

Crear algo útil: Un viaje de casualidades y vocación

ROSALÍA SÁNCHEZ

La Dra. Sánchez es originaria de Morelos, se formó inicialmente en la UAEM y obtuvo su doctorado en la Universidad de Rochester en los EEUU. En 2023 fue designada como una de las 25 Líderes del Futuro por la Sociedad Química Americana (ACS), como reconocimiento a la búsqueda de soluciones basadas en la innovación y que mejoren la vida. Esta publicación fue revisada por el comité editorial de la Academia de Ciencias de Morelos.

Nunca subestimes lo que ocurre en un primer día de clases. Mi primer día como estudiante en la secundaria técnica de mi pueblo marca el inicio de un trayecto en el que las casualidades y la vocación me llevaron a dirigir un proyecto científico sobre una posible solución a un problema mundial, reseñado previamente en estas páginas: la contaminación del agua con compuestos perfluoroalquilados o PFOS (1, 2).

En mi infancia, yo creía que mi futuro estaba en la oratoria o en el canto. Casi gané un premio estatal en lo primero y mi abuela materna me había inculcado el amor por lo segundo. Sin embargo, no me convertí ni en cantante profesional ni en politóloga. El primer día de secundaria conocí a la maestra María Guadalupe Domínguez Urias, quien era responsable de los cursos de Ciencias Naturales. Ella no solo posee un vasto conocimiento, sino que también disfruta compartiéndolo con lujo de detalle y con la habilidad de encender la curiosidad de sus oyentes. Con ella, entendí las bases de la física de una manera tan natural que tuve momentos de revelación sobre cosas que yo creía que eran controladas por los naturales que mi abuela utilizaba para explicar fenómenos fuera de lo común. Mi curiosidad y entusiasmo por entender cómo todo (o al menos casi todo) podía explicarse de una forma tan elegante empleando la ciencia, fue nutrida gracias a su ayuda y enseñanza.

Después de unos meses, la Maestra Guadalupe me dijo que algún día podría llegar lejos, que tenía que echarle ganas y hacer todo lo posible para alcanzar cualquier sueño o meta que me propusiera. En aquel momento, debo confesar que era una adolescente y tomé sus palabras como una forma de expresión de la gente grande. Sin embargo, la Maestra Guadalupe nunca aceptó un “no” como respuesta. Me inscribí en numerosas competencias de ciencia desde mi primer año en la secundaria, me dio libros de estudio y se reunió con mi mamá para recomendarle material para mis veranos. En fin, insistente y persistente, convenció a mi mamá de mi posible talento y todo eso culminó en lo que ahora soy: una química.

Los años de estudio: más curiosidad y más personas generosas en mi camino. El bachillerato lo estudié en el CETIS de Yauatepec, Mor., donde me inscribí en el programa que me formaría como Técnico Laboratorista. Allí, la magia de la ciencia experimental me cautivó por completo. Fue una época emocionante: pasar más de dos horas en un laboratorio, tres veces



FIGURA 1. REPRESENTANTES del Estado de Morelos en el Concurso Nacional de Prototipos 2014.

por semana, era algo totalmente nuevo. Escribir sobre esto me causa melancolía, pues aunque aún me encanta estar dentro de un laboratorio, esa primera impresión de texturas, olores y colores no se repetirá, pero sigue siendo un recuerdo hermoso. Además, una compañera de mi grupo compartía mi curiosidad y mis ganas de aprender y discutir los experimentos. Con ella participé a nivel nacional con un prototipo tecnológico de un bloqueador solar mineral con aceites naturales derivados de semillas endémicas (Figura 1). No ganamos el primer lugar, pero nos llevamos el recuerdo de un evento nacional fenomenal donde estudiantes del DGETI se encontraron para mostrar sus ideas, abstractas algunas, prácticas otras, pero al fin y al cabo ideas. Fue en ese momento que decidí que valdría la pena ir a la universidad para poder mejorar y ver mis ideas transformarse en algo útil.

Me debatía entre estudiar una licenciatura en la UNAM que me acercara a la Química Medicinal o la nueva licenciatura en Diseño Molecular y Nanoquímica en la UAEM. La UNAM exigía que me mudara a la CDMX, mientras la UAEM me permitía estar más cerca de mi familia. Buscando argumentos para decidir, en 2014 hablé con varias personas, entre ellas José Luis Viveros Ceballos, quien estaba por obtener su doctorado en ciencias (química). Su entusiasmo por el nuevo programa de Diseño Molecular y Nanoquímica fue fundamental en mi elección. Permanecí en mi estado natal, en una de las mejores universidades de México que me ofreció una educación de calidad, con profesores investigadores de alto nivel, laboratorios equipados e instrumentación de punta para diseñar, identificar, estudiar y aplicar desde nanomateriales hasta macromoléculas. Ahí conocí formalmente algunas de las áreas de la química y tuve la oportunidad de elegir entre (i) Química Teórica y Computacional, (ii) Diseño

Molecular, Química Médica y Productos Naturales, (iii) Química Analítica y Ambiental, y (iv) Materiales y Nanoquímica. Lo más satisfactorio de esta experiencia formativa fue que el programa de estudios permitía explorar materias específicas de otras áreas, lo que me sirvió para lograr una formación robusta.

Trabajé en mi proyecto de investigación con un investigador que me apoyó con una beca. Esa beca me sirvió para asistir a mi primer congreso, donde descubrí que la oportunidad de platicar sobre mi trabajo con otras personas era algo especial para mí y que trataría de participar en eventos de ese tipo cuantas veces fuera posible. En un congreso de ciencia de materiales, la 2017 *International Conference on Polymers and Advanced Materials*, evento anual que se lleva a cabo en Oaxaca, conocí a un estudiante de doctorado que me sugirió buscar los programas de Veranos de Investigación, ya que te dan la oportunidad de hacer ciencia fuera de tu zona de confort, y también te permite compartir los resultados en varios formatos, y uno de ellos podría ser una conferencia local o regional.

Decidida a probar mi suerte para poder hacer un verano de investigación, busqué a quien me ayudara a localizar las posibilidades abiertas para mí. La coordinadora de mi Licenciatura, la Maestra Rosalía Vargas Ríos, una persona capaz de hacer mil cosas a la vez y hacerlas bien, me ayudó a realizar numerosos trámites para intentar una estancia de investigación nacional o en el extranjero. En esos años, la licenciatura aún no estaba completamente “válida”, ya que no había una primera generación que la respaldara, lo que complicó el acceso a algunas oportunidades. Sin embargo, ella se encargó de que recibiríamos correspondencia sobre programas de verano de investigación, tanto nacionales como internacionales. Un día común de enero de 2017, recibí un correo en mi bandeja electrónica: “la Universi-

dad de Rochester está convocando a candidatos de universidades fuera de los Estados Unidos para realizar un verano de investigación en nuestras instalaciones. La convocatoria cierra en 10 días”. Tenía muy poco tiempo para reunir todos los requisitos. Después de tantas idas y venidas, decidí que lo mejor en ese momento sería intentar un postdoc. Es decir, trabajar como investigador joven para explorar una de mis ideas: la remediación de aguas contaminadas. En particular, eliminar con cajas moleculares la contaminación por un tipo de sustancias conocidas como químicos persistentes (los PFAS por sus siglas en inglés). En ese momento sabía muy poco de química ambiental/analítica, pero las ganas de intentar algo que funcionara para la remediación de aguas me motivaron a buscar los medios para poder lograrlo. Quería probar mis ideas y para ello necesitaba conseguir colaboradores, laboratorio y recursos para realizar la investigación. Mi idea la presenté a la NSF (*National Science Foundation*), que decidió apoyarla.

De un plan a una nueva dirección: el salto a la investigación

La vida nunca sucede como uno la tiene planeada. A mediados de mi verano de investigación, mi supervisora se reunió conmigo y me dijo que le encantaría que fuese su estudiante para el programa de doctorado. Confieso que lo único que entendía hasta ese momento sobre el doctorado era que tenías que pasar muchos exámenes y presentar una versión fantástica de tus resultados en un foro intelectual donde la gente te juzgaría hasta que demostraras merecer el grado. Así, regresé a casa, terminé la licenciatura y decidí seguir estudiando el doctorado. La verdad, no fue muy diferente de lo que imaginaba, pero vaya que tuvo momentos fantásticos. Por ejemplo, el primer día en que mis experimentos diseñando óxidos metálicos ternarios funcionaron muy bien en la degradación de colorantes sintéticos en agua, un problema de contaminación importante de la industria textil, y pude contar la historia en un artículo científico, o el día en que pasé mi examen de candidatura, donde al estar detrás del podio evité que mi rodilla temblorosa delatara mi nerviosismo. También hubo momentos inolvidables, como cuando encontré un lugar al cual pertenecer en la *American Chemical Society* (ACS), que me brindó oportunidades invaluable para crecer profesionalmente; el día en que di mi primera clase en el departamento de óptica. Sin embargo, sabía que me faltaba la aven-

tura industrial, quería ver lo que se sentía al hacer ciencia para la industria. Otra vez tuve suerte y pude realizar una estancia de tres meses en la sede principal de la compañía BASF. Ahí, además de que me asignaron algo completamente fuera de mi experiencia: toxicología de nanomateriales, también experimenté un tipo de dirección diferente. Tuve como jefe en BASF a un personaje excepcionalmente talentoso e inteligente, con una claridad mental superior: no sólo me ayudó a entender la meta de mi proyecto, sino que también me impulsó a presentar mis resultados a más de 12 personas de diferentes partes del mundo para darle forma a un artículo de investigación. Esto me permitió alcanzar un nivel de confianza personal que no había logrado hasta entonces.

Así llegó el día en que me gradué, recuerdo caminar un largo camino cuesta abajo y al final del recorrido los profesores con sus batas y togas nos aplaudían al ritmo de la banda de la universidad, en el icónico teatro de la escuela de música de la universidad. Esos momentos son los que atesoro como el premio por el esfuerzo hecho y por los días y noches de arduo trabajo que hubo en ese periodo.

De repente, mi doctorado había terminado y no sabía qué rumbo seguir para mi futuro. Hablé con mi familia, mis mentores personales y académicos, y después de tantas idas y venidas, decidí que lo mejor en ese momento sería intentar un postdoc. Es decir, trabajar como investigador joven para explorar una de mis ideas: la remediación de aguas contaminadas. En particular, eliminar con cajas moleculares la contaminación por un tipo de sustancias conocidas como químicos persistentes (los PFAS por sus siglas en inglés). En ese momento sabía muy poco de química ambiental/analítica, pero las ganas de intentar algo que funcionara para la remediación de aguas me motivaron a buscar los medios para poder lograrlo. Quería probar mis ideas y para ello necesitaba conseguir colaboradores, laboratorio y recursos para realizar la investigación. Mi idea la presenté a la NSF (*National Science Foundation*), que decidió apoyarla.

Pasar a la fase de ejecución, que ojalá fuera tan sencilla como suena, es donde la dedicación es lo más importante. En esta etapa, experimenté un rol mucho más relacionado con gestión, coordinando un equipo de nueve investigadores, desde químicos computacionales hasta toxicólogos. El objetivo era evaluar la efectividad de las cajas moleculares que había propuesto para remover contaminantes persistentes, en este caso una mezcla de 19 PFAS (Sustancias Perfluoroalquiladas y Polifluoroalquiladas) en diferentes matrices acuosas, y cuán tóxicas estas tecnologías podrían ser para la vida acuática, para así evaluar su potencial aplicación en situaciones reales.

¿Por qué me importa remover los PFAS del agua? Los PFAS son un grupo de miles de compuestos químicos sintéticos utilizados en la industria y en productos de consumo. Estos químicos se caracterizan por sus fuertes enlaces

carbono-flúor, lo que los hace extremadamente resistentes a la degradación. Por esta razón, se les conoce como “químicos eternos”, ya que persisten en el ambiente y en nuestros cuerpos durante largos periodos (1, 2). La exposición a los PFAS se ha relacionado con diversos problemas de salud, incluyendo cáncer, enfermedades de la tiroides y efectos en el desarrollo fetal. Debido a que se encuentran en el agua potable, el suelo y el aire, es crucial desarrollar y mejorar tecnologías que nos ayuden a removerlos del ambiente para proteger la salud humana y la de los ecosistemas.

Una *caja molecular* es una estructura porosa diseñada a nivel molecular. Estos materiales, como las zeolitas o los Metal-Organic Frameworks (MOFs), actúan esencialmente como “esponjas” con poros de tamaño y forma controlados con precisión. Es un área muy importante de investigación en la química moderna, distinguida con el Premio Nobel de Química 2025 (3). La función principal de las cajas moleculares en mi proyecto fue la absorción selectiva de los contaminantes. Esto se logró porque los poros estaban diseñados para que en ellos encajaran sólo las moléculas de los contaminantes; esto es, moléculas de un determinado tamaño y forma, excluyendo a otras moléculas del medio. Diseñamos las cajas para que una vez que el contaminante entrase, interactuara químicamente con las paredes del poro, mediante funcionalizaciones específicas, lo que potencia la captura y retención.

La preocupación por la presencia de los PFAS está ligada a que son moléculas ajenas a toda la biología terrestre y que por ello no se degradan. Y, aunque no se sabe a ciencia cierta la cantidad de éstas que se liberó al ambiente, no debemos esperar a que generen problemas antes de eliminarlas. La cantidad de PFAS se mide generalmente en unidades muy pequeñas, como nanogramos por litro (ng/L) o partes por trillón (ppt). Para su detección se utilizan sofisticados métodos de análisis ambiental en laboratorios, como la espectrometría de masas y el desarrollo de métodos estandarizados como el Método EPA 1633. La medición es particularmente desafiante debido a la necesidad de detectar concentraciones extremadamente bajas y a la existencia de miles de compuestos PFAS diferentes, además del riesgo de contaminación analítica por la ubicuidad de los PFAS en muchos materiales de laboratorio.

Si bien existe regulación al respecto, es un panorama global complejo y fragmentado. En Estados Unidos, por ejemplo, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha emitido la Regulación Primaria Nacional de PFAS para el Agua Potable, estableciendo niveles máximos permisibles de contaminantes para compuestos específicos (como PFOA y PFOS) y requisitos de monitoreo a nivel federal. Sin embargo, cada país, e incluso cada estado dentro de un país, tiene sus propias regulaciones y estándares. Esto resulta en un “mosaico” regulatorio donde la Unión Europea (UE), por ejemplo, tiende a adoptar un enfoque más integral



FIGURA 2. GRUPO de investigación del Instituto de Investigación y Educación en Energía, Ambiente y Agua que dirige la Profesora Diana Aga (de izquierda a derecha, cuarta persona en la fila central) y co-mentora de la Dra. Sánchez Liévanos.

y centralizado para restringir el uso de miles de PFAS a la vez. Mientras que en EE. UU. y otros países, el enfoque puede ser más fragmentado, apuntando a unos pocos compuestos clave a la vez, o dejando que los estados individuales implementen estándares más estrictos. La disparidad en la regulación enfatiza la necesidad de soluciones de remoción de contaminantes, universalmente eficaces y que puedan cumplir con los estándares más rigurosos a nivel internacional.

El problema de los PFAS en el ambiente es mejor abordarlo de manera multidisciplinaria, para poder ver las diferentes facetas del problema. El éxito de nuestro proyecto de investigación es un ejemplo de ello: logramos una colaboración sinérgica en nuestro equipo interdisciplinario. Yo estaba encargada del liderazgo del proyecto, dirección estratégica de la investigación, coordinación de los equipos, y diseño y síntesis de los materiales moleculares. Nuestro equipo analítico en la Universidad de Buffalo se encargó del desarrollo y validación de metodologías analíticas para la detección y cuantificación de ultra-trazas de PFAS, mientras que mi equipo directo y yo verificamos de modo experimental la eficiencia de remoción de nuestros materiales. El equipo de Toxicología basado en Stony Brook University se encargó de la evaluación del impacto toxicológico de los materiales en fauna acuática, para determinar si existía algún factor de riesgo para la salud humana y ambiental por el uso de las cajas moleculares. Y el equipo computacional en St. Bonaventure University nos apoyó en el modelado molecular y simulaciones de dinámica molecular, para predecir el rendimiento y la selectividad de las cajas moleculares.

En esencia, la colaboración de expertos en química (diseño), computación (predicción/explicación), analítica (medición) y toxicología (seguridad), es lo que transformó una simple idea química en una solución integral y responsable para un problema de salud pública global. El reto de los PFAS es tan complejo que sólo puede abordarse con esta visión

de conjunto.

En este contexto de innovación tecnológica, mi granito de arena involucró utilizar nanotecnología: esas cajas moleculares actúan como esponjas para absorber hasta un 95% de PFAS en aguas superficiales y residuales, un salto abrupto en eficiencia que los materiales convencionales de filtración (como el carbón activado) no han logrado alcanzar. Estos datos, que se dieron a conocer el año pasado, son parte de mi primer artículo como autora de correspondencia (4). Este artículo es muy especial para mí, ya que destaca no solo el diseño y la creación de materiales con propiedades relevantes para resolver problemas en el mundo, sino también la importancia de evaluar la toxicidad de estos materiales para no generar más problemas en el futuro. Ya ha atraído mucho interés, siendo parte de una serie de artículos de difusión (5).

El trabajo en las cajas moleculares está lejos de terminar; de hecho, está entrando en una nueva fase crucial: la optimización y la transferencia de conocimiento. Actualmente, el enfoque principal es el trabajo a nivel de laboratorio para perfeccionar la eficiencia y la selectividad de las cajas moleculares. Tenemos estudiantes brillantes que continúan explorando la química de estos materiales, buscando la manera de hacerlos más robustos y efectivos, especialmente en ambientes reales y complejos. Nuestro éxito con los PFAS es solo el comienzo. La metodología de diseño molecular de nuestras cajas es aplicable a una amplia gama de desafíos ambientales. Queremos aplicar esta plataforma para dirigirnos a otros subproductos farmacéuticos, pesticidas y microplásticos, que están apareciendo en el agua y que las tecnologías convencionales no pueden eliminar.

Mi recomendación más sincera para cualquiera que quiera ver sus ideas convertirse en algo útil, ya sea en la ciencia o en cualquier otro campo, es: ¡sé valiente y abraza la mentalidad del «¡Intentálo y Aprende!»! Es increíblemente difícil salir de nuestra zona de confort.

Es más fácil quedarse con lo que ya sabes, con el plan seguro. Pero la verdadera utilidad y el impacto real nacen cuando te atreves a explorar tus curiosidades sin miedo a fracasar. Yo siempre digo: el «no» ya lo tienes garantizado a menos que te atrevas a intentarlo. No dejes que la posibilidad del fracaso te paralice. La ciencia, y la vida, son un constante proceso de prueba y error. De hecho, los errores suelen ser la parte más divertida y la que te lleva al mayor aprendizaje. Sé persistente, mantén la curiosidad viva y recuerda que cada «fallo» te acerca un paso más a la solución <3 jeje.

Referencias

1. Bernal-Uruchurtu, M. I. La indeseable inmortalidad (parte 1). *La Unión de Morelos*, 17 de septiembre de 2024. <https://acmor.org/publicaciones/la-indeseable-inmortalidad-parte-1>
2. Bernal-Uruchurtu, M. I. La indeseable inmortalidad (parte 2). *La Unión de Morelos*, 23 de septiembre de 2024. <https://acmor.org/publicaciones/la-indeseable-inmortalidad-parte-2>
3. Garduño Rojas, J. A. y N. López Cruz. El Premio Nobel de Química 2025: la arquitectura en lo invisible. *La Unión de Morelos*, 1 de diciembre de 2025. <https://acmor.org/publicaciones/el-premio-nobel-de-qu-mica-2025-la-arquitectura-en-lo-invisible>
4. Sanchez-Lievanos, K. R. et al. (2025). Synthesis and Evaluation of Cationic Porphyrin-Based Organic Nanocages for the Removal of 38 PFAS from Water: Experimental, Theoretical, and Eco-toxicological Insights. *ACS ES&T Engineering* 5 (3): 701–713. doi: 10.1021/acsesteng.4c00639
5. EPA June 2025 Fish and Shellfish Program Newsletter. <https://www.epa.gov/system/files/documents/2025-06/fish-program-news-june-2025.pdf>

Esta columna se prepara y edita semana con semana, en conjunto con investigadores morelenses convencidos del valor del conocimiento científico para el desarrollo social y económico de Morelos.



ACADEMIA DE CIENCIAS
DE MORELOS, A.C.

ESTA PUBLICACIÓN FUE REVISADA POR EL COMITÉ EDITORIAL DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE MORELOS

Para actividades recientes de la academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org
¿Comentarios y sugerencias?, ¿Preguntas sobre temas científicos? CONTÁCTANOS: coord.comite.editorial.acmor@gmail.com