidales. La principal ruta de degradación de estas moléculas ocurre a través de reacciones fotoquímicas (principalmente la disociación de óxido nítrico), lo que implica que la comprensión de la dinámica de sus estados excitados es crucial para comprender su abundancia relativa y encontrar formas de eliminarlas del medio ambiente. Las investigaciones del grupo del Dr. Peón en la UNAM revelaron por primera vez la compleja foto-dinámica de este tipo de moléculas. Específicamente, se determinó que estos sistemas experimentan un paso de cambio de multiplicidad electrónica sorprendentemente rápido (cruce entre sistemas) que da origen a estados excitados de multiplicidad triplete a través de estados intermediarios (tripletes "receptores"). Estos estudios también

permitieron determinar los mecanismos de disociación de óxido nítrico de estas moléculas. El mecanismo de disociación ocurre con rendimientos variables justamente debido a que ocurre en paralelo con el mencionado canal de cruce singulete-triplete. Gracias a los trabajos del Dr. Peón, la fotoquímica de estas moléculas puede resumirse hoy en día como una competencia cinética entre un cambio de estado de espín ultrarrápido, y el canal de reordenamiento y disociación del óxido nítrico.

La dinámica del cambio de multiplicidad en moléculas nitroaromáticas es sin duda una de las contribuciones de mayor relevancia científica en la carrera del Dr. Peón. Estos resultados se resumieron recientemente en un artículo destacado (Feature) en la revista *Chemical Communications* (2021). Respecto a esta línea de trabajo, es importante enfatizar que las observaciones sobre los cambios de multiplicidad observados en el laboratorio del Dr. Peón en la UNAM corresponden a un descubrimiento fundamental en fotoquímica ya que revelaron la existencia de un nuevo tipo de acoplamiento molecular: La interacción espín-vibronica. La teoría de este tipo de interacciones se desarrolló por diversos grupos de química teórica basándose en los resultados experimentales del Dr. Peón, y encuentra descrita por ejemplo en el artículo: *Chemical Reviews: Spin-Vibronic Mechanism for Intersystem Crossing 2018*, 118, 15, 6975–702 (Penfold et al.), donde se citan los trabajos del Dr. Peón.

Otro proceso fotoquímico fundamental estudiado por el laboratorio del Dr. Peón en México es la transferencia intramolecular de protones en estados excitados, donde la dinámica de esta reacción se determinó por primera vez utilizando técnicas de fluorescencia ultrarrápida. Los resultados indicaron que este proceso se da sin involucrar barreras energéticas, ocurriendo en la escala de una única vibración molecular. Los resultados experimentales en estos sistemas han resultado de gran importancia, ya que han servido para identificar tanto la naturaleza del proceso, como para establecer cuáles son los métodos de química computacional (incluyendo funcionales de la densidad) que son capaces de predecir la forma real de la superficie de energía potencial en un estado electrónico superior. Como una extensión del estudio de la fotofísica de las bases de Schiff, el grupo del Dr. Peón diseñó nuevos sistemas cromóforos en los que se utiliza el esqueleto molecular de una base de Schiff, pero ahora, como ligandos en una serie de compuestos organometálicos de estaño IV. Se demostró que estos complejos pueden diseñarse para tener absorbancia y emisiones en diferentes regiones del espectro.

El grupo del Dr. Peón también ha realizado diversas contribuciones en el tema de la transferencia intramolecular de energía. Se han estudiado los procesos de migración excitónica en diversos sistemas, incluyendo las ftalocianinas. Estos sistemas se emplearon para demostrar que es posible realizar una excitación óptica indirecta en macrociclos a través de un proceso de transferencia de energía en el que el evento de absorción de luz inicial realmente ocurre en sus ligandos axiales. Se demostró que el proceso ocurre en una escala de tiempo ultrarrápida, con un rendimiento del 100%, e involucrando estados "oscuros" (con fuerza de oscilador nula) a través de un mecanismo de intercambio electrónico.

Abundando sobre una de las líneas de trabajo del Dr. Peón mencionada anteriormente, desde los primeros estudios en los grupos de Zewail y Kohler, había persistido una importante pregunta con respecto a la fotoquímica de las bases nitrogenadas:

¿Cuál es la arquitectura heterocíclica más básica en la que las intersecciones cónicas están presentes y dominan la dinámica del estado excitado? Al abordar este problema, el grupo de investigación del Dr. Peón en la UNAM estudió variantes simplificadas del cromóforo de guanina. A través de estudios de estos compuestos y de modificaciones en su estado de protonación, fue posible distinguir muchos de los detalles de la estructura electrónica que determinan si uno de estos heterociclos puede acceder de manera eficiente a las geometrías de la intersección cónica. Estas investigaciones resolvieron conclusivamente que el fenómeno de relajación electrónica es intrínseco de ciertos anillos heterocíclicos y que no está directamente relacionado con el patrón de sustitución de estos sistemas.

Entre los intereses más recientes del grupo del Dr. Peón se destaca el desarrollo de cromóforos funcionales para el control de actuadores moleculares por absorción bifotónica. En esta línea de trabajo se demostró que, con la absorción simultánea de dos fotones por parte de cromóforos auxiliares (antenas moleculares), es posible inducir reacciones químicas a una profundidad variable con una resolución espacial menor a una micra cúbica.

Las contribuciones del Dr. Peón han sido citadas en más de 4500 ocasiones (Google Scholar). Entre sus presentaciones internacionales invitadas más relevantes se encuentran: *Ultrafast and Ultrasmall: New Frontiers in AMO Physics*, la *Photochemistry International Conference 2011*, el *Colloquium Spectroscopicum Internationale XLI*, la *10th International Meeting on Photodynamics and Related Aspects*, y el *Atlantic Basin Conference on Chemistry* (en el que participó como plenarista representante de la Sociedad Química de México). El Dr. Peón también forma parte del comité científico permanente de las conferencias Femto, la serie internacional de reuniones más importantes del área de espectroscopía resuelta en tiempo.

La labor de formación de recursos humanos del Dr. Peón también ha sido valiosa. En este rubro se destaca que, al incorporar nuevas líneas de investigación al país, ha dado la oportunidad por primera ocasión a estudiantes mexicanos a desarrollarse en el área de la espectroscopía láser. Un número significativo de sus exalumnos actualmente son profesores o investigadores independientes, tanto en México como en el extranjero. Ha asesorado en total a 9 estudiantes de doctorado, 15 estudiantes de maestría en ciencias y 16 estudiantes de pregrado. Como Profesor de la Facultad de Química ha impartido cursos semestrales de licenciatura de forma ininterrumpida desde su ingreso a la UNAM.

Finalmente, como parte de su labor institucional se destaca su función como Director del Instituto de Química de la UNAM (2014-2022). Durante su gestión, el Instituto vio un incremento de cerca del 80% en su productividad primaria y se duplicó el factor de impacto promedio de las investigaciones de la dependencia. Además, el Instituto se consolidó como la entidad académica con el mayor número de alumnos inscritos en programas de posgrado en química de Latinoamérica. Así mismo, se iniciaron diversas interacciones con el sector privado de la Industria Química, se creó la Unidad de Desarrollo Tecnológico del Instituto, y se iniciaron proyectos internacionales, en los que se destaca la inclusión del Instituto de Química de la UNAM como el décimo nodo del *Berkeley Global Science Institute*, un consorcio dedicado a la colaboración internacional de investigación en Química.

# Premio Nacional de Química «Andrés Manuel del Río» 2023 en Área Tecnológica, categoría Desarrollo Tecnológico: Dra. Rosa María Ramírez Zamora



Dra. Rosa María Ramírez Zamora, Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

Rosa María Ramírez Zamora es Ingeniera Química egresada de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Tiene el grado de Maestra en Ingeniería Sanitaria de la Escuela Nacional de Salud Pública de Rennes, Francia. Obtuvo el grado de doctora en Ciencias Químicas aplicadas al Tratamiento de Aguas en la Universidad de Rennes I. Actualmente es Investigadora Titular en la Coordinación de Ingeniería Ambiental y Directora del Instituto de Ingeniería de la UNAM. Es miembro de la Sociedad Química de México, *Associate member* del *Scientific Committee* de la *International PhD School on Advanced Oxidation Processes (IPS-AOP)*, Miembro de la *Society of Chemical Industry*, y de la *Internacional Water Association*. Académica Titular de la Comisión Especial de Ingeniería Química de la Academia de Ingeniería de México.

Cuenta con más de 150 artículos publicados en revistas y en memorias de congresos internacionales y nacionales, así como capítulos de libros sobre valorización de residuos industriales y su aplicación en procesos fisicoquímicos avanzados para el tratamiento de agua y aire. Los artículos que ha publicado en revistas con factor de impacto ascienden a 60, más del 60% se ubican en los cuartiles 1 y 2. Ha participado como ponente en más de 30 congresos internacionales (en Australia, Brasil, Corea, Francia, Japón, Inglaterra, Marruecos, China) y en diversos congresos nacionales. Posee tres desarrollos tecnológicos, ocho patentes nacionales concedidas por el IMPI y cuatro solicitudes de registro de patentes, una sobre valoración de residuos para la producción de materiales para la industria de la construcción y con propiedades de captura de aire, otra sobre un dispositivo de detección de los fragmentos genéticos del SARs-COV2 en aguas residuales. Cuatro de esas patentes, han sido objeto de interés del sector privado y del Gobierno de la Ciudad de México.

La primera de ellas denominada “Proceso de elaboración de un material cerámico celular preparado a partir de lodo generado en plantas potabilizadoras” fue acreedora en el 2014 al Premio a la Innovación CEMEX, y desde entonces ha habido interés por parte de esa empresa hacia ese desarrollo, que ha derivado en otro que está en proceso de otorgamiento que presenta mejoras o más ventajas y que tiene el título “Proceso de elaboración de cementos álcali activados como materiales de construcción con capacidad de captura de  $\text{CO}_2$ ”; de tal suerte que, esta idea se ha solicitado presentarla al personal de CEMEX y al de otra empresa minera para definir si existe interés de su parte; por el momento, no se ha tenido oportunidad de tener una reunión para poder presentar esta idea.

La tercera patente que tuvo un fuerte interés por parte de una empresa (TICSA) en el 2013-2014 para que fuera transferida es la que lleva por título “Proceso de remoción de fosfatos, metales pesados y colorantes presentes en agua empleando como adsorbentes escorias metalúrgicas de la industria del hierro”, que además fue acreedora al Premio León Bialik a la Innovación Tecnológica 2011; en particular, el interés de esta empresa fue resultado de un proyecto (“Estudio de factibilidad y transferencia tecnológica en México para el proceso de remoción de arsénico en agua para su potabilización”) que realizamos de manera conjunta en el periodo 2011-2013, en el marco de una convocatoria OSEO-CONACYT; TICSA al verificar la gran eficacia del desarrollo tenía la intención que se aplicara para remover arsénico de fuentes subterráneas utilizadas para producir agua potable en la región del norte del país, en específico en la comarca lagunera. Desafortunadamente, esta tecnología no estaba especificada en los términos de licitación, por lo que no fue posible que se aplicara.

La cuarta patente denominada “Proceso solar fotoFenton heterogéneo utilizando escorias metalúrgicas como fotocatalizador para la desinfección y desintoxicación de agua”, ha sido de interés para el Sistema de Aguas del Valle de México (SACMEX), a través de un proyecto (FotoFenton heterogéneo con escoria de cobre y luz solar, en la remoción de materia orgánica recalcitrante, en fuentes de abastecimiento de agua para uso y consumo humano), realizado de manera conjunta con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en el 2021.

Las patentes las ha elaborado con datos generados por estudiantes que han obtenido el premio de mejor tesis de licenciatura por la Sociedad Mexicana de Química, el Colegio de Ingenieros Ambientales, el Gobierno de la Ciudad de México, Grupo Bal-Fundación UNAM y el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Ha sido acreedora a más de 16 premios y distinciones, unos de manera conjunta con sus estudiantes y otros de manera individual. Algunos de los premios más importantes son: Premio León Bialik

a la Innovación Tecnológica edición 2011 y León y Pola Bialik edición 2016, el Premio a la Innovación CEMEX 2014 y Premio Bal-Fundación UNAM Ciencias de la Tierra 2021.

Ha dictado varios cursos y diplomados sobre Procesos fisicoquímicos para el tratamiento de aguas y de Diseño de plantas potabilizadoras a estudiantes de maestría y licenciatura y a profesionales del área. Ha dirigido más de 80 tesis de doctorado, maestría y de licenciatura.

Ha realizado más de 40 proyectos para la Comisión Nacional del Agua, la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica, PEMEX, la Planta de Asfalto del Distrito Federal, el CONACYT, la Dirección de Asuntos del Personal Académico de la UNAM y empresas como COPLATA, Grupo Minera México, BANOBRAS, CISI, COET, TICSÁ. Destacan los ocho proyectos realizados para la Comisión Nacional del Agua para mejorar diversos procesos del tren de tratamiento de la planta potabilizadora Los Berros, que es la más grande del país con un flujo de diseño de 28 m<sup>3</sup>/s, la cual abastece al Estado de México y una parte de la Ciudad de México. Asimismo, son de destacar los proyectos realizados para empresas del sector agua como son CISI y COET, en los que los objetivos principales fueron mejorar el desempeño de los procesos de trenes de tratamiento de agua potable para el cumplimiento de calidad del agua potable producida en las plantas potabilizadora Los Berros y la Ciudad Victoria en Tamaulipas. Asimismo, es conveniente mencionar el proyecto con la empresa etivó realizar innovación y desarrollo tecnológico en el área de potabilización de agua contaminada con arsénico.

Otros proyectos de innovación y desarrollo tecnológico importantes a destacar son los realizados para el Grupo Minera México, debido a que han derivado en el fortalecimiento de la línea de investigación “Valorización de residuos industriales para el tratamiento de agua y aire”, la cual se basa en conceptos tan relevantes e innovadores como son la Economía circular y la Química Verde.

Esta línea ha generado cinco patentes otorgadas y una solicitud en proceso por el IMPI, tres premios (CEMEX 2014, León Biliak edición 2011 y León y Pola Bialik edición 2016), siete posdoctorantes y casi 30 tesis de diferentes niveles (5 de doctorado, 10 de maestría y 13 de licenciatura).

Varios de los estudiantes de doctorado que realizaron sus tesis en esta línea de investigación se encuentran ocupando puestos en centros de investigación, universidades y empresas en el extranjero, como es el Dr. Fabricio Espejel Ayala, quien actualmente es

Subdirector de Agua y Ambiente en el Centro de Investigación en Electroquímica de Querétaro (CIDETEQU), la Dra. Ariadna Morales Pérez quien es profesora en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y la Dra. Claudia Montoya Bautista, quien ocupa un puesto en la empresa canadiense *Viridis Research* que se especializa en remoción y degradación de compuestos emergentes y microplásticos en agua.

Finalmente, es conveniente mencionar que, en su calidad de Directora del Instituto de Ingeniería (IIUNAM), primera mujer en la historia de esta entidad académica en ocupar este puesto, en los tres primeros años de su gestión y a pesar de la pandemia por la COVID-19, ha realizado esfuerzos por impulsar iniciativas para la creación de empresas de base tecnológica y la vinculación con los sectores industrial y gubernamental para contribuir al desarrollo del país.

Todo esto con el enfoque de contribuir a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas. Dentro de lo más destacable, se puede mencionar la realización de seminarios de presentación de los desarrollos tecnológicos y capacidades con los que cuenta el IIUNAM, en diversos foros. Adicionalmente, ha impulsado la participación del IIUNAM para presentar sus desarrollos tecnológicos y capacidades humanas en investigación e innovación en Expos de gran importancia como es la *Expo World Congress Smart City*, organizada por el gobierno de Yucatán y por Fira Barcelona Internacional, ONU Habitat en Mérida del 7 al 9 de junio de 2022.

También ha impulsado el desarrollo tecnológico a través de la conformación de Grupos de Investigación Interdisciplinaria, con recursos del Instituto de Ingeniería y de ocho entidades académicas de la UNAM, en los que colaboran académicos y estudiantes de dos facultades, cinco institutos y un centro de investigación. Actualmente, impulsa la creación de empresas de base tecnológica mediante una Olimpiada Estudiantil Proyectos Interdisciplinarios de Ingeniería - IIUNAM y FI (2023) “Visión y propuestas de solución de los jóvenes frente a los retos de la Ingeniería en el Siglo XXI”, en la que se entregarán tres premios y orientación legal y administrativa para ese propósito.

# Premio a las Mejores Tesis en Ciencias Químicas "Rafael Illescas Frisbie" 2023 en Doctorado: Dr. en C. Químicas Julio Romero Ibáñez



Dr. en C. Químicas Julio Romero Ibáñez  
Facultad de Ciencias Químicas,  
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

El Dr. Julio Romero Ibáñez estudió la licenciatura en química en la Facultad de Ciencias Químicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) durante el periodo 2010-2015. Posteriormente, continuó su formación académica ingresando al posgrado en ciencias químicas de la BUAP, donde completó con éxito su maestría en ciencias químicas de 2015 a 2017. En este periodo tuvo un desempeño destacado, siendo reconocido en 2018 con el reconocimiento institucional al mejor promedio y productividad del programa de maestría.

Su dedicación continuó a lo largo de su doctorado en ciencias químicas, el cual realizó bajo la dirección del Dr. Fernando Sartillo Piscil y la asesoría del Dr. Silvano Cruz Gregorio. En reconocimiento a sus contribuciones a la investigación en química orgánica, el Dr. Romero Ibáñez fue honrado con la cátedra juvenil por la Academia Mexicana de Química Orgánica en 2021, subrayando su impacto y promesa en el campo. Actualmente, se encuentra haciendo una estancia posdoctoral en el laboratorio de electroquímica y electrosíntesis en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), donde trabaja bajo la supervisión del Dr. Frontana Uribe.

Tesis ganadora: Funcionalizaciones de enlaces  $C(sp^3)-H$  y  $C(sp^3)-C(sp^3)$  de piperidinas en condiciones libres de metales de transición y su aplicación en la síntesis de alcaloides y N-derivados

## RESUMEN

En esta tesis se describe la invención y aplicación de una nueva tecnología sintética que permite acceder a 2-pirrolidinas a partir de piperidinas en ausencia de metales de transición, y todo a expensas de la deconstrucción de enlaces  $C(sp^3)-C(sp^3)$  de sistemas N-heterociclos a enlaces C-N lactámicos. Mientras este tipo de "ediciones de enlaces covalentes", nosotros lo logramos utilizando reactivos baratos y amigables con el medio ambiente. Esta metodología sintética fue aplicada en la síntesis de intermediarios sintéticos del antibiótico CS-834, el potenciador cognitivo oxiracetam y la harmicina. Además, con esta metodología de deconstrucción desarrolló una nueva desconexión sintética de un sistema tetracíclico indoloquinolizidino para acceder selectivamente a un indolizino[8-7b]indol, el cual está presente en una variedad de alcaloides como la cuscutamina. Esta nueva desconexión sintética para acceder a este tipo de esqueletos estructurales fue resaltada en un video tutorial YouTube en síntesis total (<https://www.youtube.com/watch?v=xNfnrl4i20g&t=67s>).

Siguiendo la mística de utilizar reactivos inocuos y baratos, aplicamos la electrosíntesis para preparar a una variedad de 3-hidroxiactamas a partir de sus correspondientes 3-alcoxi aminolactamas. También estudiamos el mecanismo de doble oxidación de aminas cíclicas a sus correspondientes 3-alcoxi aminolactamas para establecer el origen de la quimio selectividad del medio oxidante. Esto nos permitió inventar, no sólo una nueva reacción de multi-oxidación de N-heterociclos, sino que también descubrimos una interacción no-covalente  $C-H \cdots p$  entre el TEMPO+ y un hidrógeno del sustrato, la cual es la responsable de mediar la selectividad de la C-H oxidación.

Además de las invenciones y nuevos descubrimientos novedosos que se describen en esta tesis y en los respectivos artículos de investigación originales de ella emanan, también nos dimos tiempo de revisar (*account* y *book chapter*) el estado del arte de la química relacionada con la de agentes oxiclорados y derivados del TEMPO en procesos de funcionalización C-H de N-heterociclos.

# Premio a las Mejores Tesis en Ciencias Químicas "Rafael Illescas Frisbie" 2023 en Licenciatura: Q.I. Mauricio Bahena García

Mauricio Bahena García es Técnico Laboratorista Industrial Farmacéutico y Químico Industrial titulado por la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. A lo largo de su trayectoria académica, ha participado en proyectos de investigación en el área de síntesis orgánica, química ambiental y diseño de fármacos durante los Veranos de la Investigación Científica de la Academia Mexicana de Ciencias y de la Academia de Ciencias de Morelos. Realizó un semestre de movilidad académica en la Facultad de Química de la UNAM donde tuvo oportunidad de iniciar su tesis de licenciatura siendo ayudante de investigador SNIIII bajo la asesoría del Dr. Roberto Martínez en el Instituto de Química.

Fue secretario general y uno de los fundadores de la Sección Estudiantil de Químicos de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería, y fue primer violín de la Orquesta Sinfónica Juvenil de la UAEM.

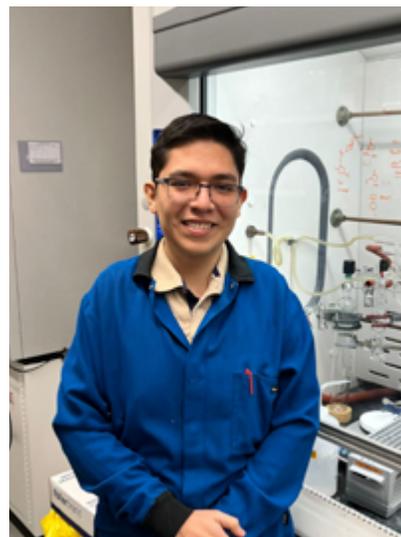
Actualmente realiza estudios de maestría en química medicinal en la Universidad de Kansas como becario Fulbright García-Robles STEM regional, donde recientemente obtuvo el galardón Dr. Gregory and Frances Lauver 2023 por el departamento de química medicinal y el Hodgie Bricke Memorial Scholarship por el departamento de asuntos internacionales de la Universidad de Kansas.

Tesis ganadora: Diseño y síntesis de derivados de 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas con potencial actividad antituberculosis.

## Resumen

La tuberculosis es una de las principales causas de muerte a nivel mundial. Debido a la duración de la terapia para su tratamiento, los desafíos logísticos asociados y la toxicidad de los medicamentos administrados, surge la necesidad del descubrimiento de nuevos blancos moleculares para el diseño de compuestos que mejoren la actividad antituberculosis. Entre los compuestos poco estudiados para inhibir a *Mycobacterium tuberculosis* se encuentran las 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas, las cuales son compuestos heterocíclicos resultado de la fusión de una isoquinolina y un pirrol, donde el nitrógeno se encuentra en la cabeza de puente. Bajo el principio de similitud-propiedad, el presente trabajo es el primero en proponer a la enzima policétido sintasa 13 (Pks13) como un posible blanco molecular para este tipo de compuestos.

El *hit* fenotípico identificado en nuestro grupo de trabajo sirvió como modelo en el diseño de nuevos derivados de 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas a través de modificaciones estructurales, los cuales fueron evaluados mediante un estudio computacional de modelado molecular que incluyó *docking* sitio-



Q.I. Mauricio Bahena  
Instituto de Química,  
Universidad Nacional Autónoma de México

dirigido y semi flexible y dinámica molecular. Adicionalmente, se realizó un estudio quimioinformático de consenso farmacológico y un análisis de permeabilidad de membrana para la predicción de las propiedades fisicoquímicas de los derivados estudiados. Finalmente, las moléculas con los resultados de *drug-likeness* más favorables fueron seleccionadas para su síntesis, caracterización y evaluación biológica.

Los compuestos diseñados a partir del *hit* experimental mostraron importantes interacciones con los residuos involucrados en el reconocimiento del ligando durante la dinámica molecular. Principalmente, los derivados con un grupo donador de puentes de hidrógeno en la posición *meta* del fenilo fueron aquellos con la mayor afinidad al sitio activo de la enzima. La evaluación de la contribución energética a la energía libre de unión mostró que las interacciones de Vander Waals son las responsables de la unión de las 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas al sitio activo de la enzima Pks 13. La estrategia sintética de los nuevos derivados de 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas incluyó la ciclación radicalaria del anillo del pirrol trisustituido, el cual fue obtenido a través de una reacción de van Leusen entre los ésteres, 1,3-insaturados correspondientes y el reactivo Me-TOSMIC.

Los resultados de esta investigación proporcionan información importante sobre los requisitos farmacofóricos de las 5,6-dihidropirrol[2,1-a]isoquinolinas para mejorar su actividad antituberculosis; por lo cual, actualmente se realiza la optimización de nuevos derivados con base en el conocimiento adquirido en este proyecto.



SOCIEDAD QUÍMICA  
DE MÉXICO, A.C.  
"La química nos une"

## La Sociedad Química de México, A.C. felicita a:



Dra. Adela Rodríguez Romero



Dr. Leovigildo Quijano



Dr. Orest Pizio



Dr. Francisco Yuste López



Dr. Anatoli Iatsimirski



Dr. Marco Antonio  
Cerbón Cervantes



Dr. René Miranda Ruvalcaba



Dra. María del Jesús del  
Sagrado Corazón Rosales Hoz



Dr. José Luis Rosales Encina



Dr. Neftalí Ochoa Alejo



Dra. María Teresa  
Ramírez Silva



Dr. Alberto Rojas Hernández



Dr. José Guadalupe  
Trujillo Ferrara



Dra. Noemí Herminia  
Waksman Minsky

Por su reciente distinción como **Investigadoras e Investigadores Eméritos**,  
máximo nombramiento que otorga el Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores  
del CONAHCYT

[www.sqm.org.mx](http://www.sqm.org.mx)

La química nos une



# Adherencia Terapéutica: una herramienta fundamental para la efectividad de los medicamentos

Mayred Yeselin León-García, Martha Díaz-Flores\*, Mariana Ortiz-Reynoso

## Resumen

Hablar de la adherencia terapéutica, refiere a la atención al seguimiento oportuno de un paciente a la pauta medicamentosa prescrita, específicamente a la dosis, tiempo y forma farmacéutica indicados. Las condiciones socioculturales, personales y de salud del paciente son amplios determinantes para que se concluya de forma oportuna el tratamiento terapéutico. Una actividad fundamental de los profesionales químico-farmacéuticos es sugerir herramientas desde distintas esferas de implicación (profesionales, industrias e instituciones de salud) que aporten beneficios para mejorar el apego al tratamiento.

## Abstract

Therapeutic adherence refers to the patient's follow-up of a prescribed drug, in terms of dosage, time, and pharmaceutical form. Socio-cultural, personal, and health conditions are major factors for patients to complete the prescribed treatment. Suggesting diverse tools, actions, or activities from different spheres of involvement (professionals, industries, and health institutions) contribute to improving adherence to treatment as a key activity for pharmacists.

**Palabras clave:** adherencia terapéutica, apego medicamentoso, educación farmacéutica, pauta de medicación

**Keywords:** medication adherence, pharmaceutical treatment, medication

## Introducción

El tratamiento de una enfermedad es un proceso integral que busca reducir las molestias provenientes de una patología y recuperar la salud. Este proceso está mediado por varios actores implicados en diversas actividades: elaboración del diagnóstico y prescripción, dispensación, administración y, finalmente, el consumo. El paciente (o su cuidador) es quien está obligado a mantener una medicación constante para reducir la sintomatología y mejorar la calidad de vida, pero son diversos los factores que pueden llevarlo al abandono, suspensión o desajuste de su tratamiento (González, R., et al., 2020).

La adherencia terapéutica (AT) es el grado en el que un paciente se apega a las indicaciones farmacológicas de un tratamiento médico. La AT va más allá de seguir las orientaciones para tomar los medicamentos, porque abarca el cumplimiento de las recomendaciones de cambio de dieta, cambios en la actividad física o en el estilo de vida, mismas que coadyuvan a la recuperación

del paciente y promueven el curso adecuado de los metabolitos farmacéuticos sobre el organismo humano (Pueyo, A., et al., 2023). Hoy en día se utilizan también términos como “cumplimiento”, “obediencia” o “seguimiento” terapéutico para hacer referencia al buen curso de la medicación recomendada.

Además de ser un parámetro terapéutico crucial para lograr una buena recuperación de la enfermedad, la AT contribuye a que el paciente tome conciencia de los efectos negativos que puede traer consigo la medicación cuando no es administrada en forma, cantidad y espaciamiento correctos y no está indicada para la patología correcta; estos efectos se traducen en un riesgo negativo para la salud y tienen un impacto en la economía y en el estilo de vida (Ortega, J., 2018).

## Antecedentes: La Adherencia Terapéutica y la salud poblacional

La Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó en 2003 el informe “Adherencia a los Tratamientos a Largo Plazo”, en el que expone que los pacientes polimedicados y con patologías crónicas tienen mayor probabilidad de incurrir en una AT baja o desapego al tratamiento. La OMS indica que, dentro de los sistemas de salud, es necesario establecer una comunicación clara y precisa de las consecuencias que trae consigo el abandono del tratamiento, desde las alteraciones orgánicas, hasta la resistencia a los principios activos de los fármacos empleados (Urzola, C., 2018).

Pueyo y colaboradores estimaron que a nivel mundial el 55% de la población no se adhiere a la pauta prescrita por el personal médico, pero además destacaron que el equipo sanitario multidisciplinar – que incluye químicos, enfermeros, farmacéuticos y médicos, entre otros – no ha coordinado acciones conjuntas para compartir con los pacientes información pertinente que les permita identificar los factores que condicionan el cumplimiento de los tratamientos (Pueyo, A., et al., 2023).

Durante mucho tiempo, no se reconoció a la AT como un riesgo a la salud poblacional, dejando de lado consecuencias importantes, como ineffectividad terapéutica o resistencia medicamentosa, y no fue hasta que la OMS, a principios de este siglo, señaló la falta de efectividad del tratamiento medicamentoso como una repercusión del desapego a la medicación señalada (Martín, L., 2006). Los avances científicos que repercuten en el diagnóstico, la fármaco-terapia y la prospectiva clínica observados en las últimas décadas, no sólo deben buscar la mejora inmediata de la salud poblacional, sino que deben garantizar su función educativa,

Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México  
\*mdiazf@uaemex.mx <https://quimica.uaemex.mx/>

a través de la difusión de información sencilla y clara sobre las consecuencias negativas de suprimir, duplicar, suspender o eliminar un tratamiento prescrito atinadamente.

La falta de AT se clasifica en dos tipos, primaria y secundaria, que se distinguen en los siguientes términos:

- No adherencia primaria:** Hace referencia a las situaciones en las que el medicamento prescrito no es comprado o no se encuentra disponible para su adquisición y, por lo tanto, el tratamiento ni siquiera es iniciado.
- No adherencia secundaria:** Derivada de la interrupción o alteración del tratamiento, antes de ser terminado tal y como lo señala la prescripción médica (Pagés, N. & Valverde, M., 2018)

En 1985 se llevó a cabo la Conferencia de Expertos sobre Uso Racional de los Medicamentos de la OMS, y ahí se definió que el URM se alcanza cuando “los pacientes reciben fármacos

apropiados para sus necesidades clínicas, a dosis ajustadas a su situación particular, durante un periodo adecuado de tiempo y al mínimo costo posible para ellos y para la comunidad” (OMS, 2011). La Sociedad Internacional en Farmacoeconomía e Investigación de Resultados Sanitarios (ISPOR) ha conjuntado ambos términos en un sólo concepto, señalado como “el grado en que un paciente actúa de acuerdo con la dosis, pauta posológica y plazo descrito para culminar su medicación” (Dilla, T., 2009). Recientemente se ha relacionado a la AT con el concepto de “Uso Racional de Medicamentos (URM)”, pero aún son múltiples los factores que condicionan el cumplimiento terapéutico por parte de los pacientes.

Los factores que limitan la AT se describen de manera general en la *Figura 1.*, en la que se observa que existen cinco entornos que marcan la diferencia en los pacientes para cumplir o no cumplir con las indicaciones terapéuticas prescritas. (González, C. & Mendoza, L., 2016). Estos factores se describen en el *Cuadro 1.*

<b>Cuadro 1: Factores que limitan la AT.</b>	
<b>Factores relacionados con el sistema de salud</b>	Van desde la falta de medicamentos o tratamientos completos en las instituciones de salud, hasta la falta de capacitación al paciente por parte de personal químico-farmacéutico, en temas como Educación Sanitaria, Educación Farmacéutica y Uso Seguro y Racional de Medicamentos.
<b>Factores socioeconómicos</b>	Son referentes al acceso económico a medicamentos de calidad, seguros, efectivos, eficaces y, sobre todo, regulados y legales, y a cómo los pacientes no tienen acceso igualitario a estos insumos.
<b>Factores relacionados con el tratamiento</b>	Hacen referencia a pautas de administración complejas o la demasía de tomas por día. El seguimiento de reglas generales y la falta de ajustes individualizados para cada paciente puede complicar la toma consecutiva.
<b>Factores relacionados con el paciente</b>	En general temas, como edad, acceso a la educación (lectura y escritura), temores, creencias religiosas o situación personal (familiar) de acompañamiento, suelen ser limitantes para una correcta AT. Cuando se ven limitadas estas condiciones, es improbable que el paciente sea constante en el uso racional de su medicación.
<b>Factores relacionados a la enfermedad</b>	La ausencia o presencia de sintomatología, depresión, dolor limitante o velocidad de la progresión de la enfermedad, impiden la continuación del tratamiento, no solo limitando la AT sino también alterando el curso clínico de la enfermedad.

Aunque el término de AT es ampliamente conocido, los tratamientos fallidos siguen siendo causa de pérdidas millonarias, causadas por el aumento de los daños a la salud que requieren iniciar o ampliar la estancia hospitalaria debido a la evolución de estados clínicamente más complicados que la patología inicial. A esto se suman las pérdidas económicas de las empresas farmacéuticas atribuidas a la resistencia o ineffectividad terapéutica y los daños a la vida saludable de los pacientes.

#### **Educación y difusión química-farmacéutica para la mejora de la adherencia terapéutica**

Este trabajo presenta información sobre la AT, desde el punto de vista de las acciones que pueden ser aplicadas por el profesional químico-farmacéutico para mejorar el apego a los tratamientos

terapéuticos, y discute las repercusiones de esta intervención profesional en los ámbitos industrial, económico y de salud, con énfasis en la calidad de vida del paciente.

Existen numerosas investigaciones que evalúan el grado de AT, ya sea por la aplicación de métodos directos (la utilización de técnicas de laboratorio con la determinación de metabolitos clínicos en muestras biológicas), métodos indirectos (aplicación de tests, cuestionarios o encuestas de referencia asistencial), o métodos subjetivos (evaluación del conocimiento de los pacientes en medicamentos, sintomatología y enfermedad) (Martínez, G., et al., 2016). Sin embargo, pocas investigaciones se enfocan en la difusión de acciones asistenciales que contrarresten el incumplimiento terapéutico.

Independientemente de la patología en cuestión, la AT debe ser abordada desde la perspectiva del paciente y proporcionar una guía conductual que tenga su objetivo en el cuidado de la salud con la mínima repercusión económica. Los profesionales sanitarios, especialmente los médicos, químico-farmacéuticos y enfermeros, deben reconocer, informarse, capacitarse y actualizarse en temas relacionados con la AT, poniendo como eje fundamental: (Reyes, E., 2016)

- No culpabilizar al paciente
- Individualizar los tratamientos según las necesidades individuales
- Fortalecer la relación cordial multidisciplinaria
- Participar en acciones para la educación sanitaria y farmacéutica

**Cuadro 2: Aspectos generales en la comunicación con el paciente para mejorar la Adherencia Terapéutica.**

Información oportuna	Sugerencias de uso	Comunicación efectiva	Alternativas de uso	Acuerdo de uso
Dar a conocer de forma puntual las recomendaciones de uso, manejo y ministración del tratamiento completo.	Recomendar el uso conjunto con otros medicamentos, alimentos y bebidas y las horas adecuadas del día o la noche para la toma.	De forma verbal, no verbal, con alternativas para personas sin lectura o escritura y con referentes de colores, dibujos o formas de los diferentes medicamentos en uso.	Sugerir nombres genéricos, marcas comerciales u otras referencias que el paciente pueda adquirir en caso de que la institución de salud o la cadena comercial no cuente con el medicamento tal como se prescribe en primera instancia.	Comprobar que el paciente está de acuerdo con el tratamiento, que comprendió los referentes posológicos y que conoce y entiende las alternativas presentadas.

Bajo estos determinantes, mejorar la AT debe centrarse en cinco aspectos fundamentales, mostrados en el Cuadro 2 (Díaz, V., 2021).

Bajo el contexto de la difusión químico-farmacéutica, se deben de considerar cuatro esferas que representan las acciones en las que la AT se rige para la mejora de los tratamientos y la preservación de la salud, como se muestra en la *Figura 2a* continuación. Las intervenciones de AT se dividen en los cuatro siguientes rubros:

- *Intervención del personal de salud o asistencial:* involucran directamente a todos aquellos profesionales expertos en medicamentos que están en contacto con los pacientes.
- *Intervención de la industria farmacéutica:* en los casos en los que participen compañías farmacéuticas en las áreas de investigación, formulación, manufactura o distribución (Leites, D., et al., 2019).
- *Intervención de las instituciones de salud:* desde clínicas de atención primaria (centros de salud) hasta instituciones de tercer nivel de atención de la salud.

- *Intervención por la educación al paciente:* llevada a cabo por expertos químico-farmacéuticos, que enfoquen sus esfuerzos en promover el uso racional y seguro de los medicamentos (Vargas, M. & Rocha, L., 2018).

Estas acciones en estas esferas de intervención responden a estrategias de comunicación efectiva que son parte de una actividad de primer orden en la atención de la salud: la educación farmacéutica. Como se señala en el *Cuadro 3*, promover la AT es un recurso para intervenir de forma eficaz en el uso seguro de los medicamentos, proporcionándole al paciente los recursos necesarios para familiarizarse con sus tratamientos farmacológicos y con la toma ordenada de ellos (Lurduy, R., et al., 2017).

La AT implica un cuidado integral del paciente por parte de profesionales de la salud, instituciones y pacientes. Las acciones de la AT deben procurar hacer del paciente un ser activo, informado, copartícipe y corresponsable de la toma de decisiones de su medicación. Un alto grado de AT implica la disminución de los tiempos de estancias hospitalarias, la reducción del deshecho de medicamentos no utilizados por suspensión de tratamientos, el gasto adicional y la mejora en la calidad de vida.

**Cuadro 3: Estrategias de intervención para promover la Adherencia Terapéutica**

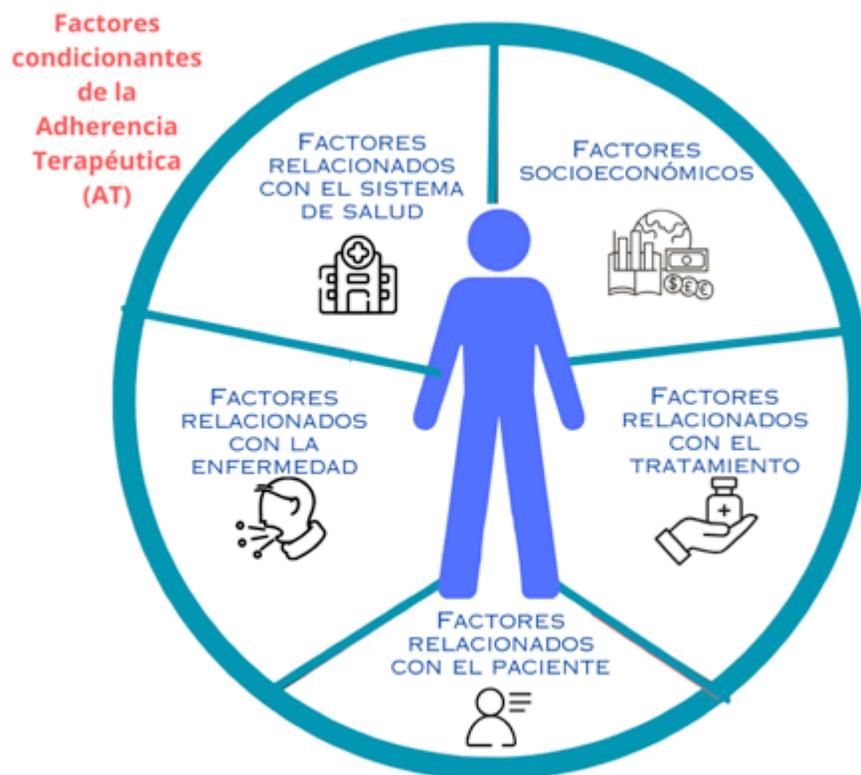
ÁREA DE INTERVENCIÓN	ESTRATEGIAS PARA LA AT
<p><b>Por parte del personal de salud o asistencial</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer prescripciones individualizadas, de acuerdo a las características de cada paciente.</li> <li>• Valorar los factores del contexto del paciente, para comunicar las pautas posológicas de manera efectiva.</li> <li>• Dar instrucciones claras y precisas sobre cómo y cuándo debe ser administrado el tratamiento, así como su enfermedad y la mejora esperada con el tratamiento.</li> </ul>
<p><b>Por la industria farmacéutica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer referencias de uso en los empaques sobre uso correcto y sin interacciones.</li> <li>• Generar material informativo y manuales de sugerencias (para profesionales de salud y pacientes) para comunicar las consecuencias de no usar de forma correcta el medicamento.</li> <li>• Mejorar las tácticas publicitarias en medios de comunicación donde se especifique la importancia de visitar a un profesional médico o farmacéutico antes de cada toma.</li> </ul>
<p><b>Por las instituciones de salud</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generar información en los espacios de atención para dar a conocer la importancia de seguir los tratamientos como se prescriben.</li> <li>• Impulsar campañas dirigidas a todos los sectores de la población donde, en un lenguaje ameno, se hable sobre el uso racional de medicamentos.</li> </ul>
<p><b>Por la educación al paciente</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impulsar en los establecimientos de salud, incluyendo las farmacias, la presencia de un químico-farmacéutico que pueda validar las prescripciones y dar recomendaciones de uso de los medicamentos conforme a la prescripción médica.</li> <li>• Facilitar herramientas de consulta que permitan al paciente entender la magnitud de las consecuencias que trae consigo un cambio en el tratamiento establecido.</li> </ul>

**Conclusiones: Ciencia y educación para la mejora de la adherencia terapéutica**

La falta de AT tiene un origen multifactorial, por lo que requiere de diversas estrategias dirigidas a pacientes, instituciones y profesionales de la salud. Las intervenciones de salud personalizadas y dirigidas a la mejora del consumo de la medicación son la herramienta fundamental y necesaria para mejorar el uso de los medicamentos.

Existiendo un sin número de motivos por los cuales no se lleva a cabo el tratamiento conforme fue indicado, el químico-farmacéutico posee el rol fundamental para erradicar el desapego, ya sea desde acciones dentro de la industria farmacéutica hasta las estrategias de educación al paciente y promoción del uso racional de la medicación. Todo ello, basado en el conjunto de conocimientos y habilidades que posee sobre los principios activos, los medicamentos y las pautas posológicas.

Procurar la AT es una acción de salud pública que implica cuidar el tratamiento personalizado de los pacientes. Esta actividad requiere de diversos profesionales de la salud, pero implica un cuidado directo del químico-farmacéutico. La química-farmacéutica es mucho más que desarrollar, producir, verificar la calidad y expender formas farmacéuticas seguras, eficaces y efectivas, en tanto implica también generar esfuerzos coordinados como profesionales de salud considerando los contextos, expectativas y motivaciones de los pacientes para autoadministrarse un tratamiento farmacológico, y requieren de la toma de decisiones profesional, libre y consiente en beneficio de la salud pública.



**Figura 1:** Factores condicionantes de la Adherencia Terapéutica  
**Fuente:** Constructo de autor con base en García, C., et al. (2022)



**Figura 2:** Esferas de acción para la aplicación de la Adherencia Terapéutica  
**Fuente:** Constructo de autor con base en González, C. & Mendoza, L., (2016)

## Referencias

1. Díaz,V.(2021).La adherencia terapéutica y las enfermedades crónicas. Un problema clínico. *Pediatr. Panamá*, 37-47
2. Dilla, T., Valladares, A., Lizán, L., & Sacristán, J. A. (2009). Adherencia y persistencia terapéutica: causas, consecuencias y estrategias de mejora. *Atención primaria*, 41(6), 342.
3. García, C., Baile, José., Beltrán, G. & Meda, R. (2022). Adherencia Terapéutica y Psicología de la Salud. *Instituto Salamanca*. Disponible en línea: <https://instsal.me/ywu9e>
4. González, C., & Mendoza, L. (2016). Adherencia al tratamiento en la diabetes. Factores que influyen y estrategias para mejorar. *Medicine-Programa de Formación Médica Continuada Acreditado*, 12(18), 1054-1056.
5. González Peredo, R., Prieto Salceda, M. D. L. D., Incera Alvear, I. M., Fernández Díaz, F., Campos Caubet, L., Crespo Hualde, E., ... & Ortiz Oficialdegui, P. (2020). Adhesión al tratamiento en un servicio de urgencias hospitalarias. *Revista Española de Salud Pública*, 93, e201910086.z
6. Leites-Docío, A., García-Rodríguez, P., Fernández-Cordeiro, M., Tenorio-Salgueiro, L., Fornos-Pérez, J. A., & Andrés-Rodríguez, N. F. (2019). Evaluación de la no adherencia al tratamiento hipoglucemiante en la farmacia comunitaria. *Farmacéuticos comunitarios*, 11(1), 5-13.
7. Lurduy, R. A., Torres, L., Novoa, K., & del Área Andina, F. U. (2017). Relación médico-paciente y adherencia al tratamiento. *Ciencia y Humanismo en la Salud*, 4(1), 29-37
8. Martín Alfonso, L. (2006). Repercusiones para la salud pública de la adherencia terapéutica deficiente. *Revista Cubana de Salud Pública*, 32(3), 0-0.
9. Martínez-Domínguez, G. I., Martínez-Sánchez, L. M., Lopera-Valle, J. S., & Vargas-Grisales, N. (2016). La importancia de la adherencia terapéutica. *Revista venezolana de endocrinología y metabolismo*, 14(2), 107-116.
10. Organización Mundial de la Salud, Uso racional de los medicamentos: progresos realizados en la aplicación de la estrategia farmacéutica de la OMS EB118/6, 2006. Recuperado de: [https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/EB118/B118\\_6-sp.pdf](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB118/B118_6-sp.pdf)
11. Ortega Cerda, J. J., Sánchez Herrera, D., Rodríguez Miranda, Ó. A., & Ortega Legaspi, J. M. (2018). Adherencia terapéutica: un problema de atención médica. *Acta Médica Grupo Ángeles*, 16(3), 226-232.
12. Pagés-Puigdemont, N.; Valverde-Merino, M.I. Adherencia terapéutica: factores modificadores y estrategias de mejora. *Ars Pharm*, 2018. 59(4): 251-258.
13. Pueyo, A. L., Lanzón, C. G., Bernad, D. M., Lafita, E. M. P., Sierra, C. M., & Lahuerta, M. A. (2023). Factores condicionantes y estrategias para mejorar la adherencia terapéutica. Revisión sistemática. *Revista Sanitaria de Investigación*, 4(1), 65.
14. Reyes-Flores, E., Trejo-Alvarez, R., Arguijo-Abrego, S., Jiménez-Gómez, A., Castillo-Castro, A., Hernández-Silva, A., & Mazzoni-Chávez, L. (2016). Adherencia terapéutica: conceptos, determinantes y nuevas estrategias. *Revista Médica Hondureña*, 84(3-4), 125-132.
15. Urzola, C. (2018). ¿Qué se puede hacer para alcanzar la adherencia terapéutica a los suplementos nutricionales? *Nutrición Hospitalaria*, 35(SPE2), 44-51.
16. Vargas, M., Herrera, C., & Rocha, L. (2018). Aportes para el abordaje interdisciplinar de la adherencia al tratamiento. *Acta Médica Colombiana*, 43(1), 37-41.

# Cloruro de litio: origen, obtención y uso en el control de ambientes libres de humedad

Alfonso Benítez de la Torre\*

## Resumen:

El cloruro de litio es una sal binaria con características fisicoquímicas que tiene muchas aplicaciones en nuestra vida cotidiana, desde baterías de celulares y computadoras portátiles, hasta reactores atómicos y naves espaciales. Actualmente se investiga su potencial uso en dispositivos de almacenamiento energético que formen parte de autos eléctricos y ciudades sustentables. Por lo anterior, se prevé que su demanda aumentará exponencialmente en los próximos años y será necesario realizar investigaciones que nos permitan comprender sus propiedades y mejorar su aprovechamiento. En este trabajo se hizo una revisión bibliográfica breve sobre su origen, la forma en que se obtiene y los principales usos que se le da, enfatizando en su alta capacidad para absorber humedad ambiental que permite utilizarlo en el control de procesos industriales en condiciones libres de humedad.

**Palabras clave:** Capacidad higroscópica, extracción y aprovechamiento sustentable de recursos naturales.

## Abstract:

Lithium chloride is a binary salt with physicochemical characteristics that has many applications in our daily lives, from cell phone batteries and laptop computers to atomic reactors and spacecraft. Its potential use in energy storage devices that are part of electric cars and sustainable cities is currently being investigated. Due to the above, it is expected that its demand will increase exponentially in the coming years, it will be necessary to carry out research that allows us to understand its properties and improve its use. In this work, a brief bibliographic review was made about its origin, the way in which it is obtained and the main uses to which it is given, emphasizing its high capacity to absorb environmental humidity that allows it to be used in the control of industrial processes in conditions free of humidity.

**Keywords:** Hygroscopic capacity, extraction, and sustainable use of natural resources.

## Generalidades

El litio, conocido también como “el oro blanco”, es el metal más liviano<sup>1</sup> y reactivo conocido por el hombre. Su símbolo es Li, y junto con los elementos sodio, potasio, rubidio, cesio y francio forma el grupo de los metales alcalinos de la tabla periódica de los elementos. Su nombre deriva del griego *Lithos* que significa

“piedra”, y fue descubierto por Johan August Arfvedson en 1817 (de la Hoz et al., 2013) quien lo obtuvo a partir de un mineral. El litio se utilizaba desde la Antigüedad por su propiedad de generar una flama de color rojo oscuro que se aprovechaba en Oriente para la elaboración de fuegos artificiales. En la cultura popular, el nombre del litio ha permeado al imaginario colectivo por ser uno de los componentes de la “Kriptonita”, mineral que hace vulnerable a Superman.

## Usos y aplicaciones

Debido a que el litio es muy liviano y electroquímicamente reactivo, se le utiliza en la elaboración de baterías alcalinas. En aleación con aluminio se utiliza para aligerar, y por lo tanto para hacer más eficiente el vuelo de naves espaciales, aviones (Garcés, s/f) y drones. En aleación con magnesio, se utiliza para la fabricación de chalecos antibala y placas blindadas. Aunque en combinación con el flúor produce una de las reacciones químicas más violentas que se conocen, los cristales de fluoruro de litio son particularmente transparentes y presentan un bajo índice de refracción, característica que se aprovecha para la fabricación de lentes para telescopios, microscopios y equipo especializado de laboratorio. Tiene temperaturas de fusión (610 °C) y de ebullición (1,382 °C) elevadas, propiedades que se aprovechan en diferentes procesos industriales: ya sea como material fundente en los procesos de soldadura de aluminio, en absorbentes de calor en reactores nucleares o en sistemas de enfriamiento (Calvo, 2019). El cloruro de litio se utiliza también en el tratamiento de enfermedades mentales y en técnicas de laboratorio para la precipitación de ARN de extractos celulares (Cathala et al., 1983).

El cloruro de litio se utiliza como un aditivo en la reacción de Stille favoreciendo el paso de transmetalación en los acoplamientos carbono-carbono catalizados por paladio (Wietelmann y Bauer, 2005). Mientras que el hidróxido de litio se utiliza en la elaboración de grasas lubricantes, cerámicas y vidrios (Garrett, 2004). El peróxido de litio se utiliza para absorber el dióxido de carbono que generan los pilotos y astronautas de submarinos y naves espaciales liberando oxígeno durante la reacción química (Calvo, 2019). Aunque el litio en solución no es tóxico por ingestión en bajas cantidades, es corrosivo e irritante al contacto con piel, ojos y mucosa nasal (NIOSH, 2015).

## Fuentes

La extracción de sales de litio se realiza principalmente en salares costeros, continentales y geotermas por la concentración de aguas salobres, y en minas donde predominan rocas con

<sup>1</sup>La densidad del litio en estado sólido es de tan sólo 0.534 g/cm<sup>3</sup>, casi la mitad que la del agua pura.

\*Colegio de Postgraduados campus Puebla

concentraciones significativas de litio. Los salares son zonas de ciertas regiones con pendiente, temperatura y humedad propicia para la evaporación natural y recristalización fraccionada. Son zonas donde predominan climas áridos y semiáridos con altas tasas de evaporación. Generalmente se localizan en cuencas endorreicas (cerradas), donde existe una lixiviación, arrastre y acumulación de compuestos químicos que provienen de actividad volcánica y fumarólica. El proceso de obtención de litio es el mismo que se utiliza para obtener el cloruro de sodio (la sal común de mesa): las salmueras se bombean a piletas de baja profundidad con la finalidad de concentrar la sal por evaporación solar. Conforme se concentra y cristaliza, la sal se apila y se deja drenar. La velocidad de evaporación depende de la composición de la salmuera, así como de las condiciones ambientales y climáticas. Este proceso puede durar varios años, para obtener una tonelada de carbonato de litio se evaporan alrededor de 1.5 millones de litros de agua (Calvo, 2019). Para obtener sulfato de litio y potasio ( $\text{KLiSO}_4$ ) se utilizan procesos químicos para separar el sodio, calcio, magnesio y boro, mediante reacciones de óxido reducción y lavado con solventes. La producción de hidróxido de litio de alta pureza requiere, además, la aplicación de procesos de ósmosis y electrodiálisis.

La extracción comercial de litio en minas se realiza en yacimientos pegmatíticos, es decir, de origen ígneo, de minerales como el espodumeno ( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ), del que se conocen dos variedades: la kunzita, de color rosa, y la hiddenita, de color verde esmeralda transparente. Es un silicato de la subclase de los inosilicatos que está compuesto de silicio asociado a cuarzo, mica y feldespato y que contiene 3.73% de litio. La lepidolita y petalita, también de la familia de los silicatos y subclase de los filosilicatos (micas), con un contenido de litio que varía del 0.54 a 2% de litio. La jaradita, del grupo de los silicatos y subgrupo de nesosilicatos tiene 3.4% de litio y la ambligonita, que pertenece al grupo de los fosfatos, tiene un contenido de litio del 3.44%. El litio también se encuentra presente en minerales arcillosos, entre los que destaca principalmente la hectorita. Para obtener el litio, el mineral es sometido a procesos de concentración que implican su molienda, chancado, lixiviación, flotación-sedimentación y en algunos casos reacciones químicas que implican el uso de ácido sulfúrico caliente para obtener sulfato de litio que posteriormente es neutralizado, purificado y concentrado. Finalmente, se hace reaccionar con carbonato de sodio para obtener el carbonato de litio.

#### Oferta y demanda:

Durante mucho tiempo la producción de litio estuvo acaparada por Estados Unidos, pero actualmente los principales productores son Australia, Chile, Argentina y Bolivia, mientras que los mayores consumidores son China, Corea y Japón. Los salares más importantes para la extracción de litio son: el salar de Uyuni en Bolivia con 12,000  $\text{km}^2$ , las grandes Salinas en Argentina con 8,200  $\text{km}^2$ , el salar de Acatama con 3,000  $\text{km}^2$ , el salar de Bonneville Salt Flats en Estados Unidos con 412  $\text{km}^2$ , y el salar de Etosha en Namibia. Otros salares, como el de Quaidam, Dangxiongscuo y Zabuye en China, presentan problemas técnicos para la extracción de litio debido a las altas cantidades de magnesio que dificultan técnica y económicamente la extracción de litio. Entre las principales minas productoras de litio destaca Greenbushes en Australia con reservas calculadas en 70.4 millones de toneladas de espodumeno (1.2% de litio), Kolmozarskoe en Rusia con 600

mil toneladas, Val d'Or en Canadá, Silver Peak en Estados Unidos, Lusa de Montalegre en Portugal, Retortillo y Cañamero en España (Meroño, 2019).

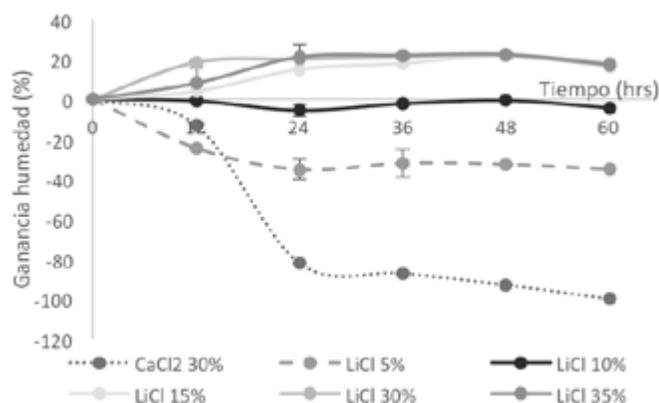
#### Impacto

Actualmente la extracción de litio tiene un impacto negativo considerable para el ambiente debido a la generación de lodos altamente contaminantes y lixiviados que permean hasta los mantos freáticos con el riesgo de afectar a comunidades cercanas. Hay avances recientes de investigaciones que desarrollan técnicas sustentables para su producción combinando energía solar, uso de resinas de intercambio iónico y métodos electroquímicos, por lo que es necesario enfatizar en que los próximos programas de extracción de litio obligatoriamente incluyan propuestas sustentables que además del aspecto económico, consideren el beneficio social con el menor daño ambiental posible.

#### Capacidad higroscópica

El cloruro de litio es una sal inorgánica con características similares a las de los cloruros de sodio (sal común), calcio y magnesio, pero a diferencia de éstas, posee una elevada higroscopicidad, es decir, tiene mucha afinidad por el agua. El cloruro de litio disuelto en agua en una proporción del 35 al 50% tiene la capacidad de absorber la humedad del ambiente, propiedad que ha sido aprovechada por las industrias farmacéuticas y de alimentos durante el procesamiento y empaque de productos terminados. Un ejemplo común, es la fabricación y empaque de café soluble. Para elaborarlo, el café se percola para obtener una solución muy concentrada y luego se seca por atomización. Para lograr que el producto no se rehidrate, no debe haber humedad en el ambiente para evitar la proliferación de microorganismos, principalmente hongos. La eliminación de la humedad ambiental se logra mediante la circulación del aire en contracorriente de una solución de cloruro o bromuro de litio con el uso de máquinas especiales.

Reportes presentados por Díaz (2022, citado en Lifeder, 2022) indican que el cloruro de litio en solución puede reducir la humedad ambiental hasta en un 15%. Sin embargo, en estudios realizados por el autor, se han obtenido registros de hasta un 20% (Figura 1), lo que demuestra la eficiencia del uso de cloruro y bromuro de litio como agentes desecantes.



**Figura 1:** Capacidad higroscópica de LiCl a diferentes concentraciones en comparación con cloruro de calcio (20 °C; 35% de humedad relativa). **Fuente:** elaboración propia.

Esta propiedad, a diferencia de su densidad (1.5051 g/cm<sup>3</sup>) e índice de refracción (1.784), es una propiedad intrínseca de las soluciones al 35% y puede ser utilizada como prueba de control de calidad. Ya que la adulteración de soluciones de cloruro de litio con cloruro de sodio, afecta su capacidad higroscópica de manera significativa.

### Reflexión final

Recientemente el litio ha sido considerado como un recurso estratégico en nuestro país, y es necesario iniciar los estudios necesarios para garantizar que su explotación sea económica, social y ambientalmente rentable tomando en cuenta la riqueza del mineral en nuestros yacimientos, por lo que esperamos haber contribuido con esta nota en dar a conocer la razón de su interés comercial y despertar el interés científico en la comunidad de nuestro país.

### Bibliografía:

1. Calvo, E. (2019) Litio, un recurso estratégico para el mundo actual. CONICET 28(164) pp 23-27. Disponible en: [CONICET Digital Nro.c245624f-45ac-4301-b344-637b12fa7a12\\_A.pdf](#). (consultado el 23/06/2023).
2. Cathala, G.; J. Savouret; B. Méndez; B. West; M. Karin; J. Martial y J. Baxter (1983) A method for isolation of intact, translationally active ribonucleic acid. *DNA* 2(4): 329-335 doi:10.1089/dna.1983.2.329
3. De la Hoz, M; V. Martínez; J. Vedia (2013) El Litio: desde los salares de la Puna a nuestros celulares: *Temas BGNaa* vol. 3:3 (58-69). Disponible en: [LiCl%20biblio/de%20la%20Hoz%20et%20al%20\(2013\)%20El%20litio%20-%20desde%20los%20salaros%20de%20la%20Puna%20a%20nuestros%20celulares.pdf](#) (consultado el 6/01/2023).
4. Garcés Ingrid (s/f) La Industria de litio en Chile. Disponible en: Litio y derivados.pdf
5. Garrett, D. (2004) *Handbook of Lithium and Natural Calcium Chloride: Their Deposits, Processing, Uses and Properties*. 1st Edition. Academic Press – Oxford. Edit. Elsevier. 476 p. ISBN: 978-0-12-276152-2.
6. Lifeder (2022) Cloruro de litio (LiCl): propiedades, riesgos y usos. Disponible en: <https://www.lifeder.com/cloruro-de-litio/>. (Consultado el 02/08/2023).
7. Meroño, E. (2019) Estudio del mineral litio en Chile y otros países Tesis. Universidad politécnica de Cartagena.
8. NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health (2015) Lithium chloride. Cdc.gov.
9. Wietelmann, R. y R. Bauer (2005) Lithium and lithium compounds. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. Wiley-VCH:Weinheim.

# La Sociedad Química de México, A.C.

te invita a enviar tu contribución al

## **Boletín de la Sociedad Química de México (BSQM).**

El **BSQM** es una revista:

- ✓ Mexicana
- ✓ De publicación cuatrimestral 100% en línea
- ✓ Que publica artículos de divulgación, investigación y revisión, así como ensayos, discusiones académicas, reseñas y otros textos
- ✓ Que cuenta con 3 secciones: Química Hoy; Química para los Estudiantes; Química, Desarrollo y Sociedad



[boletin.sqm@gmail.com](mailto:boletin.sqm@gmail.com) | [www.bsqm.org.mx](http://www.bsqm.org.mx)

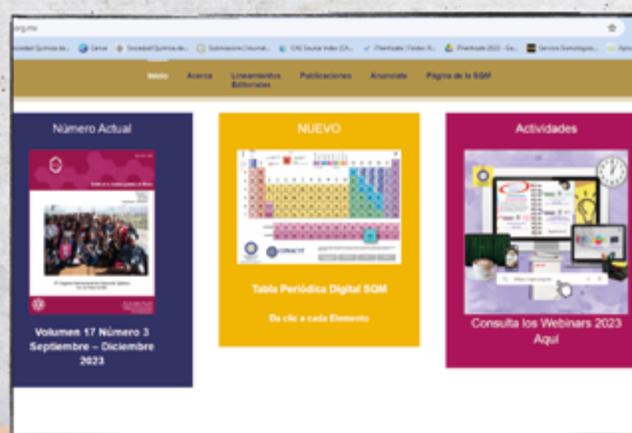
*La química nos une*



## ¿TE GUSTARÍA ANUNCIARTE EN NUESTRO BOLETÍN Y EN SU PÁGINA WEB?

- Publicación cuatrimestral
- Presencia en el área académica
- Alcance nacional e internacional
- Diferentes tamaños de anuncios

## Boletín de la Sociedad Química de México



[contenidosacademicos@sqm.org.mx](mailto:contenidosacademicos@sqm.org.mx) | <https://bsqm.org.mx>



# La fundación de la Escuela Nacional de Agricultura, aportes de Leopoldo Río de la Loza

Gabriela Salazar Cervantes\*

Las contribuciones científicas del Dr. Leopoldo Río de la Loza son numerosas. Su labor ha sido reconocida en varias organizaciones y, en otras, aún es necesario profundizar en el conocimiento de sus aportes. En los años posteriores a la independencia mexicana, no existía ninguna institución encargada de la enseñanza de la agricultura en el país. Durante el siglo XIX, se modernizaron en Europa las técnicas de cultivo para satisfacer las necesidades alimentarias de una población creciente. En México, mientras tanto se continuaban utilizando las técnicas heredadas la época colonial.<sup>1</sup>

En sus textos, Río de la Loza mencionó que en 1833 nació el primer proyecto de creación de nuevas cátedras en el Hospicio y Huertas de Santo Tomás: agricultura práctica, botánica y química aplicada.<sup>2</sup> Sin embargo, este proyecto no se llevó a cabo. En 1852, la escuela agrícola se instaló en el Colegio de San Gregorio y en 1854 se trasladó al edificio San Jacinto, donde permaneció hasta su traslado a Chapingo, en 1922.

## Formación Académica y Aportes a la Ciencia del Dr. Leopoldo Río de la Loza

Nacido en la Ciudad de México el 15 de noviembre de 1807, en los primeros años de su vida, Leopoldo Río de la Loza aprendió de su padre la fabricación de productos químicos.<sup>3</sup> En 1815, un accidente en la fábrica familiar provocó un incendio que lo dejó en un estado grave, aunque se recuperó, su calidad de vida disminuyó, condición que persistió por el resto de su vida. Poco tiempo después de la desgracia, murió su padre. Leopoldo siendo el mayor de sus hermanos, ayudó a su madre a mantener el negocio familiar y a satisfacer las necesidades de la familia.

Fue un estudiante destacado y apasionado por la química y la botánica. En 1827 obtuvo el título de cirujano, en 1828 el de farmacéutico y luego el de médico. La química no formaba parte de los estudios especializados en ninguna institución de su época. Sin embargo, él profundizó sus conocimientos en esta disciplina por cuenta propia. Se matriculó en los cursos impartidos por Manuel Cotero en la *École des Mines* y en las clases de mineralogía de Don Andrés Manuel del Río (quien había estudiado Química en París con Jean D'Arcet y asistido a buenas escuelas de minería, como la academia Schemnitz de minería del Imperio de Austria-Hungría, habiendo realizado estudios de química analítica).

Río de la Loza dedicó gran parte de su tiempo a profundizar su comprensión de los fenómenos químicos y afirmaba que "la educación práctica es la forma más adecuada de estudiar la naturaleza"<sup>5</sup>. Sus conocimientos le permitieron desempeñarse como un jovencísimo profesor que impartía clases desde 1833, en su propio laboratorio y dentro de su fábrica.<sup>6</sup>

Al convertirse en profesor de la Escuela de Medicina manifestó su preocupación y necesidad por la practicidad de la materia, así como la necesidad de contar con un laboratorio. Durante su colaboración en muchas de las instituciones de la nación, el Dr. Río de la Loza se esforzó por dotarlas de los laboratorios y materiales necesarios para la docencia. Prueba de su compromiso con la docencia práctica es que en 1848 publicó el primer libro de texto mexicano de química: *Introducción al estudio de la química o conocimientos preliminares para la mejor inteligencia de esta ciencia*.<sup>7</sup>

Su interés en la química médica, lo llevó a obtener el primer producto natural aislado en América Latina, el ácido pipitzoico. También, fundó la Sociedad Farmacéutica, organismo encargado de recopilar la información necesaria para la publicación de la primera Farmacopea Mexicana.

Las contribuciones del Dr. Río de la Loza a la ciencia en México son muy vastas, especialmente en la química.<sup>3</sup> Sin embargo, poco se ha dicho sobre su participación en la fundación de la Escuela Nacional de Agricultura.

## Dr. Leopoldo Río de la Loza y la Enseñanza de la Agricultura

En sus artículos sobre la educación agrícola en México, Río de la Loza expresó su interés en apoyar la institucionalización de esta área. En 1845 fue nombrado profesor de química aplicada a las artes y la agricultura en el Gimnasio de México, escuela fundada en 1843 por el Lic. José Urbano Fonseca. El claustro de profesores de esta institución compartía la opinión de que la enseñanza de la química era importante para el progreso del país, a pesar de que la institución tuvo que cerrar por falta de fondos para operar.<sup>2</sup>

La Junta Directiva del Colegio San Gregorio reunió a personas interesadas en la agricultura para desarrollar el programa académico buscado.<sup>6,8</sup> Una de ellas, por supuesto, fue el Dr. Río de la Loza. A él se le otorgaron las primeras cátedras de química y fue su director hasta 1863.

En 1856, Leopoldo Río de la Loza fue nombrado director de la Escuela de Agricultura. Aunque los problemas económicos nunca faltaron, el médico insistió en equipar completamente la escuela, pidió al gobierno brindar los recursos necesarios y actualizar los programas y a los docentes. Se contrataron profesores europeos, que no dieron los resultados esperados, pues desconocían las condiciones climáticas del país y no hablaban el idioma español.<sup>2</sup> La falta de recursos a menudo retrasaba el pago de los

profesores, quienes tenían que utilizar sus propios recursos para pagar a los becarios.<sup>5</sup> Sin embargo, el desempeño académico de los estudiantes fue muy bueno. Milada Bazant, en “La Enseñanza Agrícola en México” menciona que, entre 110 calificaciones, 19 son malas y la misma cantidad son regulares. Mientras que el resto eran buenas o muy buenas.<sup>8</sup>

El Dr. Río de la Loza creía firmemente en la necesidad de promover y organizar la educación para garantizar el desarrollo del país. Algunas de sus ideas sobre la importancia de la agricultura y la investigación científica fueron plasmadas en el proyecto de trabajo de la Escuela, donde escribió: “La agricultura y la medicina veterinaria son la principal fuente de riqueza de los Estados y por ello corresponde que el Gobierno fomente ellos por cualquier medio necesario.”<sup>2</sup>

El Dr. Río de la Loza, también destacó por su desempeño en cargos públicos. Al respecto, Manuel S. Soriano escribe en 1876: “Como inspector de medicamentos simples y compuestos que ingresaran a la aduana, como vocal de la Junta Directiva de Estudios en 1843, como visitador facultativo del apartado de platas y Casa de Moneda de esta Capital, como presidente de la Comisión promotora de mejoras de los hospitales, como miembro del consejo de instrucción pública, como presidente de la comisión encargada de los ramos de Historia Natural para la formación de Atlas Geográfico (...), el Sr. Río de la Loza ha sido el primero en cumplir con su deber, distinguiéndose por su actividad y su celo, por su alma de hierro para el trabajo.”<sup>9</sup>

El doctor Leopoldo Río de la Loza fue un ser humano entregado a servir, a su patria, a la ciencia y a su familia. Una vez que ocurrió su deceso, se supo que había recibido reconocimiento de asociaciones extranjeras, aunque él nunca quiso mostrarlas. Es necesario ahondar más en el estudio de este personaje, pues la riqueza de sus contribuciones hace de él, un modelo a seguir para los científicos y científicas de América latina.

La Escuela Nacional de Agricultura, ha trascendido hasta nuestros días convirtiéndose en la Universidad Autónoma de Chapingo, la cual, es la institución líder en el campo de los estudios agronómicos. Sin lugar a duda, la grandeza y la permanencia de esta institución, son fruto del impulso de los hombres que intervinieron en su fundación y, sobre todo, de las motivaciones que éstos tenían, surgidas de su pasión científica y de su vocación al servicio de la patria, como lo hizo el Dr. Leopoldo Río de la Loza.

## Referencias

1. Urbán Martínez, G.; Saldaña, J. J. La Química Agrícola y El Estudio de Los Suelos Cultivables En México En El Siglo XIX. *Rev. Latinoamericana las Ciencias y la Tecnol.* 2013, 15 (1), 27–45.
2. Río de la Loza, L. *Escritos de Leopoldo Río de La Loza (Compilación)*, 1st ed.; Noriega, J. M., Ed.; Secretaria de Instrucción Pública y Bellas Artes, Imprenta de Ignacio Escalante: México, 1911.
3. Araceli, G.; Martínez, U.; Aceves, E. Leopoldo Río de La Loza En La Institucionalización de La Química Mexicana. *Rev. la Soc. Química México* 2001, 45 (1), 35–39.
4. Ruiz, A. G. Breve Historia de La Educación Química En México. *Bol. Soc. Quím. Méx* 2007, 1 (2), 77–97.
5. Rasgos Biográficos Del Ilustre Naturalista Mexicano Doctor Leopoldo Río de La Loza. *Gaceta Médica de México.* México Noviembre 1876, p 22.
6. Urban, M. G. La Obra Científica Del Dr. Leopoldo Río de La Loza, UNAM, 2000.
7. Eduardo, G.; González, C.; Rosas, S. G.; Reynoso, M. O. La Introducción Al Estudio de La Química de Leopoldo Río de La Loza :Análisis Comparativo Entre Las Publicaciones de 1849 y 1862 Parte I. *Bol. la Soc. Química México* 24–28.
8. Bazant, M. La Enseñanza Agrícola En Mexico : Prioridad Gubernamental E Indiferencia Social (1853-1910). *Hist. Mex.* 1983, 32 (3), 349–388.
9. Soriano, M. M. Dr. Leopoldo Río de La Loza. *Anales de la Asociación Larrey.* 1876, pp 96–100.

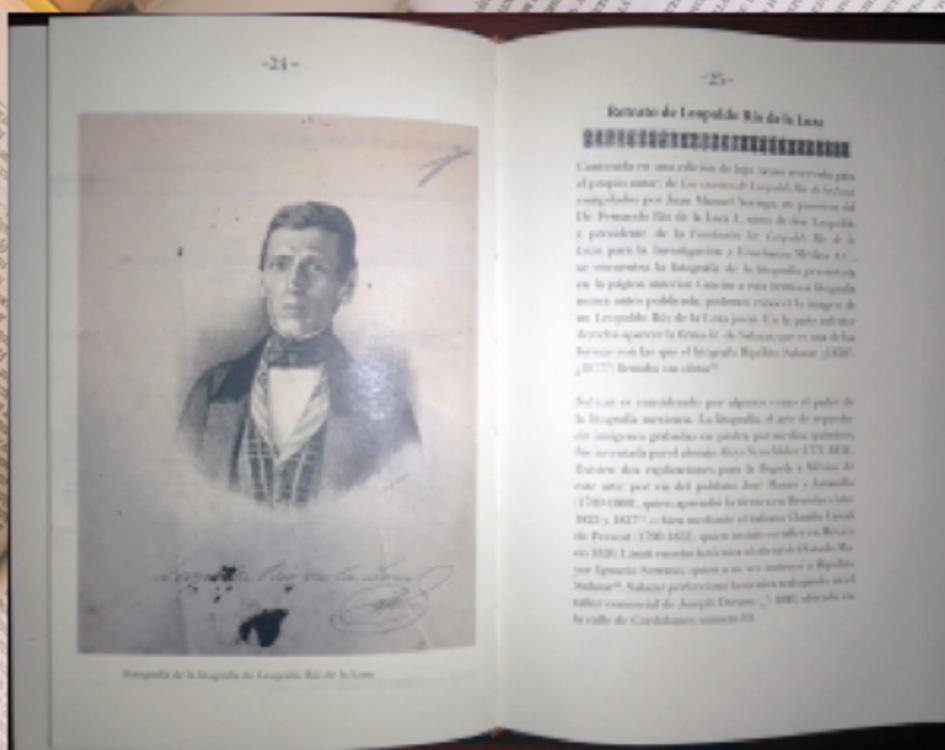


SOCIEDAD QUÍMICA  
DE MÉXICO, A.C.

# Edición Fascimular

## Introducción al Estudio de la Química 1849

Dr. Leopoldo Río de la Loza



Adquiere tu ejemplar con nosotros  
55 5662 6837 ó 55 5662 6823  
soquimex@sqm.org.mx

*La química nos une*





*Boletín de la Sociedad Química de México*