



Laura Vargas-Parada



Las personas detrás de la investigación

Los artículos que se presentan en este número revisan con cierta profundidad temas que los autores consideran de relevancia en su campo de conocimiento. Muchos de estos artículos están directamente relacionados con el trabajo de investigación que los autores realizan. Sin embargo, al ser textos divulgativos, el enfoque va más dirigido a una revisión general que a hablarnos de su propio trabajo.

En esta sección, nos acercamos un poco más a algunas de las personas detrás de los artículos y a sus proyectos de investigación. ¿Qué estudiaron y qué los llevó a trabajar en el campo de investigación al que se dedican? ¿Qué han aprendido con sus proyectos de investigación? ¿Cuáles son los retos que enfrentan y cómo puede ayudarnos lo que han aprendido a entender mejor el mundo en que vivimos? ¿Cómo se ve su mundo cuando están trabajando y qué es lo que más disfrutan de su trabajo?

Buscamos mirar a través de sus ojos y conocer más a la persona detrás del científico. Nuestro objetivo es despertar el interés de nuestros lectores por los diversos temas que se presentan en esta edición, al mismo tiempo que permitir a nuestros lectores universitarios conocer más de cerca diversos campos del conocimiento.

Conociendo el mar profundo



Véase “[El mar profundo ante el cambio climático](#)”.

“El cuidado de los ecosistemas en aguas profundas presenta desafíos únicos debido a la dificultad para acceder a esos hábitats y la escasa información científica. En México, el mar profundo representa cerca de dos terceras partes del territorio marino y su estudio ha permitido descubrir ecosistemas extremos únicos, como volcanes de asfalto en el Golfo de México y una biodiversidad adaptada a condiciones de total oscuridad.

Estudié Hidrobiología en la Universidad Autónoma Metropolitana y me especialicé en Oceanografía Biológica y Pesquera, y Oceanografía Biológica. Una



Figura 1. Elva Escobar Briones. Fotografía: Adrián Gaytán, FC-UNAM.

de las primeras localidades de mar profundo en la que realicé investigación fue la polinia del noreste de Groenlandia. Me interesé por el mar profundo cuando tuve que presentar un trabajo para mi clase de Ciencias Naturales en el bachillerato. Visité entonces el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Nacional Autónoma de México y los pocos académicos que encontré me dijeron que ‘no había nada en el mar profundo’. Pero en la biblioteca del Instituto de Investigaciones Biomédicas encontré que en el Woods Hole Oceanographic Institution y el Scripps Institution of Oceanography en EUA sí se estaba realizando investigación; lo mismo decía un ejemplar de la revista *Scientific American* dedicado a la exploración del océano. En mi trabajo para la clase cité a los expertos que decían que no había nada, pero destacué que exploraciones recientes mostraban lo contrario.

Conocer el mar profundo requiere de investigación básica impulsada por el simple deseo de entender cómo funciona nuestro planeta, y de ahí han surgido grandes descubrimientos como la producción de oxígeno oscuro, fauna longeva con edades de 11 000 años (esponjas) o 4 000 años (corales), o la identificación de genes que podrían beneficiar a la humanidad en los próximos años.

Actualmente estudio la diversidad del mar profundo y su conservación; mis resultados buscan fundamentar la toma de decisiones para evitar el uso destructivo del fondo marino.

En esta foto (**Figura 1**) me encuentro en la cubierta del buque oceanográfico Justo Sierra. Estoy preparando un equipo llamado *multinucleador* que permitirá tomar 12 muestras del fondo marino, a casi 4 km de profundidad, en el Golfo de México, con el fin de estudiar los diminutos organismos que viven entre las hendiduras de los granos de arena o la arcilla.

He aprendido que el estudio del océano, y en especial del mar profundo, no puede ser de corto plazo; requiere un ecosistema científico y técnico integrado, estable y de largo plazo para hacer frente a las crisis globales, ya que el océano define la estabilidad del planeta y que con ello que la vida prospere.”

ELVA ESCOBAR BRIONES

“E estudié Biología en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional y posgrados en Biología Marina y Ciencias y Tecnología Marinas. Desde niño me fascinaban los documentales de Jacques Cousteau, lo que despertó mi vocación por la biología marina. Al concluir la



Figura 2. Pedro H. López-Garrido. Fotografía: Pedro López, INAH/SAS.

licenciatura, me formé en buceo recreativo y científico (**Figura 2**), experiencia que me permitió trabajar en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y como investigador en la Subdirección de Arqueología Subacuática del Instituto Nacional de Antropología e Historia. Allí estudié la interacción de la fauna marina con vestigios de naufragios históricos en aguas tropicales de México, acumulando numerosas horas de buceo y aplicando técnicas de video y fotogrametría al estudio de comunidades bénticas. Durante mis inmersiones observaba la vida submarina y me preguntaba cómo sería en las grandes profundidades, donde el ser humano sólo puede acceder mediante vehículos tripulados de alta tecnología.

En 2012 se llevó a cabo la expedición Gulf of California, coordinada por el Monterey Bay Aquarium Research Institute, en la cual participaron investigadores y estudiantes de la UNAM con inmersiones al mar profundo en distintas localidades del Golfo de California, entre ellas la Cuenca de Guaymas. La exploración a más de 200 m de profundidad presenta grandes desafíos, pero gracias al desarrollo de tecnologías robóticas avanzadas, como los sumergibles y los vehículos de operación remota —equipados con sensores para medir variables ambientales, herramientas para coleccionar rocas y fauna, y cámaras de video de alta definición—, ahora es posible documentar *in situ* los hábitats y la fauna asociada. Desafortunadamente, estos equipos no están disponibles en México, por lo que gran parte de las investigaciones requieren la colaboración con instituciones extranjeras.

En la Cuenca de Guaymas encontramos comunidades dominadas por corales y esponjas con una notable diversidad que forman arrecifes de aguas de entre 849 y 990 m de profundidad. Muchas de estas especies son vulnerables al impacto de actividades humanas como la minería de aguas profundas, explotación de hidrocarburos y pesca en aguas profundas. Además, el calentamiento global está incrementando la temperatura de los océanos y provocando, entre otros efectos, la desoxigenación de las aguas, lo que podría ampliar la extensión de las zonas de oxígeno mínimo y afectar la biodiversidad. Esto tendría consecuencias significativas en los hábitats de mar profundo de la zona y en otras regiones del Golfo de California que apenas comienzan a explorarse y descubrirse.”

PEDRO H. LÓPEZ-GARRIDO

El estudio de las rocas



Véase “¿Qué secretos guardan las rocas?”.

“**P**ara estudiar las rocas primero se estudia alguna carrera de geociencias, como geología o geofísica, física o química. Luego uno se especializa, por ejemplo, en vulcanología.

A Antonio siempre le gustaron las rocas, pero en Morelia no había la carrera de geología, ni geociencias, así que eligió Ingeniería Civil, ya que se relacionaba un poco con la caracterización de los suelos y

las rocas. Se empezó a apasionar con la caracterización de las propiedades de las rocas y en particular de las rocas volcánicas.

A los que estudian las rocas se les llama petrólogos. Nos gusta mucho el contacto con la naturaleza, pero también el trabajo en el laboratorio. Queremos saber por qué tenemos las rocas que tenemos.

En la fotografía (Figura 3) estamos realizando un levantamiento geológico-volcanológico en la caldera de La Reforma en Mulegé, Baja California. Como vulcanólogos, estudiamos los procesos eruptivos, su dinámica, los parámetros físicos que los controlan y las características de los depósitos y las rocas volcánicas. Buscamos vincular lo que vemos en la superficie con lo que ocurre en el interior del sistema volcánico antes de una erupción. ¿Cómo funciona un volcán? ¿Qué es lo que pasa en ellos antes de una erupción? Vamos descubriendo ciertas huellas mediante el estudio de las rocas y los minerales. Aún tenemos muchas preguntas que no hemos podido resolver. ¿Dónde se almacena el magma y cuánto tiempo permanece ahí antes de una erupción? También nos interesa saber por qué los volcanes aparecen en una región y cuál es el papel que desempeña el tipo de magma o la estructura de la corteza.

Trabajamos por todo el país. En Michoacán nos interesa el campo volcánico Michoacán-Guanajuato, región volcánica activa –que abarca unos 40 000 kilómetros cuadrados en el centro del país– conocida por la erupción de los volcanes el Jorullo y Parícutín. Su importancia radica en que es una de las regiones donde existe la probabilidad más alta de que aparezca el siguiente volcán mexicano.

En la región de Baja California, trabajamos en la línea de Baja California Sur y Norte. Ahí lo que estamos estudiando es la distribución de los fluidos geotérmicos y cómo es la actividad y la evolución de estos sistemas. En Puebla y Jalisco también hay potencial geotérmico.

Las rocas también están en las ciudades. Una línea de investigación es el reemplazo de rocas para monumentos históricos; hacemos experimentos para

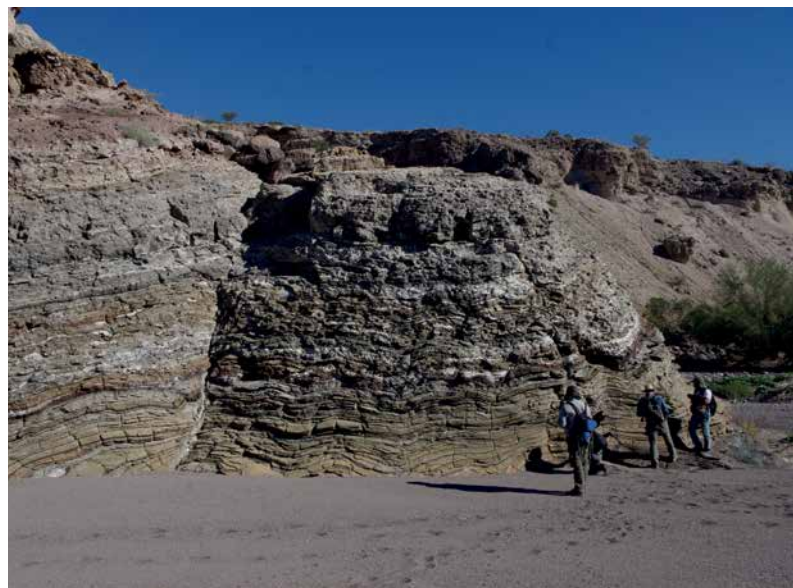


Figura 3. En un levantamiento geológico-volcanológico en la caldera de La Reforma en Mulegé, Baja California. Fotografía: Antonio Pola.

buscar la roca más adecuada para hacer el reemplazo de una piedra de un monumento o de edificios históricos.

En el laboratorio nos interesa la recreación de los fenómenos geológicos a gran escala: llevar todos esos parámetros que podemos medir en campo a una escala muy pequeña que nos permita conocer la resistencia de una roca, o recrear fenómenos naturales para poder estudiar distintas variables.

Uno de los aspectos más emocionantes de nuestro trabajo es que podemos viajar por todo el mundo, subir a la cima de un volcán en medio de la nada, y luego regresar a la ciudad, al laboratorio, para analizar los minerales y las rocas a nivel microscópico tratando de comprender cómo se vincula el vulcanismo con todo lo que ocurre en su entorno. Poder combinar el trabajo de campo con el trabajo analítico de laboratorio es lo máximo.

Pero quizás lo más importante de nuestro trabajo es el contexto social. Queremos generar información que permita construir escenarios que después puedan servirles a las autoridades para gestionar mejor el riesgo en una región.”

MARIO E. BOIJSEAU-NEAU-LÓPEZ Y ANTONIO POLA

Mejorando los productos de maíz

Véase “[El papel del calentamiento óhmico del maíz, una tecnología emergente para un proceso sustentable](#)”.

“En México, el maíz es uno de los principales productos de consumo diario. En el Laboratorio de Química y Funcionalidad de Carbohidratos de la Universidad Autónoma de Querétaro buscamos mejorar los procesos de producción mediante acciones como reducir el consumo de agua y energía, eliminar el agua residual que contiene contaminantes y aprovechar por completo la materia prima para hacer más sustentable la producción de alimentos derivados del maíz. Se trata de rediseñar un proceso cotidiano con criterios ambientales.

Llegamos a la investigación en alimentos desde distintos caminos, pero la química fue una materia que detonó nuestro interés. Uriel Cruz es ingeniero químico en alimentos y nosotras estudiamos Químico Farmacobiología. En mi caso (Anai Zavala), no tuve una inspiración como tal en una persona o evento específico, pero desde niña me gustó observar fenómenos y buscar su explicación. Estudié una carrera técnica, que fue la que me llevó a los alimentos; luego nos hemos ido especializando con posgrados

en Ciencias y Tecnología de Alimentos, Tecnología Avanzada o Ciencias con especialidad en Materiales.

En la foto ([Figura 4](#)) estamos trabajando en el laboratorio. Usamos granos de maíz para preparar las muestras de estudio que se colocan en una celda de tratamiento que Uriel sostiene en su mano. La celda está conectada al equipo de control que registra temperatura y voltaje, y es donde se aplica la corriente eléctrica a las muestras.

Trabajamos con maíz porque es parte de la identidad cultural del país y es la base de nuestra alimentación. Como en México consumimos una enorme cantidad de productos de maíz nixtamalizado, queremos hacer más eficiente el proceso sin perder el sabor ni el valor nutricional. Proponemos el calentamiento óhmico (que utiliza corriente eléctrica) como alternativa a la nixtamalización tradicional: es más rápido, aprovecha mejor la energía, calienta de manera uniforme y no genera residuos líquidos.

Obtenemos masa, harina y tortilla con características muy similares a las tradicionales, sin el costo ambiental asociado.

Falta aún estandarizar el proceso y escalarlo a nivel semiindustrial e industrial para responder a la demanda real. Además, trabajar con electricidad exige cuidados constantes. Empezamos con la molienda del maíz, que es la materia prima del proceso óhmico; luego hacemos la nixtamalización usando únicamente el agua necesaria y obtenemos la masa, que puede convertirse en tortilla u otros derivados.

Después evaluamos la masa, las harinas y las tortillas: textura, sabor y contenido nutricional, para verificar que cumplan con los estándares.

Este tipo de proceso no sólo mejora la nixtamalización, también resultó muy eficiente para degradar toxinas que se encuentran naturalmente presentes en el maíz. Estas toxinas se llaman aflatoxinas y están asociadas al desarrollo del cáncer. El proceso tradicional las reduce, pero no siempre pierden su



Figura 4. Anai Zavala Franco, Uriel Cruz Calderón y Marcela Gaytán Martínez. Fotografía: Édgar Esquivel (modificada con ChatGPT).

capacidad de generar cáncer. Con el calentamiento óhmico logramos degradarlas hasta niveles no tóxicos, y como estas toxinas son muy importantes para la salud pública, ya iniciamos el registro ante el Ins-

tituto Mexicano de la Propiedad Industrial de una patente basada en este hallazgo.”

URIEL DE JESÚS CRUZ CALDERÓN,
MARCELA GAYTÁN MARTÍNEZ Y ANAI ZAVALA FRANCO

Nuevas opciones terapéuticas

Véase “**Inmunoterapia: la nueva esperanza contra el cáncer alimentado por la obesidad**”.

“Siempre me interesó entender cómo funciona la vida desde adentro y poner a prueba los mecanismos celulares. Ver células vivas al microscopio por primera vez en la preparatoria y entender que todo lo que somos ocurre a una escala microscópica que podemos observar y manipular me convenció de dedicarme a la ciencia.

En la foto (**Figura 5**) estoy en mi mesa de trabajo en el laboratorio de fisiología celular y medicina traslacional en la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. A mi lado, un microscopio invertido Zeiss, el equipo que utilizo diariamente para la observación, monitoreo y análisis de los cultivos celulares y organoides de investigación.

Elegí estudiar biología experimental, en la UAM Iztapalapa, porque no se trata de memorizar libros, sino de ir al laboratorio, diseñar experimentos, hacer preguntas y buscar respuestas directas en el microscopio o en el tubo de ensayo. Antes de ingresar a la universidad, realicé prácticas en un laboratorio de hematología oncológica en el Hospital General de México. Luego de varias semanas con un experimento que no salía, buscamos analizar el “error”, lo que nos llevó a un dato inesperado y me permitió aprender algo importante: que la ciencia no consiste en tener la razón a la primera, sino en saber qué preguntar cuando las cosas no salen como esperas.

Mi interés en la inmunoterapia y los anticuerpos biespecíficos surgió principalmente durante una estancia en el Departamento de Inmunología y Biología Regenerativa del Instituto Weizmann de Ciencias en Israel. Ahí me enfoqué en estudiar los mecanismos de resistencia a fármacos en cáncer de pulmón con una mutación conocida como EGFR. Como parte

de esta investigación, desarrollé un nuevo anticuerpo biespecífico sintético, el cual, combinado con el medicamento Osimertinib, demostró tener potencial para desacelerar o prevenir la resistencia al tratamiento y la recaída.

Un día de experimentación suele ser muy dinámico. Trabajo con cultivos celulares en 2D y modelos 3D, y utilizo herramientas de edición y manipulación genética como CRISPR/Cas9 o siARN; realizo también análisis metabólicos celulares, secuenciación de ARN y citometría de flujo. Más tarde vienen



Figura 5. Arturo Simoni-Nieves. Fotografía proporcionada por A. S.-N.

varias horas dedicadas a la interpretación de datos cuantitativos y transcriptómicos, a la escritura de artículos científicos y a la revisión de manuscritos para revistas internacionales.

A partir de mi trabajo de investigación he descubierto que las dietas ricas en colesterol alteran la función mitocondrial de las células hepáticas y conducen al desarrollo de un subtipo de carcinoma hepatocelular mucho más agresivo y resistente a la apoptosis (un tipo de muerte celular). Aprendí que receptores como el AXL y procesos como la replicación del ADN propensa a errores tienen un papel clave para que las células del cáncer de pulmón evadan el efecto de las terapias dirigidas, y mostramos que

la coinhibición mediante anticuerpos biespecíficos es una herramienta viable y muy prometedora para revertir la resistencia a fármacos.

Aún hay mucho por entender. Mi meta principal es profundizar en la comprensión de los mecanismos moleculares de resistencia a fármacos y en la agresividad tumoral con el fin de desarrollar mejores opciones terapéuticas para pacientes con cáncer de hígado y de pulmón. Para ello, es importante descifrar cómo factores como la acumulación de colesterol y los trastornos metabólicos aceleran el progreso tumoral. El reto, al final, es lograr vencer la resistencia a fármacos.”

ARTURO SIMONI-NIEVES

Umbrales e incertidumbre



Véase “[Umbrales e incertidumbre: claves para entender la actual crisis ambiental](#)”.

“La fotografía ([Figura 6](#)) se tomó en el Parque Natural de las Lagunas de Ruidera, en España, donde estoy midiendo las emisiones de gases de efecto invernadero de un lago usando una batería de cámaras flotantes conectadas a un instrumento

que mide de manera simultánea la concentración de varios gases en una muestra mediante la combinación de luz y sonido.

La muestra se obtiene a partir de las cubetas blancas montadas sobre el flotador amarillo, que encierran una pequeña columna de aire sobre la superficie del agua; con el tubo azul se extrae de manera automatizada a intervalos regulares para calcular el flujo de metano hacia la atmósfera. Con estas medidas buscamos entender un proceso muy concreto de los que describimos en el artículo: cómo la oxidación anaerobia del metano acoplada a la desnitrificación –un proceso microbiano que “quema” metano usando nitrato en lugar de oxígeno– puede actuar como una retroalimentación negativa que amortigua parte de las emisiones de un lago.

Ruidera es un caso revelador. Es una cadena de lagos que en las últimas décadas ha recibido cada vez más nitrato de origen agrícola. Ese exceso de nitrato, que solemos ver sólo como un detonante que fomenta el crecimiento excesivo de fitoplancton (eutrofización), podría estar modulando al mismo tiempo las emisiones de metano a la atmósfera. Un buen



Figura 6. Salvador Sánchez-Carrillo. Fotografía proporcionada por S. S.-C.

ejemplo de cómo se acoplan los ciclos biogeoquímicos (carbono y nitrógeno, en este caso) en la biosfera y cómo cambian las interacciones según el estado del sistema, exactamente el tipo de interacciones no lineales de las que hablamos en el artículo.

Partimos de una idea sencilla pero incómoda para la gestión ambiental clásica: los ecosistemas no cambian de forma gradual ni proporcional a las presiones que reciben, y esa no linealidad hace que la incertidumbre sea una propiedad del propio sistema, no sólo un vacío de conocimiento. Pueden mantenerse aparentemente estables durante décadas y luego cruzar un umbral, y reorganizarse en un estado distinto —a veces irreversible— ante una perturbación pequeña. Por eso no se puede gestionar esperando un control total basado en predicciones exactas, sino actuando de acuerdo con esa incertidumbre inherente.

David, Miguel y yo trabajamos en el Departamento de Biogeoquímica y Ecología Microbiana del Museo Nacional de Ciencias Naturales en Madrid. Quizás sorprenda que un museo de historia natural tenga investigadores que generan datos de campo y publican en revistas internacionales, pero en nuestro caso el museo no es sólo la instalación expositiva que visita el público: primero somos un centro de investigación en toda regla, con departamentos,

laboratorios y líneas de financiación competitiva. Algo que distingue al museo es la multidiscipliplina y un buen ejemplo es cómo llegamos aquí.

Yo soy geólogo de formación, pero luego, para el posgrado, me especialicé en ecología; mientras que David y Miguel son biólogos taxónomos que trabajaban originalmente en taxonomía de algas de agua dulce. Su trabajo derivó hacia la ecología acuática y ahí fue donde nos encontramos. Los tres nos dedicamos a la ecología de sistemas aplicada principalmente al ambiente acuático, pero en ramas diferentes. David es especialista en resiliencia y estados alternativos, mientras que Miguel y yo nos hemos centrado más en entender la interacción entre procesos ecológicos.

Lo que más nos estimula de nuestro trabajo es poder llegar a entender cómo funciona la complejidad de un ecosistema, algo que sólo podemos hacer si tenemos información a largo plazo: treinta años siguiendo el mismo humedal, o volver año tras año a los mismos lagos mexicanos, permite ver patrones que serían invisibles en un muestreo puntual. Ahí es donde aparecen los umbrales, las señales de alerta temprana, los cambios que a corto plazo parecen ruido y a largo plazo son una trayectoria clara.”

SALVADOR SÁNCHEZ-CARRILLO