



TAN CLARO COMO EL AGUA

conversatorios

MARTES
18:00 HORAS

LIVE 

@MuseoGotaDeAguaOficial

museogotadeagua.org



Painani

EL MENSAJERO DE LA CIENCIA Y LAS HUMANIDADES

AGUA CON-CIENCIA
POR SIEMPRE

AÑO 4. SEGUNDA TEMPORADA. NÚMERO 15. JUNIO - SEPTIEMBRE 2024.
ISSN EN TRÁMITE. 2024 DISTRIBUCIÓN GRATUITA.



Painani.

LA CIENCIA EN LA VIDA

Fotografía: Sinapsis
Autora: Beatriz Gómez González
Laboratorio de Neurociencias, UAM-I

EL CONSEJO DE LA ABUELA

FILOMENA

GUIÓN: JUAN JOSÉ SANTIBÁNEZ
DIBUJO: JOSÉ LUIS GARCÍA
COLOR: AVELINO

FILTRO CON ZEOLITA Y CARBÓN ACTIVADO



LA CIENCIA EN UNA GOTA DE AGUA*

EN MÉXICO EXISTE UNA LABOR destacadísima en estudios del agua. Investigadores e investigadoras de nuestro país se entregan de tiempo completo e intentan dar salida a los grandes retos que enfrenta nuestro territorio en estos temas. Para informar a la sociedad de los avances científicos, un grupo de profesores de la Universidad Autónoma Metropolitana, impulsan el Museo Gota de Agua, por el momento, con actividades virtuales como los conversatorios Tan claro como el agua, que se transmiten desde 2020; a través de los cuales se han expuesto cerca de cien temas relacionados, por ejemplo, con la reutilización del agua, la importancia de los océanos, las algas y la alimentación, la contaminación, captación de lluvia, aguas residuales y saneamiento, sequía, control de calidad, regulación de descargas de agua tratada, el origen del agua en la Tierra, la calidad del agua, los humedales, agua y cultura, insectos indicadores de la calidad del agua, los cenotes o la participación de las mujeres en la investigación, etc., con la presencia de especialistas representantes de diversas instituciones nacionales, aunque destaca la participación de las y los científicos que pertenecen a la Red del Agua de la UAM, RedAgUAM.

Los conversatorios se llevan a cabo de forma virtual y en directo, los martes a las 18:00 horas por el Facebook @Museo Gota de Agua Oficial. Son conducidos por el doctor Javier Velázquez Moctezuma, acompañado de los doctores Oscar Monroy Hermosillo y Juan José Santibañez Santiago, todos ellos investigadores reconocidos e impulsores de este proyecto.

Ríos, mares, lagos, humedales y otros cuerpos de agua de nuestro territorio (y de todo el mundo) presentan contaminación o escasez o pérdida de especies silvestres; poblaciones humanas de distintas regiones sufren de pobreza, de diversas enfermedades o de situaciones como la migración o la violencia familiar, debido a problemas relacionados con el agua; fenómenos que requieren ser abordados de forma seria, informada, responsable; para ello, la actividad científica es esencial, pero también, su divulgación.



* La redacción.

Literatura recomendada:

Sosa, F. S., & Constantino, R. M. (2023). *Sequía en México*. Universidad Autónoma Metropolitana Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Lerma.

EDITORIAL

PAINANI: NUEVA ÉPOCA

Dr. Javier Velázquez Moctezuma*

Después de un largo período de silencio, no atribuible a los responsables de la revista, Painani vuelve a aparecer en una segunda temporada. El mensajero de la ciencia y las humanidades retoma sus actividades y sus objetivos y relanza un nuevo período enriquecido ahora con más aliados académicos, con mejores experiencias editoriales y con más empatía por parte de los lectores y consumidores de la información contenida en nuestra revista.

Renovamos el compromiso de ligar a la academia con la sociedad, de comunicar a nuestros pares y a la población general los fantásticos proyectos que se desarrollan en nuestra universidad y en otras instituciones académicas prestigiadas. Seguimos convencidos de que la comunidad científica del país, que primordialmente trabaja en universidades públicas, es una comunidad sólida con enormes capacidades y con reconocimiento internacional. Esto debe saberlo la sociedad, primero para que conozca qué se hace con los recursos públicos en nuestras instituciones educativas; segundo para que se sienta satisfecha y orgullosa de contar con grupos de investigación de tan alto nivel y tercero, pero no menos importante, que reconozca que desde las universidades se pueden gestar soluciones a los graves problemas que aquejan a la población, particularmente a quienes menos tienen.

Así, iniciamos con todo entusiasmo esta nueva etapa y deseamos rápidamente reconectarnos con nuestros lectores, con nuestro público interesado en la divulgación de la ciencia y reconstruir este vínculo que nos permita una comunicación bidireccional. ¿Qué información ofrecemos y qué información es la que requiere nuestra sociedad? Como en el pasado, Painani estará abierto permanentemente a las observaciones, sugerencias y peticiones de temas en los que la sociedad esté interesada para que se desarrollen en nuestra revista.

Painani reinicia actividades y seguirá siendo una actividad orientada, no solamente a la comunidad estudiantil preuniversitaria, sino también a la sociedad en general que ha demostrado su avidez por temas científicos. Esperamos ser el vínculo que ayude a que academia y sociedad establezcan una comunicación sólida y productiva. Nuestro pleno compromiso en ese objetivo.

*Profesor-Investigador de la División de Ciencias Biológicas y de la Salud de la UAM-I.

Museo Gota de Agua:

Director

Dr. Juan José Santibañez Santiago

Junta Directiva

Dr. Óscar Monroy Hermosillo

Dr. Javier Velázquez Moctezuma

Editora en jefe

Biol. Exp. Norma Lilia Anaya Vázquez

Diseño gráfico, formación e ilustraciones

Avelino Solano Jiménez

Comité Editorial

Dr. Javier Velázquez Moctezuma

Dr. Óscar Monroy Hermosillo

Dra. María Concepción Gutiérrez Ruiz

Dr. Marcel Pérez Morales

Dra. Margarita Gallegos Martínez

Dr. Roberto Emmanuelle Mercadillo Caballero

Mtro. Roberto Gómez Hernández

Mtro. Ricardo Campos Verdusco

Asesor

Dr. Manuel Arnoldo Castillo Rivera

Contacto

gotadeaguacontacto@gmail.com

 @MuseoGotaDeAguaOficial

 @museogotadeagua177

 museogotadeagua.org

PAINANI. EL MENSAJERO DE LA CIENCIA Y LAS HUMANIDADES. Año 4. Número 15, junio - septiembre 2024, es una publicación cuatrimestral editada por el Museo Gota de Agua. Página electrónica de la revista: museogotadeagua.org, dirección electrónica: gotadeaguacontacto@gmail.com. Responsable de la edición: Museo Gota de Agua. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-053111493000-102, ISSN en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Licitud de Título y Contenido en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones de Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura de los editores de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Museo Gota de Agua.



ÍNDICE

AGUA CON-CIENCIA POR SIEMPRE	3
Juan José Santibañez Santiago y Roberto Gómez	
¿PERDIMOS A LOS TAMAZOLLIS DE IZTAPALAPAN?	6
José Luis Arredondo Camarena	
TAREAS DE PROTECCIÓN CIVIL EN IZTAPALAPA	8
Beatriz Ramírez González	
DRA. ANGÉLICA CAMACHO	
GUARDIANA DE BOSQUES.....	10
Lilia Anaya	
MICROGLIA: EL EJÉRCITO DEL CEREBRO	12
Jessica Avilez Avilez y Beatriz Gómez González	
¿PECES CON PULMONES?	14
María Estela Pérez Cruz, Ignacio A. Morales Salas y J. Jaime Zúñiga Vega	
PLÁSTICOS: UNA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	16
Lirio Jazmín Sánchez Hernández y Patricia Ramírez Romero	
GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ	
CAMINAR Y NO VER A NADIE.....	19
Lilia Anaya	
QUÉ HACE LA CIENCIA	20

GERARDO JORGE CEBALLOS GONZÁLEZ

CAMINAR Y NO VER A NADIE

Por: LILIA ANAYA*



Doctor Gerardo Jorge Ceballos González

pañera; la llamó y la llamó; pasó todo el verano y no la encontró". Esa imagen en su cabeza de un animal completamente solo, buscando compañía en vano, le dejó una angustia muy grande. Quería hacer algo para evitar que otro ser viviera algo similar: "Me angustió mucho pensar que yo podía salir a la calle y que en mi cuadra no hubiese nadie, caminar otra sin ver a nadie, caminar al siguiente pueblo y no ver a nadie, que yo siguiera caminando y no encontrar a ninguna otra persona en todo el planeta. Eso me llenó de ansiedad.

Desde entonces, y aunque no tenía claro cómo o cuándo, supo que se dedicaría "al estudio de los animales"; su familia se dio cuenta de ello, y cuando llegó el momento, lo animaron a estudiar biología; para ello eligió a la UAM Iztapalapa en donde encontró el lugar ideal para crecer como profesional en el ámbito que quería: "Muy joven dije que me quería dedicar a salvar este país en peligro. Fui muy afortunado, mis papás me apoyaron para que fuera biólogo. Estudié en la UAM, en Iztapalapa, recién iniciaba; era un lugar extraordinario para estudiar, tenían muchos recursos, mucho apoyo, etc."

Actualmente, el doctor Jorge Ceballos es un destacado científico del Instituto de Ecología de la UNAM, que llegó a la meta que se planteó desde adolescente: estudiar a los animales y contribuir a su protección. También promueve el cuidado de las especies y sus hábitats, pues de acuerdo con el especialista "nos encontramos en la sexta extinción masiva", derivada de problemas en el medio ambiente ocasionadas principalmente por el "crecimiento de la población, el consumo y las tecnologías ineficientes". Hace un llamado a la sociedad en su conjunto (civiles, empresas, gobierno) para tomar acciones. Señala que México se encuentra entre los países con mayores especies en peligro de extinción y reflexiona: "Perder a las especies y sus ecosistemas, es perder la capacidad de la Tierra de que albergue vida". Caminaremos solos.



Una angustia no solo te quita el sueño, también te puede cambiar la vida. Eso le pasó a Gerardo cuando leyó sobre una pareja de aves que fue separada por una desgracia: "Tenía once años, doce, cuando leí un libro que se llama El Último Chorlito Esquimal, que era uno de los pájaros más abundantes del planeta. Es una novela donde se narra la tragedia de los últimos dos chorlitos, un macho y una hembra, que viajan del Ártico, donde se reproducen, a la Patagonia, para pasar el invierno. Me impactó mucho porque en la novela matan a la hembra; el macho se queda buscando una com-

* Divulgadora y gestora cultural de temas de ciencia.

Las aves marinas son más vulnerables a la ingestión de plásticos, ya que rara vez regurgitan el material duro no digerido. La cantidad ingerida por los organismos varía de acuerdo con sus técnicas de alimentación y dieta. Las gaviotas, las cizallas y los fumareles, se alimentan en la superficie del agua y por ello estos animales son más propensos a la ingestión y enredo plástico. Vinculado a lo anterior, el enredo puede llevar a la mortandad; los efectos se resumen como ahogamiento, sofocación, laceración, disminución de la capacidad de rapiña o aumento de la probabilidad de ser depredado.

Por otra parte, los aditivos químicos añadidos a los plásticos, representan un riesgo para la salud de los organismos (Tabla 1), como los ftalatos que se sabe son cancerígenos. Los plásticos también pueden llevar adheridos a su superficie contaminantes orgánicos persistentes, plaguicidas y metales, los cuales pueden ser bioacumulados, es decir, almacenados en los organismos y transmitidos a través de la cadena trófica, que incluye al ser humano, causando toxicidad.

Otra fuente importante de basura en forma de macrolásticos es la actividad pesquera, ya que desafortunadamente las redes inservibles se arrojan al mar; esto genera lo que se conoce como "redes fantasma", las cuales tienen la capacidad de atrapar y ahogar organismos por un largo tiempo, ya que la mayoría de las redes están hechas de polímeros sintéticos, que tardan cientos de años en degradarse.

Con el objetivo de contrarrestar los problemas ambientales causados por los plásticos se han diseñado los bioplásticos, los cuales son una combi-

nación de derivados de productos vegetales de la caña o el maíz y una parte de polímero sintético. La fracción degradable es vulnerable a la descomposición por parte de bacterias y hongos; sin embargo, el fragmento plástico sigue siendo un problema, pues prácticamente no se degrada. También debe añadirse que para generar los bioplásticos, se utilizan suelos destinados únicamente para la generación de los mismos, lo que contrapone saciar una necesidad primaria como el alimento de la población y cubrir una demanda innecesaria de productos desechables.

En conclusión, la contaminación por plásticos es generada por el uso indiscriminado y la inadecuada gestión de estos productos; como sociedad es importante no contribuir más al deterioro del medioambiente, evitando ocupar productos desechables, reciclando y desechando de manera correcta los residuos. Es primordial hacer conciencia y educar acerca del valor que representa el medioambiente, pues aún quedan organismos por salvar y conservar.



Ilustración de Avelino Solano

Literatura recomendada:

Enciclopedia del Plástico. (1997). Instituto Mexicano del Plástico Industrial.
 Góngora Pérez, J. P. (Septiembre y octubre de 2014). La industria del plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*, 6-9.
 Li, W. C., Tse, H. F., & Fok, L. (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *The Science of the Total Environment*, 566-567, 333-349. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.05.084>
Plastics Europe • Enabling a sustainable future. (2021, junio 16). Plastics Europe. <http://www.plasticseurope.org>
 Thompson, R. C., Swan, S. H., Moore, C. J., & vom Saal, F. S. (2009). Our plastic age. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 364(1526), 1973-1976. <https://doi.org/10.1098/rstb.2009.0054>
Plástico: producción mundial 1950-2021. (s/f). Statista. Recuperado el 26 de marzo de 2024, de <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>

AGUA CON-CIENCIA POR SIEMPRE

Por: JUAN JOSÉ SANTIBÁÑEZ SANTIAGO* Y ROBERTO GÓMEZ**

México es uno de los diez países que más contribuyen con sus emisiones contaminantes al acelerado calentamiento global. Este fenómeno, también conocido como cambio climático, ha provocado eventos climáticos extremos, que van de intensas lluvias en pocas horas, a severas sequías. Un elemento que empeora estas condiciones es la difícil previsibilidad de su ocurrencia, de tal suerte que el manejo de las situaciones de riesgo, representa igualmente una gran dificultad.

Un caso aún no de la magnitud de lo que ha ocurrido en California, Japón, Brasil, Perú o Ar-

gentina se registró en la capital del país durante la temporada de lluvias de 2016. Durante el mes de mayo, una alta precipitación de 80 mm inundó severamente la zona norte, y situaciones semejantes se registraron en los meses de julio y septiembre. Los picos máximos de lluvia rebasaron lo alcanzado históricamente en décadas anteriores. El fenómeno repitió récords ya observados durante 2014, cuando en septiembre casi se alcanzan los 100 mm de precipitación en la zona oriente de la ahora alcaldía Iztapalapa. El registro de mayores lluvias, hasta entonces, había alcanzado los 70 mm como tope máximo. Es decir, tenemos ya tres



USOS



Cosecha de agua de lluvia en viviendas. Infografía elaborada por el maestro Roberto Gómez, para la UAM-I.

* Profesor Investigador del Departamento de Sociología de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, UAM-I.
 ** Experto y consultor en temas del manejo integral del ciclo del agua.

Beneficios

- Es la mejor forma de aprovechar la abundancia de lluvia.
- Es una opción para complementar o aumentar el abasto del agua que se emplea en la limpieza, sanitarios y mantenimiento de áreas verdes.
- Se construye e instala fácilmente, incluso en lugares lejanos o de difícil acceso.
- Promueve el trabajo conjunto de maestros, alumnos y padres de familia.
- El agua cosechada, generalmente, es limpia y su calidad suele ser aceptable para muchos propósitos, incluso, si se quiere almacenar, se hace a través de métodos sencillos.
- Reduce los escurrimientos de agua pluvial en calles y en el sistema de drenaje.
- Ahorra recursos en la extracción, purificación y transporte.
- Ayuda a la creación de una cultura ambiental y motiva a la gente a aprovechar el agua de lluvia.

Superficies de cosecha



Cosecha de agua de lluvia en azotea



Cosecha de agua de lluvia en pisos

Instalaciones



Cosecha de agua de lluvia en viviendas. Infografía elaborada por el maestro Roberto Gómez, para la UAM-I.

años continuos en que recibimos volúmenes sumamente importantes en un solo acontecimiento, aunque el promedio anual no sufre modificaciones significativas.

Naturalmente, los volúmenes registrados producen enormes inundaciones, agravadas por el envejecimiento de los sistemas de desalojo de agua de nuestra ciudad. Un problema surgido de esta tendencia ocurre dentro del propio período de lluvias, debido a que los fenómenos extremos se presentan en días específicos y no se incrementa el total de la precipitación anual; lo que sucede es que se registran más días secos. Es decir, de la misma manera que se han registrado fenómenos extremos de precipitación, éstos son seguidos de extremas sequías (California en 2016 o España en este año). Dentro de la misma temporada anual de lluvias, se presentan días de intensas precipitaciones con muchos días sin ellas.

La previsión de estos cambios, desafortunadamente, no ha sido posible, no sólo por la estructura del conocimiento meteorológico disponible en

cualquier país, sino porque se desconoce acerca de la profundidad, extensión y naturaleza del Calentamiento Global. Tenemos, entonces, un problema que se empeora por falta de información.

Lo anterior multiplica los riesgos del impacto social y económico de inundaciones que son calificadas por su amplitud y capacidad destructiva. En el 2016, la provincia japonesa de Kumamoto —recientemente golpeada por un enorme terremoto— recibió alrededor de 800 mm de lluvia en dos días. Eso suma más del total que México recibe en un año. Esos volúmenes de lluvia, en poco tiempo provocaron enormes deslizamientos de tierra, desgajamientos de cerros y, en consecuencia, destrucción de numerosas casas, muertos y aislamientos derivados de daños a carreteras, vías de comunicación telefónica, falta de alimentos, etc. Una imagen del probable destino de casi cualquier sitio del planeta.

Inundaciones y luego sequías. Estrés o sobrecarga de los sistemas de desalojo de aguas, y

Tabla 1.

Principales tipos de plástico con mayor producción a nivel mundial (traducido de PlasticsEurope, 2015)

Tipo	Uso/aplicación	Efectos en la salud
Polietileno de alta densidad (HDPE)	Botellas de detergente, jarras de leche, tuberías, molduras, aislantes.	Liberan sustancias estrogénicas y causan cambios en la estructura de las células humanas.
Polietileno de baja densidad (LDPE)	Muebles de exterior, revestimientos, baldosas de suelo, cortinas de ducha, películas.	No existen reportes.
Cloruro de polivinilo (PVC)	Tubos de plomería y canalones, cortinas de ducha, marcos de ventanas, suelos, películas.	Provocan cáncer, defectos congénitos, bronquitis crónica, úlceras, enfermedades de la piel, sordera, insuficiencia visual, indigestión y disfunción hepática.
Poliestireno (PS)	Envases de espuma, recipientes de alimentos, vajillas de plástico, vasos desechables, platos, cubiertos, CD, cajas de casete, tanques, jarras, materiales de construcción (aislamiento).	Irrita los ojos, nariz y garganta; puede causar mareos e inconsciencia. Migra a los alimentos y almacena la grasa corporal. Tasas elevadas de cánceres linfáticos y hematopoyéticos.
Polipropileno (PP)	Tapas de botellas, envases de yogur, electrodomésticos, defensa de coche, tubos de presión, tanques y jarras.	Son atractivos para algunos organismos y al ingerirlos lastiman el tracto digestivo.
El tereftalato de polietileno (PET)	Botellas de bebidas carbonatadas, tarros de mantequilla de maní, película, embalaje para microondas, tuberías, moldeo por aislamiento.	Carcinógeno potencial.

un solo uso, y por ende se convierten en residuos de manera rápida.

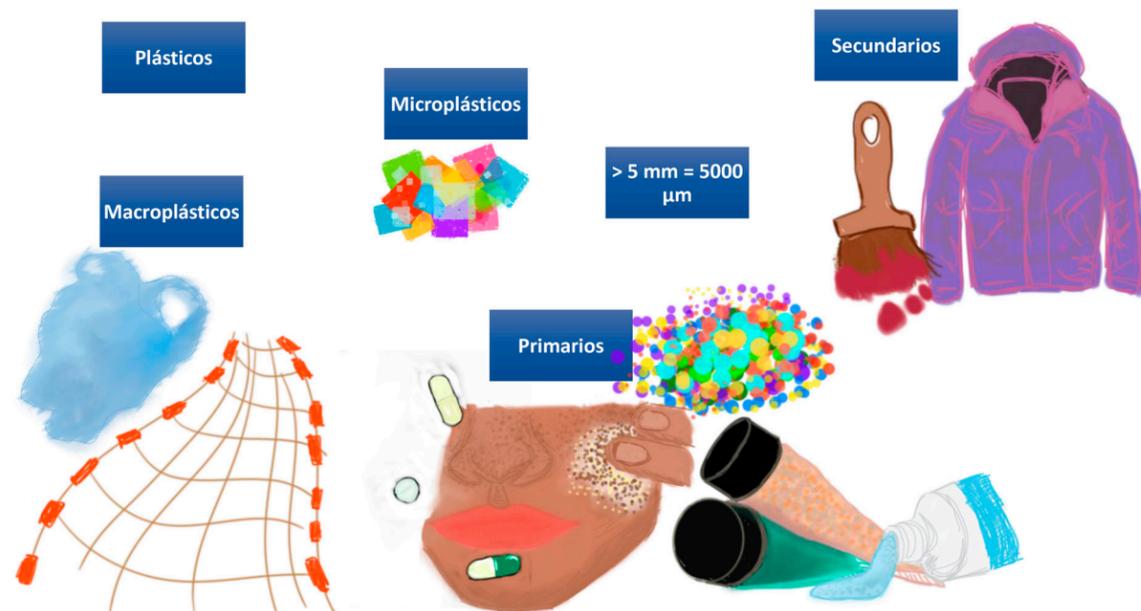
La inadecuada gestión de los residuos sólidos urbanos contribuye al aumento y acumulación de los mismos en los fondos marinos, la columna de agua, la superficie marina y las costas. Se calcula que cada año se vierten al mar entre 8 y 10 millones de toneladas de basura, de los cuales entre el 60 % y el 90 % son plásticos (Thompson et al., 2009).

Diversos estudios han reportado las afectaciones que los macroplásticos (plásticos grandes) tienen en el ecosistema; se sabe que peces, tortugas, aves y más de 250 especies de mamíferos como focas, lobos marinos, ballenas, delfines ingieren

plásticos, ocasionando bloqueo gastrointestinal, problemas de estímulos alimenticios, bajos niveles en su actividad y sobre todo enredos. Adicionalmente, debido a diversos factores físicos (olas, luz UV, intemperización, etc.) los macroplásticos se fragmentan en el ambiente y, como consecuencia, están disponibles para su ingestión por una amplia gama de organismos; a estas partículas se les conoce como microplásticos y su tamaño es inferior a los 5 milímetros. A la fecha, no existen métodos para retirar estas partículas del medio marino. Si esta contaminación continúa, de las 972.000 especies marinas estimadas, cada año morirán cien mil mamíferos marinos y más de un millón de aves. Así mismo, se estima que el 99 % de las aves marinas habrán ingerido plástico para el año 2050 (Li et al., 2016).

PLÁSTICOS: UNA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Por: LIRIO JAZMÍN SÁNCHEZ HERNÁNDEZ Y PATRICIA RAMÍREZ ROMERO*



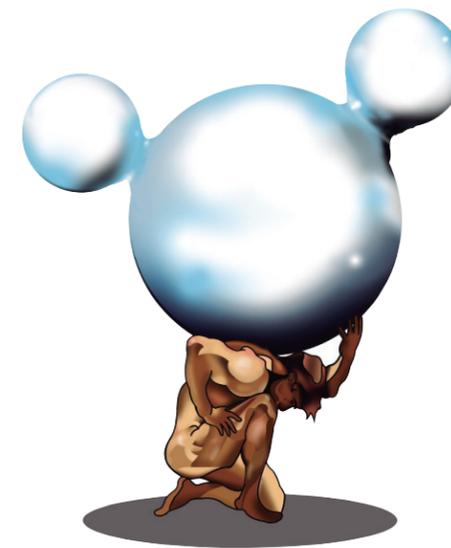
Actualmente la contaminación por plásticos es un problema mundial y es percibida como una de las formas más graves de contaminación en costas, océanos y cuerpos de agua dulce. Esto se debe a que en general dichos residuos se manejan de forma inadecuada y la basura acaba en el mar, transportada por las corrientes oceánicas, donde los giros oceánicos la concentran en las zonas llamadas “islas de plásticos”.

La palabra plástico deriva del griego *plastikos* que significa capaz de ser moldeado y se aplica a una amplia gama de materiales que pueden ser formados, moldeados, hilados o aplicados como revestimiento. Los plásticos son compuestos sintéticos derivados del petróleo o gas, y en el proceso de elaboración se le agregan diversos aditivos químicos para obtener las características requeridas y mejorar el rendimiento de los mismos.

En la actualidad estos materiales ocupan un lugar sobresaliente en la economía; son empleados en el mercado por su bajo costo, ligeros, durables y resistentes a la corrosión; además, de ser un material aislante y térmico. Con respecto a la producción mundial de plástico, en el año 2020 se alcanzaron los 370 millones de toneladas (Statista, 2023), pues la versatilidad y diversidad de estos permite su incorporación a cualquier proceso productivo o producto final.

En cuanto al tipo de polímeros empleados, de acuerdo con PlasticsEurope (2015), se pueden distinguir seis grandes categorías, con variadas aplicaciones en diversas industrias (Tabla 1), estos representan alrededor del 90 % de la industria total de plástico en el mundo. Las estadísticas muestran que más de un tercio de los plásticos están destinados a envases desechables, empaque y almacenamiento, la mayoría de los cuales son de

* Laboratorio de Ecotoxicología, UAM-I.



sequía de las fuentes de abastecimiento para las metrópolis. Problema mucho peor si la metrópoli vive, como es el caso de la Ciudad de México, una situación de escasez estructural de agua.

En este contexto, la UAM Iztapalapa ha desarrollado un proyecto de construcción de sistemas de cosecha de agua de lluvia en escala local. Para someter a prueba la capacidad de un sistema miniaturizado de captación-almacenamiento-potabilización y consumo de agua. Se eligieron escuelas en zonas con severa escasez, que, además, representarían situaciones de extrema dificultad técnica para su abasto. La sierra de Santa Catarina en Iztapalapa resultó un buen lugar.

La urbanización de esta zona, como muchas del borde de la microcuenca del oriente de la Ciudad de México, ha impermeabilizado suelos de origen volcánico, lo que interrumpió el ciclo de recarga del acuífero, multiplicando más que geométricamente la sobreexplotación del acuífero. El volumen infiltrado antes de la urbanización podía alcanzar, en esos suelos porosos, hasta un 90%. Tras la urbanización, tenemos apenas un coeficiente del 10%. Naturalmente, esto ha resultado en el escurrimiento de enormes volúmenes de agua que inundan las faldas de la sierra y más allá.

Construimos unidades de captación que se apoyaron en áreas escolares; en centros educativos que representan el impacto más costoso de la falta de agua, pues no podían tener clases de

acuerdo a su calendario, porque carecían de este líquido para sus sanitarios.

Los resultados del modelo miniaturizado, en relación con el macro modelo que rige el desabasto en la Ciudad de México, demostraron que esta escala “la escolar” es más eficiente en su capacidad de almacenamiento, con coeficientes de hasta 30 litros de agua para el consumo diario per cápita en los sanitarios; y hasta 3 litros diarios por estudiante de agua potabilizada para bebederos en sus centros. Desde luego, más, de lo que la red urbana puede ofrecer en realidad.

La ciencia aconsejó, en este caso, solo un sistema de captación. Se propusieron sistemas de filtración por escalas de sedimentos por contener; de modo que con filtros de arena, zeolita y antracita, se retienen sedimentos de hasta 5 micras para tener agua de muy buena calidad para sanitarios y contacto con la piel. Mientras que utilizando un sistema de potabilización con lámpara quirúrgica led se potabiliza el agua para consumo humano, obteniendo la calidad que señala la norma aprobada por la Secretaría de Salud mexicana. El trabajo de la ciencia no concluye ahí. Se han monitoreado distintos sistemas de captación en varios sitios de esta zona en Iztapalapa, comparando constantemente la calidad del agua consumida con la disponible en los hogares circundantes de esas escuelas. Los resultados son sumamente interesantes. Siempre la calidad del agua de lluvia es mejor, pero el resultado es soberbio, si se considera que las escuelas tienen una disponibilidad permanente, mientras que las viviendas pueden pasar hasta cinco semanas sin agua.

Estos resultados apenas indican qué camino debe seguir la investigación universitaria, cuando la entendemos como la búsqueda de hallazgos para resolver no sólo problemas de orden científico, sino para resolver problemas cruciales de nuestras sociedades. Una solución no es, en esta ruta, una provisión excepcional de un recurso tan escaso como el agua. Es, en síntesis, una solución que asegura **un futuro con agua por siempre.**

Literatura recomendada:

Petit, A., Devkota, J., Phillips, R., Vargas, M. V., Josa, A., Gabarrell, X., Rieradevall, J., & Apul, D. (2017). Ciclo de vida y modelado hidrológico de la recolección de agua de lluvia en los barrios urbanos: implicaciones de la forma urbana y los patrones de demanda de agua en los EE. UU. y España. *Elsevier*.



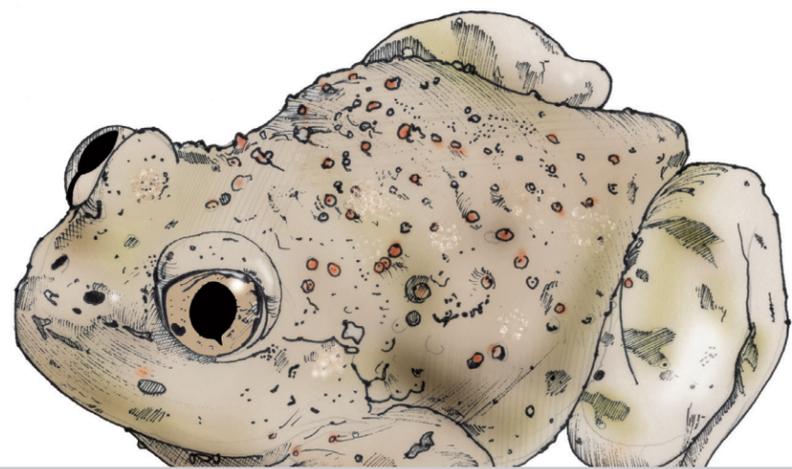
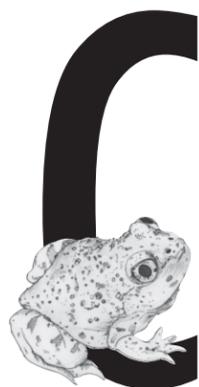


Ilustración de Avelino Solano

¿PERDIMOS A LOS TAMAZOLLIS DE IZTAPALAPAN?

Por: JOSÉ LUIS ARREDONDO CAMARENA*



Cuando era niño, allá por la década de los setenta, esperábamos con mucho entusiasmo la temporada de lluvias, no sólo porque todo se llenaba de pastos y flores, sino porque además teníamos el privilegio de escuchar una sinfonía nocturna sin igual en el año: la de los murciélagos, grillos y de una que otra lechuza, pero principalmente la del que yo denominaba “el señor de la noche”, el *tamazolli*.

Durante el día, nos regocijábamos mi hermano Jorge y yo viendo los cientos de renacuajos que como magia aparecían en las charcas de agua que por donde quiera abundaban en la colonia El Retoño, dentro de la demarcación de Iztapalapa, evocando aquella hipótesis de la “Generación espontánea”. Y después de 15 o 16 días, las banquetas y calles se transformaban en una auténtica “estera de vida: cientos, tal vez miles de *tamazollis* brincando por doquier; era un verdadero espectáculo de energía, se podían ver hembras y machos en un frenesí de amor contra el tiempo, pues en pocas semanas todo

volvía a la “normalidad”, desaparecían tal como aparecieron: de la noche a la mañana. Sin embargo, tristemente ese evento natural tan espectacular dejó de verse desde hace décadas, sólo quedan algunas zonas muy particulares en la Ciudad de México, donde con mucha suerte podemos encontrar al *Spea multiplicata* o sapito pala, pero ahora les platico algo más de este cantador anfibio.

Mide unos 5 cm de longitud, de ojos grandes con pupilas verticales, sus pies y dedos son robustos, tiene un tubérculo metatarsal de color negro en la base de las patas traseras, infinidad de tubérculos y verrugas rojizas cubren su piel; por lo general su coloración va del gris al café, con puntos oscuros en la parte ventral, que es de color claro; los machos son más pequeños que las hembras. En general, los *bufónidos* carecen de dientes y presentan glándulas paratoides en la parte anterior de la cabeza; las glándulas contienen diferentes toxinas, con efectos diversos.

Los *tamazollis* se alimentan de invertebrados en los bosques de encino, zonas áridas y sembradíos, entre otros lugares donde habitan; se distribuyen

* Maestro en Ciencias Biológicas por la Universidad de Tampa.

Fotos de Marco Aguilar Hernández



Imágenes: Pez pulmonado africano del género *Protopterus*.



Seis especies de peces pulmonados existen en la actualidad. Cuatro de ellas en África pertenecientes al género *Protopterus*, una en Australia (*Neoceratodus forsteri*) y otra más en Sudamérica (*Lepidosiren paradoxa*). Todas ellas habitan en ecosistemas de agua dulce. El pez pulmonado de Australia es estrictamente acuático, aunque ocasionalmente realiza pequeños desplazamientos fuera del agua. Las especies de África y Sudamérica viven en ríos y pantanos que se secan casi por completo durante la época de estiaje. Aun así, estos peces con pulmones son capaces de sobrevivir la temporada seca gracias a que pueden respirar el oxígeno del aire. Ellos cavan pequeñas madrigueras en el lodo y secretan una mucosidad abundante con la que forman una especie de capullo que los protege. Su cuerpo permanece en un estado similar al de la hibernación y respiran el oxígeno del aire a través de un pequeño agujero en su capullo. Este período puede durar de cuatro a seis meses. Al llegar de nuevo la época de lluvias, los pantanos y los ríos se llenan de agua y, entonces, los peces pulmonados abandonan sus madrigueras y regresan a su actividad.

Los primeros antepasados de estos peces con pulmones surgieron aproximadamente hace 400 millones de años. Los fósiles más antiguos se parecen mucho a las especies actuales, por lo que estos peces no han cambiado mucho a lo largo de los años. La importancia de estos radica en que todos los tetrápodos terrestres (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) descendemos de antiguos peces pulmonados. La presencia de pulmones funcionales y de aletas pares con un esqueleto interno, entre otros rasgos, revela el gran parecido entre estos peces y los primeros anfibios que colonizaron los ambientes terrestres. Además, el estudio de los peces pulmonados nos ha permitido entender cómo fue el paso evolutivo del medio acuático al terrestre. Un estudio realizado en la Universidad de Chicago por Heather King y colaboradores en 2011, demostró que los peces pulmonados africanos son capaces de levantar su cuerpo del sustrato al utilizar sus delgadas extremidades pélvicas para arrastrarse hacia adelante. Estos autores también mostraron que pueden desplazarse en el fondo de sus acuarios dando “pasos” con sus aletas pélvicas. El interesante estudio indica que los primeros pasos fueron dados dentro del agua y no en la tierra, puesto que los elementos anatómicos necesarios para caminar aparecieron en antiguos peces pulmonados.



Literatura recomendada:

- Amemiya, C. T., Alföldi, J., Lee, A. P., Fan, S., Philippe, H., MacCallum, I., Braasch, I., Manousaki, T., Schneider, I., Rohner, N., Organ, C., Chalopin, D., Smith, J. J., Robinson, M., Dorrington, R. A., Gerdol, M., Aken, B., Biscotti, M. A., Barucca, M., ... Lindblad-Toh, K. (2013). The African coelacanth genome provides insights into tetrapod evolution. *Nature*, 496(7445), 311–316. <https://doi.org/10.1038/nature12027>
- Chew, S. F., Chan, N. K., Loong, A. M., Hiong, K. C., Tam, W. L., & Ip, Y. K. (2004). Nitrogen metabolism in the African lungfish (*Protopterus dolloi*) aestivating in a mucus cocoon on land. *Journal of Experimental Biology*, 5(207), 777–786.
- King, H. M., Shubin, N. H., Coates, M. I. & Hale, M. E. (2011). Behavioral evidence for the evolution of walking and bounding before terrestriality in sarcopterygian fishes. *Biological Sciences*, 108(52), 21146–21151.

¿PECES CON PULMONES?

Por: POR MARÍA ESTELA PÉREZ CRUZ*, IGNACIO A. MORALES SALAS** y J. JAIME ZÚÑIGA VEGA**

Todos sabemos que los peces son animales acuáticos, que para respirar poseen órganos denominados branquias, que se ubican en ambos lados de la parte posterior de la cabeza. Las branquias son estructuras en forma de láminas delgadas que tienen múltiples vasos sanguíneos y su función es coleccionar el oxígeno que está disuelto en el agua. Sin embargo, hay algunos peces que son una interesante excepción a esta regla. Existe un grupo de ellos conocido como peces pulmonados. Se llaman así porque presentan pulmones funcionales. En su etapa larval poseen branquias externas que son temporales, pues cuando son adultos desarrollan orificios nasales abiertos al exterior, que curiosamente les sirven como sentido del olfato y no para respirar aire. Captan el aire del ambiente a través de la boca y de ahí es llevado hasta los pulmones. Se caracterizan también por presentar aletas pares lobuladas. Esto quiere decir que sus aletas no están solamente conformadas por espinas o radios como en la mayoría de los peces, sino que son apéndices carnosos con un esqueleto interno bien desarrollado.

Los peces pulmonados a los que nos referimos en este artículo pertenecen a la subclase Sarcopterygii (peces con aletas carnosas) y, dentro de ésta, al superorden Dipnoi. Sin embargo, es muy importante destacar que algunos peces de la otra subclase de peces óseos, Actinopterygii, (peces con aletas espinosas) también son capaces de obtener oxígeno del aire. Tal es el caso de especies de las familias Polypteridae (bichires) y Lepisosteidae (pejelagartos) que tienen una vejiga natatoria modificada con la cual pueden respirar aire.

El cuerpo de las especies existentes de peces pulmonados es alargado, algo parecido al de las anguilas. En la mayoría de estas especies las aletas pectorales y pélvicas se han reducido notablemente hasta parecer filamentos. Su alimentación está basada en otros peces, moluscos, crustáceos y material vegetal. Algunas especies de pulmonados pueden medir más de metro y medio y alcanzar un peso mayor a los 40 kilogramos.

* Unidad de Servicio Académico Acuario, Facultad de Ciencias, UNAM.

**Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.

desde el noreste de Oaxaca hacia el centro en la Ciudad de México y hasta la frontera norte del país. Son de hábitos nocturnos; en la época de apareamiento, el macho se aferra a la espalda de la hembra, tratando de impedir que otros machos se suban a ella, que es ovípara, y que puede depositar decenas de huevos en los charcos; los huevos eclosionan en 48 horas y los renacuajos se transforman rápidamente en sapitos jóvenes en 16 días. En época de secas, los individuos se esconden bajo tierra durante largos periodos; un cambio en su población puede ser indicio de alteraciones en el clima, convirtiendo al anfibio en un buen indicador del estado ambiental.

En la medicina tradicional los anfibios tienen un papel preponderante, ya que desde la época prehispánica el sapo se usa para curar el espanto o susto, empleando la carne y sangre del animal; también se usa para “limpias” en algunas regiones del sureste mexicano, y es empleado contra la erisipela. Así, podemos citar numerosos ejemplos. Penosamente, a pesar que los anfibios mantienen un lugar preponderante en la cultura mexicana, atraviesan una situación de conservación muy complicada. La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

calcula que más de la mitad de las especies que habitan en territorio mexicano se encuentran en algún grado de riesgo de extinción, debido a diversas actividades humanas como la transformación del hábitat, la contaminación de los cuerpos de agua, la sobreexplotación de las especies y la introducción de especies exóticas.

Para garantizar la permanencia de las especies de anfibios, son necesarias varias acciones. Debemos tener conciencia de la importancia de la conservación de estos animales, por el papel que tienen en los ecosistemas donde habitan; se deben implementar estrategias de conservación que aseguren la integridad de su hábitat, y que permitan su uso razonable en distintos ámbitos; además, es necesario establecer planes de manejo para un uso sostenible y generar biotopos donde se les pueda reproducir con distintos fines. Así, se podrá lograr que las poblaciones de anfibios mexicanos no sigan decreciendo y, además, conseguir que las expresiones y los usos dados a estos organismos desde hace cientos de años no se vean afectados. Su estatus, sin categoría en la norma oficial NOM-059-SEMARNAT-2010.



Clasificación Taxonómica:

Reino: Animal
Filio: Cordado
Subfilio: Vertebrado
Clase: Anfibia
Orden: Anuros
Suborden: Neobatracios
Familia: Bufonidae
Género: *Spea*
Especie: *multiplicata*

Literatura recomendada:

Halliday, T., & Adler, K. (2007). *La gran enciclopedia de los anfibios y los reptiles*.

Zweifel, R. G. (1998b). *Encyclopedia of Reptiles & Amphibians*.



TAREAS DE PROTECCIÓN CIVIL EN IZTAPALAPA**

Por: BEATRIZ RAMÍREZ GONZÁLEZ*

La Delegación Iztapalapa ocupa una extensión de 116 km², prácticamente la mitad de su actual territorio fue parte de los lagos de México y Xochimilco, lo que implica niveles de suelo diferenciados y a su vez representa riesgos de inundaciones en caso de lluvias excesivas, o atípicas, como se les ha dado en llamar.

Por otro lado, se formaron una gran cantidad de grietas que hasta hace unos cincuenta años no eran visibles, por eso se empezó a habitar ahí; pero luego se extendieron hacia la superficie, ya sea por movimientos telúricos o por excesiva extracción de agua de los mantos acuíferos, generando daños en casas y vialidades, formando en ocasiones grandes socavones, como el de la Colonia Lomas de San Lorenzo en julio de 2007, donde cayó un auto y falleció el joven que lo manejaba.

De este tema se encarga el Centro de Evaluación de Riesgos Geológicos (CERG), creado con el apoyo del Centro de Geociencias de la UNAM y que funcio-

na en colaboración con la Dirección de Protección Civil de esta demarcación. El CERG realizó un mapa de grietas de la demarcación que muestra que 30% de su territorio presenta ese problema; las más grandes se ubican en los pueblos de San Lorenzo Tezonco, Santa Martha Acatitla y Santa Cruz Meyehualco, en las colonias Peñón del Marqués, Consejo Agrarista, El Molino y en la Unidad Habitacional Ermita Zaragoza. Desde hace muchos años, los habitantes de esas zonas han padecido daños estructurales en sus viviendas a causa de esas grietas; y ante la imposibilidad económica de mudarse a otros sitios, han aprendido con la asesoría de funcionarios de la Dirección de Protección Civil a reparar los daños: reforzando columnas y trabes, colocando malla de alambre para sostener paredes agrietadas, repellando éstas con cemento (aplanando), para darles mayor resistencia y así evitar el desplome súbito, como el que hubiera ocurrido por el temblor del 19 de septiembre de 2017. Donde sí hubo numerosos daños materiales, pero pocos casos de pérdidas humanas, sólo se regis-

* Cronista de Iztapalapa.

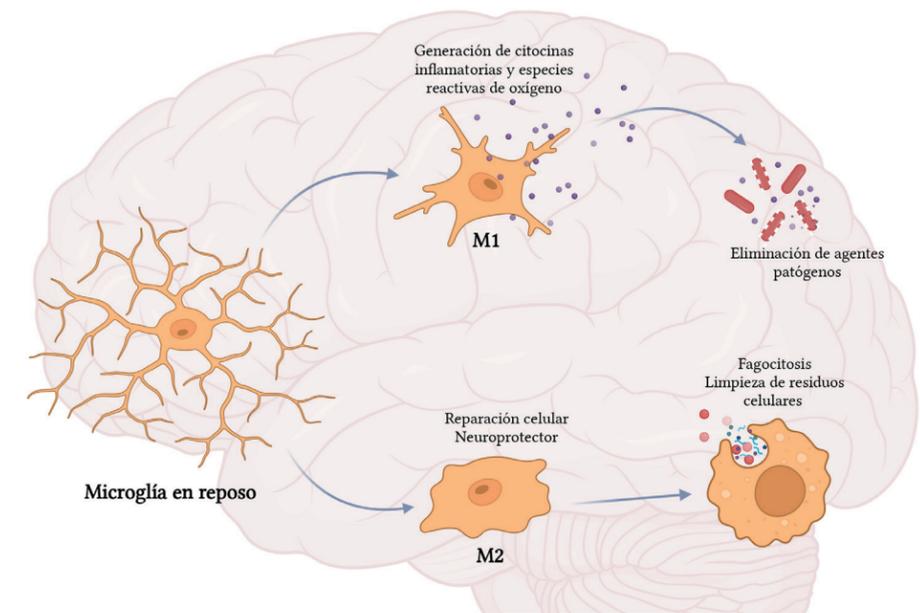


Figura 1. Funciones de la microglía. La microglía es una célula inmune residente en el sistema nervioso central. La microglía presenta dos fenotipos principales en respuesta a estímulos adversos en el cerebro, el M1 y el M2. El fenotipo M1 responde frente a invasiones de agentes extraños al cerebro induciendo su eliminación mediante moléculas específicas. El fenotipo M2 puede promover la reparación del daño del sistema nervioso.

de otras células nerviosas que se encuentran dañadas y que puedan representar daño a las importantes funciones del cerebro. Interesantemente, la microglía fagocítica es muy común en etapas tempranas del desarrollo del sistema nervioso, ya que muchas células tienen que ser eliminadas en la construcción del sistema nervioso adulto.

Todos esos cambios morfológicos y fisiológicos que presenta la microglía se llevan a cabo en respuesta a modificaciones en el microambiente cerebral, debido a que el medio contiene diversas moléculas que son liberadas por otras células y que permiten mantener la comunicación entre ellas. La microglía detecta todas esas señales químicas mediante diversos receptores; se sabe que cuenta con receptores para neurotransmisores como el glutamato, dopamina, adrenalina y acetilcolina; también puede detectar moléculas provenientes de células no nerviosas, como las generadas por células inmunes o vasculares.

La microglía es un tipo celular que cumple con muchas funciones importantes dentro del sistema nervioso central y que es fundamental para mantener un equilibrio del microambiente neural y el correcto funcionamiento del mismo. A pesar de que no es tan conocida como otras células, cada vez se estudia más y se conocen más de sus funciones. En el Área de Neurociencias de la UAM Iztapalapa estudiamos el papel de la microglía en la regulación del funcionamiento de los vasos sanguíneos cerebrales durante la pérdida crónica de sueño. Con esta investigación se busca determinar cómo la microglía puede contribuir al daño generado después de períodos prolongados de pérdida de sueño.



MICROGLIA: EL EJÉRCITO DEL CEREBRO

Por: JESSICA AVILEZ AVILEZ* y BEATRIZ GÓMEZ GONZÁLEZ**

El sistema nervioso central se caracteriza por presentar células con funciones muy particulares, las más conocidas y estudiadas son las neuronas; sin embargo las neuronas no son las únicas células que residen en el sistema nervioso central o las únicas que forman el cerebro. Además de las neuronas encontramos otro tipo de células, denominadas globalmente como glia, que incluye a los astrocitos, los oligodendrocitos y la microglia.

La microglia es una célula inmune que reside en el sistema nervioso central y su tarea principal es la de proteger al cerebro de diversos daños que se puedan presentar, por ejemplo infección o invasión de células ajenas al cerebro. De tal modo que podríamos decir que las células microgliales son un sistema de defensa del cerebro. Fue Pio del Rio Hortega, estudiante y colaborador de Santiago Ramón y Cajal, el primer investigador en describir estas células, y quien le llamó microglia por su pequeño tamaño en comparación con las neuronas.

Las células microgliales son un tipo de glia, caracterizada por contener citoplasma escaso y prolongaciones irregulares. A pesar de que estas células residen en el sistema nervioso central, esto no siempre es así. Estas células migran desde la periferia hacia el cerebro a través de los vasos sanguíneos en etapas tempranas del desarrollo, en el caso de los humanos esto ocurre a partir de la mitad del primer trimestre de gestación y hasta la mitad del segundo trimestre; en el caso de los roedores ocurre entre los días embrionarios 10 a 19. La morfología de las células microgliales en esta etapa es semejante a la de los monocitos, es decir redonda. Sin embargo, una vez que llegan al cerebro, la morfología cambia, se convierten en células ramificadas, es decir, extienden prolongaciones largas y espinosas. Una vez instalada en su puesto de vigilancia, la microglia ramificada mueve lentamente sus prolongaciones para detectar cambios en el microambiente cerebral.

Dependiendo de las condiciones del ambiente cerebral, la microglia puede modificar su morfología, adecuándose para generar la mejor respuesta ante esos cambios. En condiciones adversas para el cerebro la microglia se vuelve reactiva, las ramificaciones de la célula se vuelven algo robustas y abundantes. La microglia reactiva puede presentar diferentes respuestas que dependen del estímulo nocivo al que se enfrentan; sin embargo, existen dos fenotipos extremos, los fenotipos M1 y M2. La microglia reactiva M1 se caracteriza por la generación de moléculas como citocinas, quimiocinas y especies reactivas de oxígeno. Todos esos agentes bioquímicos le permiten a la microglia eliminar patógenos y agentes dañinos para el sistema nervioso, así como reclutar (llamar) a otras células del sistema inmune. Al igual que ocurre con el ejército que se mueve a zonas de guerra, la microglia reactiva migra de manera numerosa desde sus posiciones originales hacia regiones nerviosas con procesos infecciosos, daño por traumatismo o por enfermedades neurodegenerativas. También podemos encontrar la contraparte de la microglia agresiva que busca dañar a los agentes patógenos, se trata de la microglia reactiva de tipo anti-inflamatorio o M2; que sería similar al ejército atendiendo una emergencia por desastres naturales. La microglia reparadora M2 libera factores tróficos, que promueven el crecimiento y reparación de las prolongaciones neuronales.

La microglia puede adquirir la habilidad de fagocitar, que es el proceso en el que la célula modifica su morfología para engullir o “comerse” diversas partículas y fragmentos de células con el propósito de degradarlas. En la fagocitosis la microglia adquiere la morfología de un macrófago, es decir, las prolongaciones irregulares disminuyen, el citosol se vuelve más abundante y presenta movimientos ameboides. Además de fagocitar microorganismos patógenos, esa morfología ayuda a la limpieza de residuos que generan las neuronas, a la eliminación

traron cinco defunciones en el edificio que colapsó en la calle Galias de la Colonia Lomas Estrella.

Mediante la aplicación para teléfonos móviles, se registraron más de 19 mil inmuebles con daños de diversa magnitud, incluida la pérdida total (10 edificios colapsados), 120 bardas caídas; los Hospitales ISSSTE de Zaragoza y Clínica 25 del IMSS y 77 escuelas primarias sufrieron daños; además 20 transformadores caídos, 200 colonias sin agua por las centenas de fugas y el desabasto de pozos, 19 fugas de gas... datos emitidos por la Delegación Iztapalapa en un boletín del 21 de septiembre de 2017. En los siguientes días se estuvo pidiendo el apoyo de la población con donación de botellas y garrafones de agua, para mitigar el problema de desabasto de este líquido; aunque también se instalaron 30 tanques de 10 mil y 5 mil litros en 30 colonias, para que la gente acudiera a abastecerse con cubetas. Se habilitaron seis recintos como albergues y se han demolido varios edificios.

En cuanto a protección civil falta mucho por hacer, y son necesarios estudios que indiquen si la zona de grietas aún es habitable, qué riesgos implica, y entonces decidir si los inmuebles se reparan, se refuerzan, se reconstruyen o se reubica a las familias, según explica Luis Eduardo Pérez Ortiz, Director de Protección Civil de Iztapalapa, quien también resalta la creación del Sistema Múltiple de Alertamiento Temprano (SMAT), el

cual permite prevenir pérdidas por sismo, inundaciones o por el frío, y funciona a través de WhatsApp, tabletas y sistemas sonoros instalados en zonas de riesgo. Para ello se adiestró a la población sobre Inteligencia de Riesgos de Desastres (información tomada del periódico delegacional “Con el poder de la gente”, No. 22, Año 3, octubre 2017).

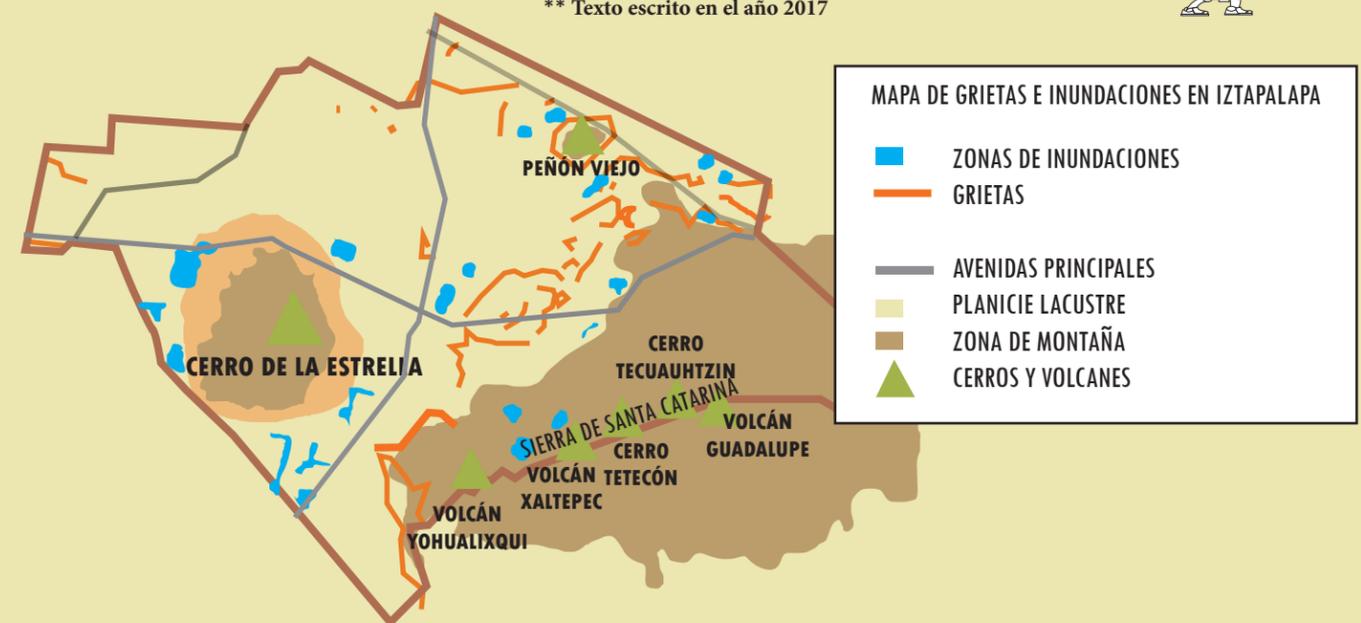
En el marco de la V Plataforma Global para la Reducción de Desastres de la ONU, con sede en Cancún, Quintana Roo (mayo 2017), se realizó una conferencia sobre Alerta Temprana para Riesgos Múltiples, con un concurso en el cual dos carteles con los protocolos impresos del SMAT Iztapalapa obtuvieron el primer lugar.

El especialista en ayuda humanitaria del Comando Norte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos, Isaac Olivas, también reconoció en junio de 2017 al SMAT Iztapalapa, como uno de los sistemas de alerta mejor desarrollados en el mundo con un uso eficiente de recursos, el cual se distingue de otros sistemas a nivel mundial por socializar el proceso de comprensión de alertas.

Por último, cabe mencionar al Sistema de Comando de Incidentes (SCI), que tiene el objetivo de aprovechar al máximo, a través de una cadena de mando, los recursos materiales y humanos con los que cuenta el gobierno para atender una emergencia.



** Texto escrito en el año 2017



* Estudiante de Doctorado en Biología Experimental, CBS, UAM-I.
** Área de Neurociencias, Dpto. Biología de la Reproducción, UAM-I.

DOCTORA ANGÉLICA CAMACHO GUARDIANA DE BOSQUES

Por: LILIA ANAYA*



Doctora Angélica Camacho.

Nació y creció en la Ciudad de México, en Iztacalco. Se recuerda como una joven inquieta. Ya desde entonces solo pensaba en ser ingeniera: "Siempre me he considerado una persona muy inquieta. En la secundaria y en el bachillerato, la verdad es que me emocionaba mucho ser ingeniera". Cuando terminó sus estudios de nivel medio superior, quiso cumplir ese sueño, por eso hizo el examen para entrar a la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Para su fortuna, fue aceptada por esta institución en la carrera de Ingeniería Química. Eligió a la UAM porque pensaba que era una opción novedosa, y no se equivocó.

Sin embargo, esa carrera no la enamoró. "Eran muchas fórmulas, muchos problemas a resolver. No le veía la aplicación. Está muy bien, pero no era lo mío". En cambio recordó lo feliz que fue en sus clases de laboratorio de biología del Colegio de Bachilleres "con las reacciones, las mezclas, abrir organismos, cuestiones celulares". Entonces supo que debía probar por ahí: "Si no me llena por completo la carrera de Química, por tener clases muy técnicas y con una gran cantidad de estudiantes, hasta llenar un auditorio", mejor probar con Biología, pensó, y aunque en la UAM-I, existe esa licenciatura, decidió mudarse a otra de las unidades académicas de la UAM, así que tramitó su cambio para Xochimilco, en donde conoció una nueva forma de aprender, pues aquel campus cuenta con un formato distinto de estudios: "No es nada fácil el sistema modular, son grupitos de diez personas o veinte, en los que te ponen a hacer investigación desde el primer trimestre". El nuevo entorno no la desanimó, al contrario: "Me empecé a dar cuenta que eso era lo que me gustaba: leer, buscar información, preguntarme, ir a hacer un experimento o hacer seguimiento a preguntas que yo me había formulado".

* Divulgadora y gestora cultural de temas de ciencia.

El sistema de la UAM Xochimilco le permitió reafirmar su amor por la biología y descubrir su vocación científica. Un momento especial para ella y su carrera fue un trabajo en equipo en el módulo IX: "Hice un protocolo de investigación, en el que trabajé el tema de las micorrizas, que son hongos que ayudan a las raíces de las plantas. Me entusiasmé muchísimo, yo investigaba cuáles eran, cómo se clasificaban, cuántas muestras...". Cuando ella y otro de los alumnos que trabajaron en conjunto, entregaron el documento, la profesora a cargo se sorprendió tanto, que no dudó que estaba frente a dos futuros científicos: "La doctora Tere Mier, cubana -ya murió-, nos dijo a mí y a mi compañero —estoy muy sorprendida del trabajo que entregaron, considero que ustedes pueden ser grandes investigadores, hacer ciencia". —¿Investigadora? ¿ciencia?, se preguntó sorprendida la joven de apenas 19 años.

Cuanto estaba terminando su carrera, la vida le mostró el camino que debía continuar: "la profesora del módulo XII -último de la carrera- la maestra Nuri Trigo Boix, nos dio un periódico, ahí venía una convocatoria para una maestría en manejo de recursos naturales, —la deberían de revisar, dijo. Yo ya iba a terminar y a hacer el servicio social con ella. Leí la convocatoria, pensé: cumplo los requisitos que piden, además ahí dice que vendrán a la Ciudad de México, harán las entrevistas aquí...". Su destino vino a buscarla.

La licenciada Camacho llegó a El Colegio de la Frontera Sur y a Chiapas en 1997 a estudiar la Maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Rural. Durante su estancia en aquel lugar supo ver la importancia de la relación entre las comunidades indígenas y la naturaleza que les rodea, aprendió a pedir permiso a los lugareños para visitar y estudiar sus bosques, se involucró con el estudio de las semillas de esos árboles, conoció autores de los textos que ella consultaba años atrás y escribió su primer artículo científico publicado en octubre del año 2000 "Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico" (Germinación de especies de bosque templado en los altos de Chiapas) en la revista internacional Canadian Journal of Botany, en el que describe las diferencias en el tamaño de las semillas y de los pro-

cesos de germinación de dos especies de encinos, "esos de las bellotas, y cuatro especies de otros árboles... Algunas semillas requieren procesos mucho más tardados, por ejemplo, necesitan estar treinta días en remojo antes de germinar. Si tu no las pones en ese remojo, muy difícilmente van a poder germinar; eso fue una cosa que nosotros averiguamos; dijimos, bueno, esto da para mucho más, porque, ¿qué pasa, entonces en la naturaleza?, aquí en el bosque tú ves que sí germinan. La respuesta está en un ave, que al tragar la semilla y luego desecharla, le quita la testa, esa cascarita dura, que al caer en una superficie húmeda no tarda en germinar". Así brotaron las primeras hojas de una científica apasionada por el conocimiento.

El doctorado en Ecología y Medio Ambiente, lo realizó en la Universidad Complutense de Madrid con la inquietud de desarrollar experimentos con plantas, cuyos resultados fueran capaces de apoyar a proyectos relacionados con la restauración de bosques: "No quedarnos con solo reforestar, ni decir ya puse mi arbolito o diez o veinte, y ya, ¡no!, la restauración es totalmente un proceso que devuelve las funciones de un ecosistema", es decir, es mejorar o recuperar lo que el bosque perdió como los suelos, el agua, aire puro, etc.

Hecha toda una científica regresó al Colegio de la Frontera Sur para laborar. Se reencontró con los bosques y la gente de aquel lugar. Por más de 20 años ha trabajado de cerca con esos grupos indígenas para colaborar en el mejoramiento y aprovechamiento sostenible de sus recursos naturales; también imparte asesorías en ámbitos como el ecoturismo. Actualmente se ocupa en la recuperación de bromelias de la zona tsotzil y tseltal, proyecto en el que se respeta y pretende promover la cosmovisión de esas culturas mayas sobre su entorno natural; por ejemplo, en aquellas zonas las bromelias se usan para adornar sus altares en medio de un ritual muy importante para ellos. Los aportes de la doctora Camacho son invaluable, porque no solo contribuye haciendo investigación básica, también se encarga de que su conocimiento llegue y le sea útil a la gente que vive en y de los bosques; además ha hecho de ese vínculo una línea de investigación sobre la restauración del patrimonio biocultural en esa región.

