

Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN



Cinvestav

Programa de Doctorado en Ciencias en la especialidad de Ciencias Químicas

Documento Descriptivo de la Pertinencia del Programa

Análisis de la Pertinencia del Programa

Los abundantes recursos naturales con que México cuenta podrían transformarse en materiales de gran valor agregado; para ello se necesita de químicos bien preparados, con conocimientos acordes a las necesidades del país y capaces de desarrollar los procesos y realizar las tareas que permitan la producción de tales materiales con gran plusvalía. México requiere de técnicos calificados, pero más urgente y trascendental aún, de profesionales en química que conozcan la ciencia profundamente; lo que les permita realizar investigación moderna, mantenerse a la vanguardia en el conocimiento de su disciplina y tener las capacidades docentes necesarias para integrarse a las instituciones de educación superior nacionales, para a su vez formar nuevas generaciones de químicos con bases científicas robustas y actualizadas, con las que puedan enfrentar las exigencias en un mundo, científica y tecnológicamente, competitivo y promuevan el aprovechamiento de nuestros recursos naturales. Al preparar recursos humanos altamente capacitados y con habilidades que se obtienen sólo a través de la investigación, el Doctorado en Ciencias Químicas con sede en el Departamento de Química del Cinvestav cumple esa función.

Desde su fundación en 1965, el Departamento de Química del Cinvestav se presenta como una opción muy atractiva para que los egresados de las licenciaturas en química del país realicen un posgrado, cuando la única posibilidad para eso era el Doctorado en Ciencias Químicas en la UNAM. No obstante, el Posgrado en Química del Cinvestav es el primero que está ligado a una institución dedicada exclusivamente a la investigación y con una filosofía de enseñanza única en México, en el que doctorandos e investigadores están dedicados exclusivamente a la realización de investigación.

La parte central del Doctorado en Ciencias Químicas del Cinvestav es el trabajo de investigación que llevan a cabo los estudiantes en alguno de los grupos del Programa y cuyos resultados son la base de la tesis doctoral. El Programa proporciona al estudiante una sólida formación académica con los conocimientos, habilidades y valores éticos que les permiten conducir investigación científica de vanguardia y ser competitivos en el plano nacional e internacional. El tiempo que lleva vigente el programa ha permitido constatar que los egresados tienen la capacidad de resolver con éxito diferentes problemas planteados por la investigación y la industria, lo que les ha permitido migrar a otras áreas de interés, colaborar con investigadores de otras disciplinas y ubicarse en diferentes instituciones del sector público y privado a lo largo del país.

Una revisión histórica de los 219 graduados del Doctorado en Ciencias Químicas del Cinvestav — de los cuales 116 son del programa vigente a partir de 1999— muestra que los egresados trabajan en Universidades e instituciones educativas en 25 de las 32 entidades federativas del país (ver figura 1) y en algunas instituciones del extranjero. Varios de ellos, han impulsado y contribuido al desarrollo de nuevos centros educativos o de investigación más allá de los límites de la Ciudad de México e incluso ocupado puestos de dirección o jefatura de facultades e institutos; pero más importante es que un número significativo de los graduados del Programa han formado a su vez investigadores con líneas de investigación independiente participando así en la formación de nuevas generaciones de ciudadanos educados y de profesionales que puedan

contribuir al desarrollo del país. Ejemplos representativos de lo anterior se pueden encontrar en las ligas 1 a 6 que se proveen al final de este medio de verificación.



Figura 1: Mapa de distribución de egresados de Posgrado en Ciencias Químicas del Cinvestav en la República Mexicana.

El vínculo entre el posgrado y sus egresados incide indirectamente en el fortalecimiento de las capacidades educativas, científicas y tecnológicas de los estados contribuyendo así a la mejora en el nivel social, educativo, cultural y económico de la población del país. La educación es una herramienta indispensable para mejorar la calidad de vida de la población, y en esto, los programas de posgrado anteriores a 1999 y el actual programa de Posgrado en Ciencias Químicas del Cinvestav han aportado a través de sus investigadores y egresados, a lo largo y ancho de la República Mexicana, desde hace más de medio siglo.

La sólida preparación en diversos temas de química que adquieren los estudiantes durante su formación en el marco del Programa, permite que contribuyan a la solución de algunas de las problemáticas que enfrenta el país en diversas áreas. De esta manera, no solamente los productos de investigación directamente generados en el contexto del Programa son parte de su obra; el conocimiento que generan los egresados también es parte del impacto del mismo (Ver ligas 7 a 10 al término de este medio de verificación).

El Doctorado en Ciencias Químicas del Departamento de Química del Cinvestav compite exitosamente con los programas de posgrado en Ciencias Químicas de la Ciudad de México e Ingeniería Química de tres instituciones de importancia en el país: la Universidad Nacional

Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana y el Instituto Politécnico Nacional. Es importante señalar que aunque estos Programas tienen la capacidad de recibir un número importante de estudiantes, los temas de investigación desarrollados por los investigadores adscritos a nuestro Programa, atraen el interés de los estudiantes de la zona metropolitana de la Ciudad de México y los motiva a ingresar al Cinvestav. Por otra parte, un porcentaje importante de los estudiantes inscritos y egresados del Doctorado en Ciencias Químicas del Cinvestav cursaron la licenciatura en universidades e institutos tecnológicos estatales; este interés entre los egresados del interior de la República por nuestro posgrado se puede atribuir a la vocación del Programa por la investigación y le confiere un carácter más nacional y también competitivo frente a los Centros Conacyt que desarrollan investigación especializada en química.

En el Departamento de Química del Cinvestav existen temas de investigación interdisciplinarios que necesitan la interacción con expertos en otras áreas. Esto motiva a que haya colaboraciones entre investigadores y estudiantes adscritos al Programa, con estudiantes e investigadores de otros Programas del Cinvestav, tanto en el área biológica, como en temas de energía y materiales. En este mismo orden de ideas, se tienen colaboraciones académicas con investigadores de otras instituciones tales como el Instituto y la Facultad de Química de la UNAM, la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la UAM, la Escuela Superior de Ingeniería Química del IPN, algunos Centros Públicos de investigación como el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica S.C. y diversas universidades estatales, como la Universidad Autónoma Veracruzana, la Universidad Autónoma de Morelos, la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la Universidad de Guadalajara y la Universidad de Guanajuato, entre otras. Además del trabajo de investigación, estas colaboraciones han demostrado ser un medio eficaz de difusión del Posgrado en Ciencias Químicas, ya que un número importante de estudiantes que cursaron su licenciatura en estas instituciones de educación superior eligen el Departamento de Química del Cinvestav para realizar su servicio social, sus prácticas profesionales, su tesis de licenciatura y finalmente optan por el Doctorado en Ciencias Químicas para realizar su posgrado. Además del impacto social del Programa que representa formar estudiantes de 23 de las entidades federativas del país y de países iberoamericanos como Colombia, Panamá, España, gran parte de esos graduados se reincorporan a instituciones en sus entidades de origen, con lo que el Posgrado en Ciencias Químicas continúan incidiendo en la educación y formación de nuevas generaciones de investigadores.

En cuanto a la cooperación internacional, en los últimos cinco años, los investigadores y estudiantes del Doctorado en Ciencias Químicas han mantenido enriquecedoras colaboraciones con investigadores de las Universidades de Stanford, Wisconsin, Utah, Drexel y Florida en la Unión Americana; así como de la Universidad de Calgary en Canadá; las Universidades de Berlín y de Hanover en Alemania; la Universidad Paris XI, el Instituto Charles Gerhardt y el CNRS en Francia; el Instituto Rocasolano y la Universidad de Valencia en España; el Laboratorio Max Planck de Química y Biofísica en Argentina; entre otros. Un número importante de nuestros estudiantes realizan estancias de investigación en esas instituciones y laboratorios; no obstante, nuestro posgrado también recibe un número equivalente de investigadores y estudiantes de esas

instituciones, en visitas de intercambio académico de algunos días hasta estancias postdoctorales de dos años.

El Programa cuenta con una Planta Académica que ha pasado por diferentes periodos de consolidación y es ahora es uno de los grupos líder en el país. El balance entre investigadores jóvenes e investigadores con una amplia experiencia, así como a la continua actualización de sus líneas de investigación, hace posible que todos los estudiantes y profesores adscritos al Programa participen en diversos proyectos de investigación ciencia básica y/o de frontera en las alguna de las áreas de Química Orgánica, Química Inorgánica, Química Biológica, Fisicoquímica y Química Teórica (Ver liga 11 incluida al final de este medio de verificación).

En Química Orgánica los proyectos se enfocan en métodos de síntesis asimétrica y estereoselectiva, para generar aminoácidos con técnicas convencionales o de química sustentable; compuestos heterocíclicos y análogos de esteroides, todos ellos con actividad biológica y potencial uso como fármacos, cuya estructura y reactividad es caracterizada a través de diversas técnicas espectroscópicas.

Al trabajo de investigación en Química Inorgánica contribuyen grupos de investigación avocados a la síntesis de nuevos compuestos organometálicos y de coordinación, de los cuales se establecen sus propiedades químicas y estructurales; así como su eventual aplicación como catalizadores, en el diseño de dispositivos magnéticos, electrónicos y biomédicos. En esta área también colabora un grupo de Química Supramolecular, el cual a partir del reconocimiento molecular genera moléculas entrelazadas y entrecruzadas como precursores de nuevos materiales y dispositivos moleculares.

En el área de Química Biológica se estudian las interacciones de metales con péptidos y proteínas, esto con el fin de entender los mecanismos que promueven el desarrollo de enfermedades degenerativas y neurodegenerativas.

En Fisicoquímica, el posgrado cuenta con grupos de investigación en el área de Electroquímica y Termoquímica. En el área de Electroquímica se modifican covalentemente superficies de carbono y se analizan las interacciones entre especies orgánicas electrogeneradas. En lo que se refiere a la Termoquímica Molecular se determinan propiedades termodinámicas fundamentales, como son las entalpías de formación, solvatación y cambio de fase de una variedad de compuestos de particular interés, tales como calixarenos, fulerenos, compuestos aromáticos policíclicos y éteres corona.

Por su parte, el grupo de Química Teórica se interesa por el desarrollo y validación de funcionales de intercambio-correlación y de funcionales de la densidad, así como su aplicación en el estudio de la interacción de proteínas con metales, el diseño teórico de nanocatalizadores, el estudio de cúmulos metálicos y la simulación molecular.

Por otra parte, varios de los proyectos desarrollados en el posgrado se pueden enmarcar dentro de los temas prioritarios de los PRONACES, en particular en problemas afines a la sustentabilidad,

toxicología, energética y salud. Por ejemplo, en la parte de síntesis orgánica se han desarrollado proyectos encaminados a la síntesis selectiva de derivados de aminas y amidas funcionalizadas, de derivados de esteroides y análogos de la L-Dopa, todos ellos con actividad biológica y potencial uso como fármacos. En la coyuntura actual al menos tres grupos de investigación de nuestro posgrado han respondido dirigiendo sus esfuerzos en la síntesis, el modelado y la evaluación de actividad biológica de nuevas especies moleculares capaces de inhibir la proteasa Mpro del SARS-CoV-2 y ser útiles en el combate a este virus.

Varios proyectos de tesis se han enfocado a la síntesis de materiales nano-catalizadores y su aplicación en el diseño y construcción de celdas de combustible para la generación de energía limpia; otros proyectos están encaminados a la síntesis de polímeros de coordinación y de redes metal-orgánicas para su eventual aplicación en nanodispositivos y sensores multifuncionales con aplicaciones biomédicas. También se ha trabajado en el desarrollo de moléculas basadas en compuestos de coordinación capaces de generar interacciones con metales tóxicos en condiciones ambientales. Esto es un aspecto importante y necesario para el desarrollo de sensores que pueden indicar la presencia de agentes nocivos en el medio ambiente.

La pertinencia de todas las líneas de investigación arriba descritas se demuestra de manera recurrente, ya que al menos el 50% de los investigadores del Programa someten proyectos y ganan apoyos de fuentes de financiamiento tales como Ciencia Básica y Fronteras en la Ciencia del Conacyt.

La relevancia científica del Programa se refleja en la alta productividad de los investigadores y estudiantes adscritos al Programa. Es posible apreciar que en el periodo 2016-2020 (ver el anuario de Química en ligas 12 a 16 al término de este medio de verificación), los integrantes de este grupo han publicado 270 artículos en revistas internacionales indizadas, lo cual significa una producción promedio anual de 54 artículos de investigación, es decir de tres artículos de investigación por cada profesor del posgrado. Algunos de estos artículos han sido publicados en revistas del más alto impacto en su tema, tales como *Angewandte Chemie*, *Inorganic Chemistry*, *Journal of the American Chemical Society*, *Dalton Transactions*, *Journal of Organic Chemistry*, *Journal of Physical Chemistry*, *Chemical Communications*, *Crystal Growth and Design*, *Electrochimica Acta*, *Journal of Chemical Theory and Computation*, por mencionar algunas.

Los investigadores del Programa han colaborado con diversas industrias, en particular en el ramo farmacéutico para resolver diversas problemáticas a las que se enfrentan, la principal de las cuales es asegurar la pureza química de los principios activos utilizados en la elaboración de diversos medicamentos accesibles a toda la población. Bayer de México, Landsteiner Scientific, Proquina y Ultra Laboratorios son algunos de los particulares que han sido apoyados por los diferentes grupos de investigación del Departamento de Química del Cinvestav.

Investigadores adscritos al Programa y estudiantes egresados del mismo, han recibido diversos reconocimientos por la calidad de su trabajo, tales como como el premio Nacional de Ciencias y Artes; la cátedra Marcos Moshinski; el premio de la Academia Mexicana de Ciencias, el premio

Heberto Castillo, el Premio L'Oreal para mujeres científicas y el Premio Nacional de Química Andrés Manuel del Río (ligas 17 a 19).

El reconocimiento a la calidad de nuestros investigadores y estudiantes se ve reflejada también en las invitaciones a participar en Congresos Nacionales e Internacionales. Investigadores del Programa han sido conferencistas en congresos como el International Meeting of Crystallography (2017), el National Meeting of The American Chemical Society (2019), Gordon Conference of Metals in Biology (2020) o el International Conference on Biological Inorganic Chemistry (ICBIC19) (ligas 20 a 22).

Finalmente, estudiantes e investigadores del Programa de Doctorado, participan de manera activa en Programas de Divulgación de la Ciencia y Apropiación Social del Conocimiento. Esto como parte de actividades organizadas por la Academia Mexicana de Ciencias, la Secretaría de Educación, Ciencia, Tecnología e Innovación de la Ciudad de México, la Sociedad Química de México y otras instancias locales o regionales.

Ligas de Interés

1. <https://www.ciquaem.mx/cai-quimica-inorganica-supra-molecular>
2. <https://www.uaeh.edu.mx/campus/icbi/investigacion/quimica/investigadores.html>
3. <https://www.ucol.mx/oferta-educativa/oferta-superior-doctorado,72.htm>
4. <https://www.uv.mx/sara/quienes-somos/per-acad/>
5. <https://vicerrectoriaurc.unison.mx/asume-juan-carlos-galvez-ruiz-direccion-de-la-division-de-ciencias-biologicas-y-de-la-salud/>
6. <https://estoes.sabersinfin.com/?p=1565>
7. <https://www.facebook.com/NotiUAZ/videos/362640725092981/>
8. <http://www.proyectofose.mx/2018/05/28/nace-el-cisean-centro-de-investigacion-en-sustentabilidad-energetica-y-ambiental-del-noreste/>
9. <https://tecnologiaambiental.mx/2017/05/04/consumo-social-la-energia/>
10. <https://www.facebook.com/RevistaMujeresChiapas/videos/minerva-gamboa-s%C3%A1nchez-premio-por-su-contribuci%C3%B3n-a-la-ciencia-y-la-tecnolog%C3%ADa/652142202276766/>
11. <https://quimica.cinvestav.mx/L%C3%ADneas-de-investigaci%C3%B3n>
12. https://conexion.cinvestav.mx/Portals/0/sitedocs/Anuario_2016.pdf
13. https://conexion.cinvestav.mx/Portals/0/sitedocs/Anuario_2017.pdf
14. https://conexion.cinvestav.mx/Portals/0/sitedocs/Anuario_2018.pdf
15. https://conexion.cinvestav.mx/Portals/0/sitedocs/Anuario_2019.pdf

16. <https://conexion.cinvestav.mx/Portals/0/Anuario%202020-MIN.pdf>
17. <https://colnal.mx/integrantes/eusebio-juaristi/>
18. <http://culturaunam.mx/elaleph2020/participantes/liliana-quintanar-vera/>
19. <http://bsqm.org.mx/pdf-boletines/V5/N1-3/12.-%20Semblanza%20Omar%20Solorza%20Feria.pdf>
20. https://www.iucr2017.org/wp-content/uploads/2017/08/MS_Wise-Schedule_24082017.pdf
21. <https://www.grc.org/metals-in-biology-conference/2020/>
22. <https://www.acs.org/content/acs/en/acs-webinars/presenters/vela-alberto.html>