





Innovaciones tecnológicas en la UAM: una mirada desde el doctorado

Las investigaciones doctorales son procesos delicados y complejos que se gestan por múltiples años y de los cuales nos enteramos hasta que terminan en un examen profesional y la publicación de la tesis. En el presente artículo, la UAM nos comparte una mirada íntima a la innovación y las soluciones que está proponiendo su alumnado doctorante con miras a cambiar la sociedad y la nación.

Introducción

■ En cada universidad hay un enorme número de alumnas y alumnos que transforman ideas innovadoras en descubrimientos y cambios sociales en sus proyectos de investigación doctoral. Son contadas las ocasiones en las que aprendemos de estos nacientes proyectos que no sólo buscan entender mejor el mundo, sino también imaginarlo distinto. Estas investigaciones no se quedan en el papel: se conectan con comunidades, inciden en políticas públicas y generan soluciones para problemas que afectan diariamente a la sociedad mexicana. El presente artículo nos permite conocer cuatro investigaciones en proceso en la Universidad Autónoma Metropolitana, donde la ciencia y la innovación se encuentran con la responsabilidad social para dibujar futuros más justos, sostenibles y seguros.

La vida en pausa... y en decadencia: el tiempo en las semillas

■ Las semillas suelen pasar desapercibidas. No se mueven, no hacen ruido, no reclaman atención. Y, sin embargo, en su interior se guarda el futuro de los ecosistemas. Son archivos vivos de la biodiversidad, las primeras páginas en la historia de cada planta. Su papel en la regeneración de la vida vegetal es fundamental. Cada árbol, cada arbusto, cada cactácea que vemos alguna vez fue una semilla dormida.

En los desiertos, bajo la tierra caliente y quebrada, miles de semillas de cactáceas yacen en reposo. Son pequeñas cápsulas de vida, invisibles al ojo común, en espera de la señal adecuada para despertar: una lluvia oportuna, un cambio

de temperatura, una caricia de luz. Pero no todas lo logran. Algunas, sencillamente, envejecen... y mueren sin haber germinado jamás.

Así comienza una historia silenciosa y poco conocida, la del envejecimiento de las semillas, un proceso tan real como el de cualquier ser vivo. Con el tiempo, su capacidad de germinar disminuye, su energía se reduce y se vuelven más frágiles. Aunque este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en cultivos como cereales (arroz, maíz y trigo) o legumbres (frijol, lentejas y chícharos), poco se sabía sobre cómo envejecen las semillas de cactáceas, plantas esenciales para la vida de las zonas áridas y semiáridas de México, y para las comunidades que dependen de ellas para su alimentación, su economía y su identidad cultural.

Esta falta de información resulta preocupante si consideramos que varias estrategias de conservación, como los “bancos de semillas”, dependen justamente de ese conocimiento. El caso de las cactáceas

mexicanas es especialmente delicado, ya que muchas de estas especies se encuentran en alguna categoría de riesgo. Sin embargo, los estudios sobre bancos de semillas en este grupo siguen siendo escasos, lo que dificulta su protección. Pero, ¿qué son los bancos de semillas?

Los bancos de semillas funcionan como aquellos en donde guardamos dinero: son lugares que almacenan algo valioso para el futuro. Algunos se forman de manera natural, cuando las semillas caen al suelo y quedan enterradas. Estas semillas pueden permanecer ahí durante meses, incluso años o décadas, esperando las condiciones adecuadas para germinar (Figura 1). Es una estrategia de las plantas para sobrevivir a tiempos difíciles, como sequías o incendios. Por otro lado, también existen bancos de semillas creados por las personas, parecidos a cajas fuertes para la biodiversidad. En ellos se guardan semillas de especies con importancia económica o que están en peligro de desaparecer, con la esperanza de que algún día puedan utilizarse para recuperar ecosistemas o producir alimentos.

El resguardo artificial de semillas, o el almacenamiento natural, dependen de que las semillas permanezcan vivas. Pero, ¿qué pasa si eso no ocurre? ¿Qué pasa si las semillas, pese a estar almacenadas con cuidado, pierden su capacidad de germinar antes de lo previsto?

En el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, Puebla, donde los cactus se alzan como centinelas del tiempo, recolectamos semillas de dos especies mexicanas: *Escontria chiotilla* (jiotilla) y *Stenocereus pruinosus* (pitaya de mayo). Ambas producen frutos comestibles de valor cultural y económico, y desempeñan un papel clave en el ecosistema, pues mantienen relaciones con polinizadores, animales que dispersan sus semillas y otros seres vivos del suelo, como hongos y bacterias. Su importancia ecológica y humana es tan grande que protegerlas implica también proteger modos de vida enteros. Pero su reproducción depende de un factor esencial, la viabilidad de sus semillas. Sin semillas sanas, no hay nuevas plantas, y sin regeneración, las poblaciones pueden desaparecer.

En mi investigación doctoral, para entender cómo envejecen estas semillas, las almacenamos en dos

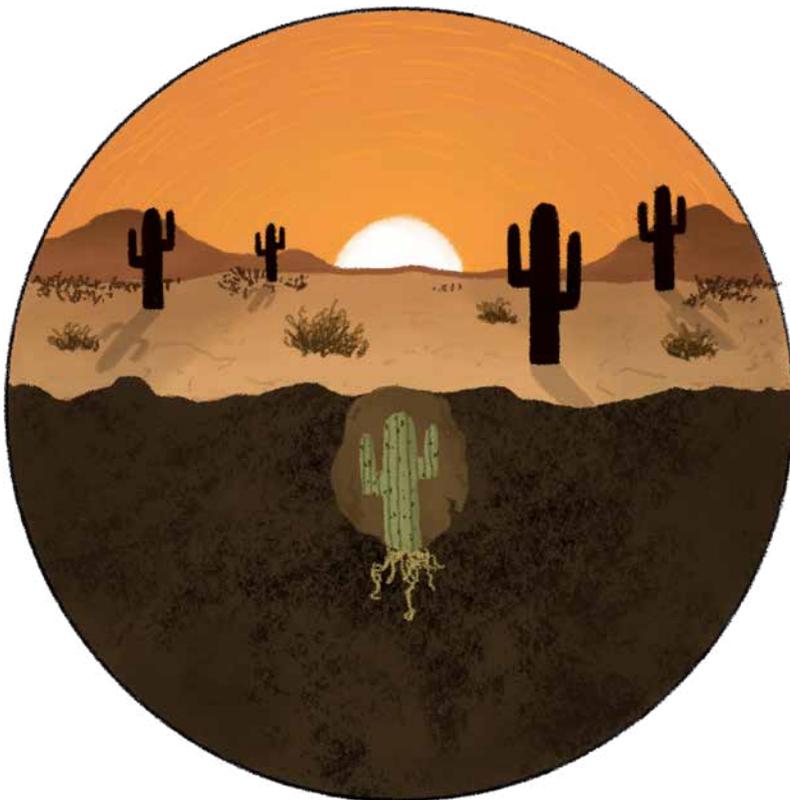


Figura 1. Una semilla de cactácea en un ambiente hostil, con las raíces listas para salir, pero que va desgastándose con el paso del tiempo, el calor y las inclemencias del ambiente. Crédito: Diego F. T. de la Vega.

tipos de condiciones. Algunas fueron guardadas en frascos oscuros, con baja humedad y temperatura estable, como se hace en los bancos de semillas artificiales. Otras fueron enterradas directamente en el suelo, en su hábitat natural; durante meses –y en algunos casos, años– las dejamos allí, expuestas al clima cambiante del desierto: la lluvia, la sequía, el calor, el frío. Las condiciones naturales pueden parecer ideales, pero son también impredecibles. Al recuperarlas, observamos que muchas de las que estaban bajo tierra ya no germinaban. En cambio, las conservadas en laboratorio seguían vivas, como si el tiempo no hubiera pasado por ellas.

Aunque solemos pensar que una semilla enterrada está protegida, el suelo es un entorno muy cambiante. Cada ciclo de humedad y sequía desgasta sus defensas naturales. La tierra no siempre es un refugio seguro: a veces es un campo de batalla microscópico donde bacterias, hongos, temperaturas extremas y falta de nutrientes atacan sin tregua. Si una semilla no puede defenderse, comienza a deteriorarse por dentro. Uno de los mecanismos que estudiamos fue el equilibrio de ciertas sustancias internas que ayudan a combatir el daño, como el glutatión, una especie de molécula protectora celular. Cuando este compuesto químico se agota, la semilla se vuelve más vulnerable, aunque aún no lo notemos desde fuera.

Medimos ese equilibrio interno y descubrimos que, en las semillas enterradas, el glutatión se perdía con el tiempo. Es decir, el ambiente interno de la semilla se volvía cada vez más dañino. Podríamos decir que las semillas son como relojes diminutos enterrados en la tierra. Marcan el tiempo en silencio, esperando su momento. Pero incluso el mejor reloj puede detenerse si el óxido lo invade. En el suelo, las condiciones cambian constantemente: hay humedad, calor, microorganismos y otros factores que aceleran ese “óxido interno” y hacen que las semillas envejecan más rápido. En cambio, en el laboratorio, las condiciones son estables y controladas, lo que reduce ese desgaste interno. Por eso, las semillas guardadas en laboratorio mantenían su equilibrio por más tiempo, no sufrían tanto daño y conservaban su capacidad de germinar, incluso después de varios años.



Este hallazgo es importante porque revela que no basta con guardar semillas o dejarlas en la naturaleza esperando a que germinen. Debemos entender cómo viven, cómo se deterioran y cuándo dejan de ser viables. Si una semilla pierde esa capacidad, pierde también su posibilidad de contribuir a la conservación. En otras palabras, el simple acto de almacenar no garantiza la supervivencia.

También observamos que algunos indicadores que se usan comúnmente para detectar el envejecimiento de las semillas, como los residuos generados por el daño a proteínas y grasas, no siempre resultan confiables, ya que no siempre reflejan con claridad si una semilla aún está viva. Por eso proponemos usar ciertas moléculas, como el glutatión. Este compuesto actúa como una especie de sensor interno del estado de la semilla, y su equilibrio puede alertarnos, con mayor precisión, sobre el momento en que una semilla empieza a deteriorarse, incluso antes de que sea evidente por otros métodos.

Este estudio nos recuerda que conservar una especie no empieza con plantar un árbol o abrir una reserva. Comienza mucho antes: con una semilla. Y no cualquier semilla, sino una que aún tenga vida. En un mundo donde muchas plantas están perdiendo su hogar por el cambio climático o por las actividades humanas, no podemos darnos el lujo de perder también sus semillas.

Invertir en investigación, desarrollar mejores formas de monitoreo y entender cómo envejecen las semillas puede marcar la diferencia entre la extinción y la supervivencia. Porque, aunque pequeñas, las semillas cargan con el futuro. Son la promesa de lo que aún puede florecer. Y para muchas cactáceas, esa promesa depende de cuánto entendamos sobre el paso del tiempo en su interior.

Las semillas nos enseñan que la vida puede esperar... pero no para siempre. El envejecimiento es silencioso, casi invisible, pero ocurre. Y si no lo escuchamos a tiempo, podríamos perder especies antes de que siquiera tengan la oportunidad de comenzar su historia.

Una semilla guarda en silencio el mismo anhelo que una persona: echar raíces, resistir el tiempo y, algún día, florecer. Porque toda vida, visible o no, nace con la esperanza de crecer, de abrirse paso y dejar su huella en el mundo.

Vida útil

Periodo dentro del cual un producto es considerado apto para su consumo.

Nanotecnología y seguridad alimentaria: un enfoque innovador

En términos de la seguridad alimentaria, el desperdicio de frutas y verduras tiene gran relevancia, por un lado por la afectación al medio ambiente y, por otro, por la falta de alimentos que se registra a nivel mundial. La nanotecnología con las **nanopartículas** como herramienta es un recurso muy prometedor y de vanguardia en la solución de este tipo de problemas. Las nanopartículas se están explorando ampliamente en los diferentes sectores de la producción y conservación de alimentos, de los que forma parte el área posterior a la cosecha (la poscosecha) de frutas y verduras. En la UAM Iztapalapa estamos aplicando nanopartículas de calcio para la conservación de frutas y verduras, con el objetivo de alargar la **vida de anaquel**, manteniendo una alta calidad y asegurando que sean alimentos adecuados, nutritivos, inocuos y que conserven su sabor característico.

Nanopartículas

Partículas de tamaño entre 1 y 100 nm con propiedades únicas.

Vida de anaquel

Periodo de tiempo en el que un producto alimenticio mantiene su calidad y seguridad para el consumo, y que se considera desde su producción hasta su venta o consumo.

Seguridad alimentaria: definición y desafíos globales

La seguridad alimentaria es un enfoque integral que se refiere a la disponibilidad, acceso y utilización de alimentos seguros, nutritivos y suficientes para satis-

facer las necesidades energéticas y nutricionales de la población, con el fin de mantener una vida saludable. Las frutas y verduras frescas son fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria por su importante aportación de vitaminas, carbohidratos, antioxidantes, fibras, minerales y agua, lo que ayuda a lograr el bienestar y la salud de las personas.

Ahora bien, la acelerada vida urbana actual exige alimentos listos para consumir, con beneficios nutricionales y sensoriales, y que garanticen su inocuidad. En respuesta a esta demanda, y para favorecer el consumo de frutas y verduras, han surgido los productos mínimamente procesados, que son frutas y verduras preparadas, empacadas y mantenidas en refrigeración, listas para su consumo. Sin embargo, el procesamiento induce una mayor velocidad en la maduración y envejecimiento, lo que resulta en una disminución de la calidad y **vida útil** del producto.

A nivel mundial existen grandes desafíos relacionados con el alto crecimiento poblacional y que la seguridad alimentaria se ha centrado en resolver, entre los cuales se encuentran: la falta de alimentos en el mundo, una baja productividad del campo, la degradación de los recursos naturales, altas pérdidas poscosecha y una falta de valor agregado o una disminución de éste, entre otros. La Organización de las Naciones Unidas indica que la población mundial seguirá creciendo y llegará a 10 300 millones de habitantes en el año 2080, lo cual trae una consecuente demanda de alimentos y con ello la disminución de recursos agrícolas y un mayor daño al medio ambiente. Por otro lado, cerca de un tercio de los alimentos que se producen anualmente se pierden, y el 42 % de éstos corresponde a frutas y verduras, lo cual tiene un gran impacto social, económico y ambiental. El problema de las pérdidas de alimentos es grave, ya que 25 000 personas mueren diariamente (WFP, 2021) por falta de alimentos. El desperdicio de frutas y verduras se atribuye a la falta de métodos adecuados de extensión de vida de anaquel de dichos productos, por lo que el desarrollo de nuevas y más eficientes estrategias que ayuden a alcanzar los objetivos de la seguridad alimentaria es una necesidad urgente.

La nanotecnología es una ciencia joven, surgida en las últimas décadas, y que se ocupa de la inves-

tigación, manipulación y desarrollo de tecnologías a escala nanométrica –un nanómetro (nm) es cien mil veces más pequeño que el diámetro de un pelo humano–. Las nanopartículas son una herramienta fundamental en la nanotecnología y constituyen una amplia clase de materiales que tienen un rango de tamaño de entre 1 y 100 nm. Estas partículas, debido a su pequeño tamaño, tienen propiedades únicas que las hacen muy eficientes y útiles para una amplia gama de aplicaciones.

La nanotecnología tiene un enorme potencial de aplicación en la agricultura para el desarrollo de materiales eficientes y amigables con el medio ambiente, como son los nanofertilizantes, nanoherbicidas, nanofungicidas y nanobiosensores.

La nanotecnología en la poscosecha: de la mano para la solución de problemas

Las frutas y verduras poscosecha siguen siendo tejidos vivos, lo que significa que continúan su maduración y envejecimiento, lo que trae como resultado un deterioro de la calidad que comúnmente se observa en el oscurecimiento, pérdida del sabor, ablandamiento de tejidos, marchitez y pérdidas nutricionales del producto; otro factor de deterioro de estos productos es la contaminación por microorganismos. Todo lo anterior contribuye a los altos porcentajes de desperdicio de frutas y verduras.

La poscosecha es una etapa que inicia con la cosecha y concluye cuando el producto ha sido consumido por el consumidor, y por lo general incluye las etapas de selección, empaçado, almacenamiento, refrigerado y distribución; su objetivo es limitar o evitar las pérdidas de la cosecha y asegurar el mantenimiento de la calidad de los productos para el consumidor.

Los avances de la nanotecnología pueden resolver los problemas de la poscosecha mediante el desarrollo de empaques con mejores propiedades físicas e inteligentes, recubrimientos comestibles y aditivos con diferentes funciones, como el control de microorganismos, reforzamiento de la estructura de las frutas y verduras, adición de nutrientes e integración de agentes antimicrobianos, entre otros.

En la Universidad Autónoma Metropolitana estamos uniendo los esfuerzos del Laboratorio de



Postcosecha de Recursos Fitogenéticos y Productos Naturales y el Laboratorio de Evaluación Sensorial y Estudios de Consumidores, con la Universidad Autónoma de Coahuila para la aplicación de nanopartículas de calcio, las cuales son seguras para el consumo humano, con el objetivo de alargar la vida de anaquel de productos poscosecha.

Nuestra investigación ha aplicado nanopartículas de calcio en la sandía (*Citrullus lanatus*) mínimamente procesada. La sandía es un fruto muy complejo, ya que el 90% de su composición es agua, por lo que una vez cortada su deterioro es muy rápido (de 1 a 3 días) y presenta cambios en su textura, disminución del color y dulzura, aunado a una alta susceptibilidad a la contaminación. Todos estos aspectos hacen que la sandía sea un modelo adecuado para la aplicación de nanotecnología. Con la aplicación de las nanopartículas de calcio, se ha logrado alargar la vida de anaquel de la sandía mínimamente procesada de 7 días (que son los tiempos más largos reportados en comercios) a 12 días, lo cual le otorga 5 días más de vida a este producto, con una buena calidad tanto nutricional como de apreciación por

los consumidores, al mantenerse parámetros como la jugosidad, sabor y textura.

Con el desarrollo de este tipo de investigaciones novedosas, hemos logrado disminuir la cantidad de químicos aplicados a las frutas frescas cortadas, ya que al ser más eficiente la nanopartícula, se aplica 100 veces menos cantidad de sustancias químicas y se obtiene una mayor eficiencia en la conservación de las características de los productos tanto en términos nutricionales como sensoriales (sabor, textura, color). Con esto estamos contribuyendo a solucionar la problemática de la seguridad alimentaria, con beneficios tanto sociales como ambientales, pues al alargar la vida de anaquel se reduce el desperdicio de alimentos –lo cual conlleva beneficios económicos para consumidores y productores–, se favorece el acceso a frutas frescas durante más tiempo –con la consecuente mejora de la seguridad alimentaria y la salud– y tiene efectos en el medio ambiente, ya que se generan menos desechos y se aplica una menor cantidad de químicos (Figura 2).

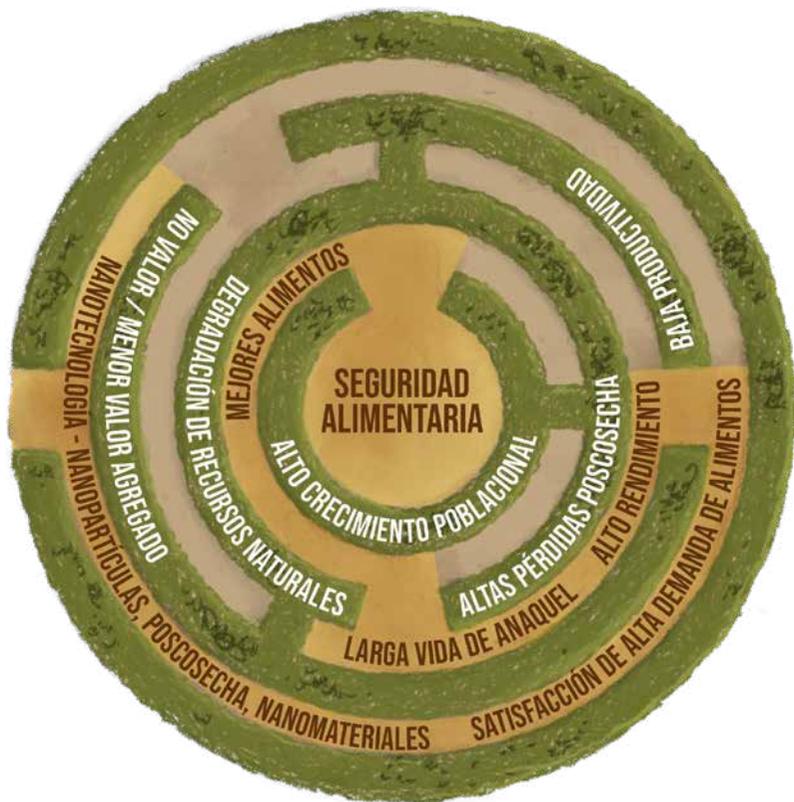


Figura 2. El camino complejo hacia la seguridad alimentaria bloqueada por dificultades y habilitada mediante desarrollos e innovaciones tecnológicas. Crédito: Diego F. T. de la Vega.

Desarrollo de compuestos inspirados en medicamentos conocidos para combatir el cáncer de pulmón

Cada día miles de personas en todo el mundo reciben una noticia difícil: han sido diagnosticadas con cáncer de pulmón. Esta enfermedad es una de las principales causas de muerte relacionada con el cáncer, tanto en hombres como en mujeres. A pesar de los grandes avances científicos y médicos, aún hay muchas personas que no logran recuperarse por completo con los tratamientos disponibles. Esto ha llevado a científicos y científicas a buscar nuevas formas de tratar esta enfermedad.

Un grupo de investigación integrado por el Laboratorio de Química Orgánica y Plantas Medicinales y el Laboratorio de Síntesis Orgánica de la UAM Xochimilco ha desarrollado y probado nuevas moléculas, inspiradas en un medicamento muy conocido, que podrían convertirse en parte de una nueva estrategia para combatir el cáncer de pulmón. Este trabajo es parte de una línea de investigación que explora cómo modificar compuestos existentes para darles nuevas propiedades útiles en la medicina.

El cuerpo humano es una maquinaria increíblemente compleja. Cada parte está formada por millones de células que cumplen funciones específicas. En condiciones normales, las células crecen, se dividen y mueren de forma controlada. Pero cuando este proceso se descontrola, pueden surgir enfermedades como el cáncer.

En el caso del cáncer de pulmón, las células de tejido pulmonar comienzan a crecer sin control y forman masas o tumores que dificultan la respiración y dañan otros órganos si se extienden. Los tratamientos más comunes hoy en día incluyen cirugía, quimioterapia, radiación y algunos medicamentos dirigidos a moléculas específicas. Sin embargo, muchos pacientes no responden bien a estos tratamientos, o los efectos secundarios resultan demasiado fuertes. Por eso, la ciencia sigue buscando nuevas opciones que sean más efectivas, menos tóxicas y más accesibles.

Para entender mejor esta investigación, imagine que cada célula es como una pequeña fábrica. Dentro de esta fábrica hay máquinas, cables, sensores y controles que regulan todo. En ocasiones, algunas

de estas piezas empiezan a fallar o a trabajar de más, como si alguien hubiera pisado el acelerador y no hubiera forma de detenerlo.

Uno de esos “aceleradores” en las células de cáncer se conoce como sigma-1 (σ_1), una proteína (o si lo prefieres, un botón de control) que está mucho más presente en las células cancerosas que en las sanas. Aunque normalmente tiene funciones útiles en las células, en el cáncer se ha observado que su actividad ayuda a que los tumores crezcan más rápido y sobrevivan más tiempo. Entonces, si pudiéramos apagar ese suiche de control, podríamos ralentizar el crecimiento del cáncer o incluso detenerlo (Figura 3).

Aquí es donde entra una parte muy interesante del proyecto. El grupo de investigación decidió tomar un medicamento ya conocido por su uso en otras enfermedades (el haloperidol) y modificar su estructura para convertirlo en una especie de apagador que funcione en sigma-1 y lo apague.

¿Por qué usar un medicamento conocido como punto de partida? Porque ya se sabe mucho sobre su comportamiento en el cuerpo, lo que permite avanzar más rápido y con más seguridad en el desarrollo de nuevos tratamientos. Así se crearon nuevas moléculas diseñadas para unirse al suiche sigma-1 y apagarlo.

La investigación se realizó en varias etapas. Primero, antes de fabricar las moléculas en el laboratorio, se usaron programas de computadora para predecir si estos apagadores realmente trabajaban con el suiche sigma-1. Esta técnica se llama “acoplamiento molecular”, pero podemos imaginarla como una simulación de rompecabezas: se prueba si una pieza funciona bien en un lugar específico. Después, una vez que los modelos por computadora mostraron ser prometedores, se pasó al laboratorio. Allí las moléculas se construyeron paso a paso siguiendo una receta química. Fue como seguir una receta de cocina muy precisa, donde cada ingrediente y cada temperatura debe ser exacta para que el platillo final quede perfecto. Una vez obtenidas las moléculas, se revisaron cuidadosamente para confirmar que eran lo que se esperaba. Finalmente, se realizaron pruebas en células de cáncer de pulmón cultivadas en frascos

para ver si las nuevas moléculas eran capaces de detener su crecimiento o incluso eliminarlas.

Los resultados fueron muy alentadores. Las pruebas de simulación por computadora mostraron que las moléculas lograban un buen acoplamiento con sigma-1, como si fueran apagadores hechos a la medida.

Cuando se pusieron a prueba en células de cáncer de pulmón, las moléculas lograron reducir la cantidad de células cancerígenas vivas. La más efectiva tuvo un efecto muy similar al de un medicamento usado actualmente contra el cáncer –el cisplatino–, pero con la ventaja de que podría tener menos efectos secundarios, aunque eso aún debe estudiarse.

Además, el proceso de fabricación en el laboratorio fue exitoso: se lograron generar las moléculas con muy buen rendimiento, lo cual es importante si algún día se quiere producir a mayor escala. La investigación es innovadora porque reutiliza estudios sobre un medicamento conocido para darle un uso completamente diferente, algo que puede acelerar

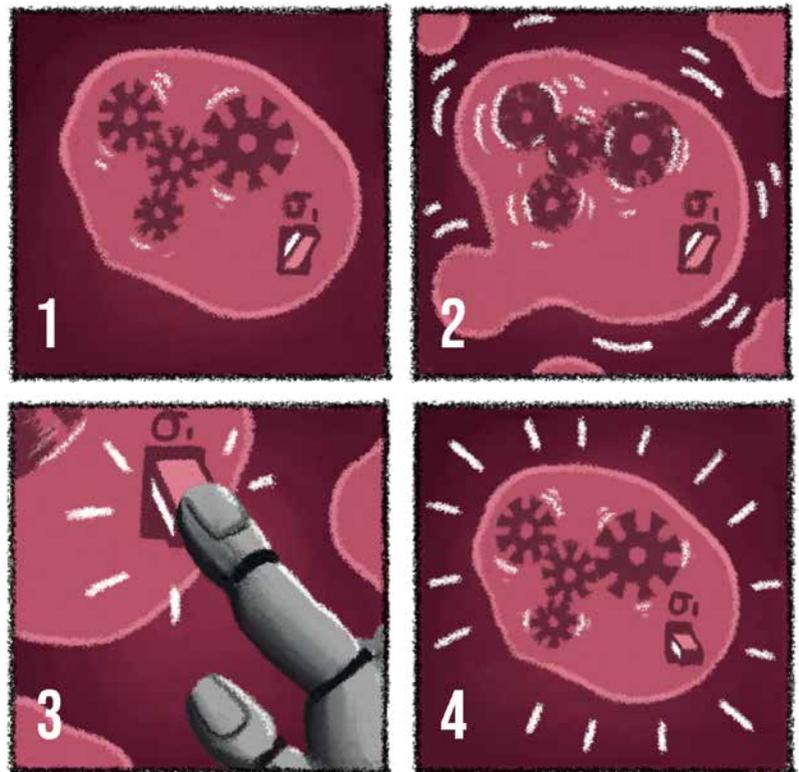


Figura 3. 1) Una célula pulmonar normal; 2) empieza a reproducirse masivamente por “aceleradores” sigma-1 presentes en células cancerígenas; 3) estos aceleradores pueden “apagarse”, y 4) hacer que las células pulmonares vuelvan a su funcionamiento normal. Crédito: Diego F. T. de la Vega.

mucho el desarrollo de nuevos tratamientos. Y, en segundo lugar, se enfoca en un blanco poco común: el apagador sigma-1. Aunque esta proteína ha sido estudiada en otros contextos, su aprovechamiento como “suiche” contra el cáncer todavía está en desarrollo, lo que coloca este trabajo a la vanguardia.

Aunque este estudio aún está en una etapa inicial —es decir, no se ha probado en personas ni en animales—, los resultados abren la puerta a nuevas alternativas en el tratamiento del cáncer de pulmón. En un futuro, estas moléculas podrían usarse solas o junto con otros medicamentos para mejorar la calidad de vida de las personas enfermas. La lucha contra el cáncer es una carrera de largo aliento, pero con investigaciones como ésta se avanza un poco más. Las nuevas moléculas desarrolladas a partir del haloperidol podrían formar parte de ese futuro en el que el cáncer de pulmón no sea una sentencia, sino una enfermedad con más opciones de tratamiento.

Este tipo de investigaciones demuestran la importancia de la ciencia que se desarrolla en laboratorios universitarios. Son pasos pequeños, pero firmes, hacia soluciones reales a problemas que afectan a miles de familias. También inspiran a nuevas generaciones de estudiantes a ver que la química, la biología y la medicina no son materias difíciles, sino herramientas poderosas para cambiar el mundo. La ciencia avanza, y con ella, también lo hace la esperanza.

Entre el refugio y la invasión: ¿cómo sobreviven las aves entre pastos nativos e invasores en el Desierto Chihuahuense?

Los pastizales naturales de Norteamérica forman un corredor biológico que se extiende desde las praderas frías y templadas canadienses hasta el cálido corazón de México. En nuestro país, estos ecosistemas cubren casi 120 000 km², concentrándose principalmente en el vasto Desierto Chihuahuense. Esta región abarca desde el suroeste de Estados Unidos (Texas, Nuevo México y Arizona) hasta nueve estados mexicanos, siendo Chihuahua, Durango, Coahuila y Nuevo León los que albergan la mayor extensión de pastizales y en menor medida estados como Tamaulipas, San Luis Potosí, Jalisco, Guana-

juato, Querétaro e Hidalgo. Es un desierto semiárido con climas extremos, donde los días suelen ser muy calurosos y secos, con noches frías cercanas a los cero grados centígrados; pero aun en estas condiciones, la vida ha logrado adaptarse a los pastizales semiáridos.

En los pastizales semiáridos la vegetación suele estar conformada por matorrales y pastizales, entre zonas rocosas y dunas. Esto permite la presencia de una gran variedad de especies adaptadas a la sequía: se pueden encontrar mamíferos como el berrendo sonoreño (*Antilocapra americana sonoriensis*), un veloz corredor en peligro de extinción; el bisonte americano (*Bison bison*), un búfalo bajo protección especial; el pecarí de collar (*Pecari tajacu*), similar a un jabalí pequeño y que vive en manadas; el coyote (*Canis latrans*), un adaptable depredador; la zorrilla del desierto (*Vulpes macrotis*), un pequeño mamífero carnívoro y de grandes orejas; el tlacoyote o tejón norteamericano (*Taxidea taxus*), un excavador fuerte y resistente; el murciélago magueyero menor (*Leptonycteris yerbabuena*), un polinizador clave para los cactus. También se encuentran aves como el águila real (*Aquila chrysaetos*), símbolo de fuerza en el desierto; el búho cornudo (*Bubo virginianus*), un depredador nocturno imponente; el correcominos norteamericano (*Geococcyx californianus*), ave famosa por su velocidad y apariciones en caricaturas; el guajolote silvestre (*Meleagris gallopavo*), un pariente del pavo doméstico. Además, ésta es una región de especial interés no sólo por su fauna diversa, sino porque es una de las regiones de mayor importancia económica en nuestro país para la agricultura y ganadería extensiva, aunque estas actividades han traído algunas consecuencias negativas, como el deterioro del suelo, la sobreexplotación del agua, la deforestación y la introducción de vegetación no nativa.

Por milenios, los pastizales del Desierto Chihuahuense han estado conformados por más de 140 especies de pastos nativos, dentro de los géneros *Bouteloua*, *Aristida*, *Andropogon*, *Muhlenbergia*, *Sporobolus*, *Heteropogon* e *Hilaria*. Estos pastizales han sustentado una rica comunidad de aves, tanto residentes como migratorias, que comparten su distribución con Canadá y Estados Unidos. Sin embargo, este equilibrio comenzó a afectarse drásticamente a

mediados del siglo xx, debido a cambios radicales en las prácticas ganaderas que provocaron la transformación de los pastizales naturales en la región. En 1956, con el objetivo de mejorar la productividad ganadera, se introdujeron deliberadamente pastos africanos como el zacate rosado (*Melinis repens*), el zacate africano (*Eragrostis lehmanniana*) y el zacate buffel (*Pennisetum ciliare*), entre otros. Actualmente, cerca de 60 especies exóticas se han establecido en la región, muchas de ellas tan extendidas que ya se consideran naturalizadas. ¿Cómo respondieron las aves a esta invasión silenciosa? La respuesta desafía lo que creíamos saber.

La hipótesis tradicional sugería que estas plantas invasoras crearían hábitats menos favorables para las aves que dependen para su alimentación y refugio de los pastizales. Nuestro estudio, primeramente, analizó la distribución de 41 especies de aves a lo largo de todo el Desierto Chihuahuense y reveló una realidad un tanto más compleja: a escala regional, a pesar de que en el tiempo ha ido disminuyendo la presencia de pastos nativos en favor de un incremento de pastos introducidos, esto no ha afectado drásticamente la distribución de las aves. Pero la historia completa sólo se reveló al examinar detenidamente dos zonas

clave: Cuchillas de la Zarca en el estado de Durango y la zona noreste del estado de Guanajuato.

Cuchillas de la Zarca es un área prioritaria para la conservación de pastizal: mantiene una comunidad diversa de pastos nativos, como el pasto navajita (*Bouteloua gracilis*), el zacate toboso (*Hilaria mutica*) y el zacate tres barbas (*Aristida* sp.). Aquí encontramos una amplia comunidad de aves, con especies granívoras como el gorrión pálido (*Spizella pallida*), el zacatero coliblanco (*Pooecetes gramineus*), el gorrión chapulín (*Ammodramus savannarum*), el gorrión sabanero (*Passerculus sandwichensis*) y el gorrión de Cassin (*Peucaea cassinii*). En esta zona estas aves mostraron densidades poblacionales estables y relativamente similares, se entiende que por una mayor riqueza de pastos nativos. En contraste, el noreste de Guanajuato es una zona dominada por monocultivos naturales del zacate rosado (*Melinis repens*). Sorprendentemente, aunque aquí la diversidad de aves es menor, algunas especies –como el gorrión cejas blancas (*Spizella passerina*), el gorrión arlequín (*Chondestes grammacus*) y el gorrión de Lincoln (*Melospiza lincolnii*)– presentan densidades de población mayores, por encima de las mostradas en zonas nativas. Lo anterior indica que las zonas in-



vadidas y dominadas por un solo pasto promueven cambios entre las comunidades de aves, por lo que sólo algunas pueden adaptarse, lo que describiremos a continuación.

El secreto de esta adaptación parece estar relacionado con el menú disponible para las aves. En el Laboratorio de Ecología de Zonas Áridas de la UAM, en colaboración con el Museo de Zoología y el Instituto de Biología de la UNAM, hicimos un seguimiento de las “huellas químicas” de carbono y nitrógeno en el tejido sanguíneo de las aves para saber qué habían comido: si menú nativo o invasor. Gracias a esto, descubrimos que las aves en áreas invadidas

han modificado sus dietas, incorporando recursos de los pastos exóticos sin abandonar completamente los nativos. Esta flexibilidad en su dieta explica cómo algunas especies han logrado sobrevivir en paisajes transformados. Estos hallazgos tienen importantes implicaciones para la conservación, puesto que desde 2007, México participa en un esfuerzo trinacional, con Estados Unidos y Canadá, para proteger los pastizales nativos.

Nuestra investigación sugiere que, mientras se mantengan parches de vegetación nativa, algunas aves pueden adaptarse a la presencia moderada de pastos invasores (Figura 4). Esto no minimiza el va-

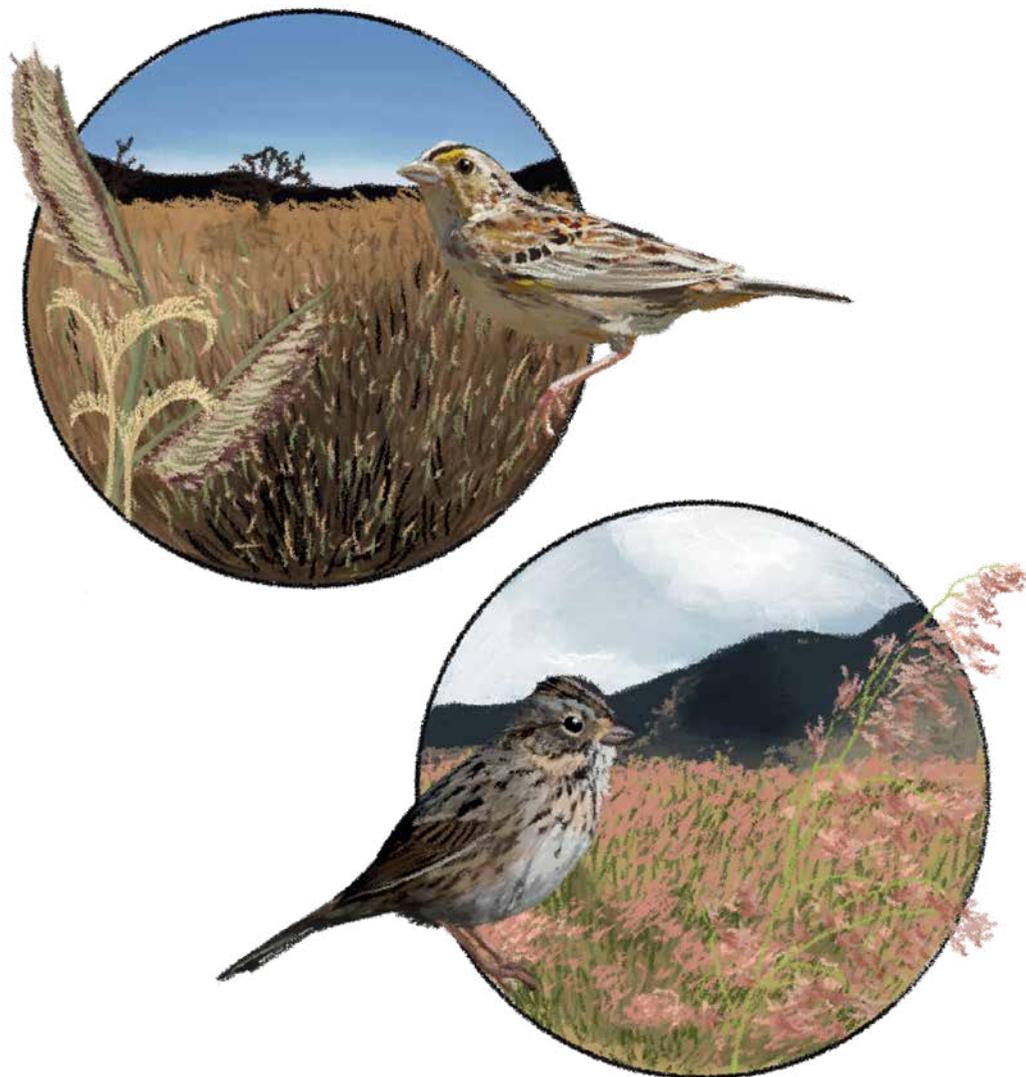


Figura 4. A la izquierda vemos un pasto nativo conocido como navajita (*Bouteloua gracilis*), que sirve de hábitat y alimento para especies nativas de aves. A la derecha vemos un pasto introducido en el Desierto Chihuahuense, conocido como zacate rosado, donde también habitan y se alimentan especies de aves. Crédito: Diego F. T. de la Vega.

lor de los pastizales nativos, esenciales para la biodiversidad nativa, pero ofrece esperanza: incluso en paisajes modificados, las aves demuestran una notable capacidad de resiliencia.

El caso del Desierto Chihuahuense nos enseña que para la conservación hoy día se requiere entender estas dinámicas complejas. Proteger los remanentes nativos mientras se estudian y gestionan las áreas invadidas podría ser la clave para preservar la riqueza aviar de nuestros pastizales en el largo plazo. En un mundo donde los ecosistemas híbridos son cada vez más comunes, entender estas estrategias es vital para diseñar políticas públicas de conservación realistas.

La sección “La vida en pausa... y en decadencia: el tiempo en las semillas” fue escrita el doctor David Alejandro Guzmán Hernández; el apartado “Nanotecnología y seguridad alimentaria: un enfoque innovador” es una aportación de la doctorante Janeth Karina Jacuinde Guzmán; “Desarrollo de compuestos inspirados en medicamentos conocidos para combatir el cáncer de pulmón” es un texto de la doctorante Cristina Martínez Nava, y “Entre el refugio y la invasión: ¿cómo sobreviven las aves entre pastos nativos e invasores en el Desierto Chihuahuense” fue escrito por el doctorante Manuel Palomo Morales, ellas y ellos estudiantes en la Universidad Autónoma Metropolitana.

Lecturas recomendadas

FAO (2025), *Versión resumida de el estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2025: Hacer frente a la inflación alta de los precios de los alimentos en aras de la seguridad alimentaria y la nutrición*, Roma, FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. Disponible en: <https://doi.org/10.4060/CD6015es>, consultado el 21 de agosto de 2025.

Jacuinde-Guzmán, J. K., H. B. Escalona-Buendía, D. Raddatz-Mota, F. Rivera-Cabrera F. y L. A. A. Soriano-Melgar (2025), “Nanopartículas de calcio como alternativa en la conservación de sandía mínimamente procesada”, en M. A. De Leo Winkler y C. A. Abarca García (coords.), *Estrategias de conservación de los socioecosistemas. Un repertorio de proyectos* [ePub], Universidad Autónoma Metropolitana, pp. 400-403. Disponible en: <https://casade librosabiertos.uam.mx/gpd-estrategias-de-conservacion-de-los-socioecosistemas-9786072834378.html>, consultado el 21 de agosto de 2025.

Organización de las Naciones Unidas (ONU) (2024), *Perspectivas de población mundial 2024: Resumen de resultados*, Nueva York, Organización de las Naciones Unidas. https://population.un.org/wpp/assets/Files/WPP2024_Summary-of-Results.pdf, consultado el 21 de agosto de 2025.

World Food Programme (WFP) (2021), “In world of wealth, 9 million people die every year from hunger, WFP Chief tells Food System Summit”, World Food Programme [en línea]. Disponible en: https://www.wfp.org/news/world-wealth-9-million-people-die-every-year-hunger-wfp-chief-tells-food-system-summit?utm_source=chatgpt.com, consultado el 21 de agosto de 2025.

David Alejandro Guzmán Hernández

Egresado de UAM Iztapalapa.
guhd@xanum.uam.mx

Janeth Karina Jacuinde Guzmán

Alumna en UAM Iztapalapa.
cbs2212801228@izt.uam.mx

Cristina Martínez Nava

Alumna en UAM Xochimilco.
2211801779@alumnos.xoc.uam.mx

Manuel Palomo Morales

Alumno de UAM Iztapalapa.
manuelpm.biol@gmail.com