

elementos

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 126 • Volumen 29 • abril - junio 2022 • \$40.00

CONACYT
Incluida en el Índice de Revistas
Mexicanas de Investigación Científica
y Tecnológica del CONACYT



De la serie: "Impresible Reconocer la Historia" XII

A. Arziniaga González / 2006



Comportamiento antidepredador y ecología del miedo | El relativismo de valores desde el manierismo hasta el postmodernismo | ¿Somos libres para decidir?... | Sustentabilidad, tricotomía compleja y entrelazada | Importancia de las interacciones en el mantenimiento de la diversidad | Proyecto Sonozotz... | Control etológico de *Drosophila suzukii* en cultivos de frutillas en México | La patrimonialización de la Ciudad Histórica de Mazatlán, Sinaloa | Operaciones militares de acción preventiva... | Cuadernos de Elementos número 11. El infinito habla | Soñando con microbots y nanobots | Nanoestructuras en el diagnóstico no invasivo de la detección de compuestos orgánicos volátiles | Postbióticos microbianos y sus efectos en la salud | El mejor lugar para cantar... | Un vino con una menor huella de carbono en Baja California | ¿El corazón como órgano del amor?... | Plantas medicinales con efectos en modelos de ansiedad y depresión en ratones | Obra gráfica: Angela Arziniaga González



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Imágenes oníricas XIII*. Arte objeto, quimigrafía, Polaroid.

S U M A R I O



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA
rectora, Ma. Lilia Cedillo Ramírez
secretario general, José Manuel Alonso Orozco
vicerector de investigación y estudios de posgrado, Ygnacio Martínez Laguna

ELEMENTOS

www.elementos.buap.mx

revista trimestral de ciencia y cultura

número 126, volumen 29, abril-junio de 2022

director, Enrique Soto Eguibar

subdirector, José Emilio Salceda

diseño y producción gráfica, Mirna Guevara

corrección de estilo, Emilio Salceda y Leopoldo Noyola

sitio web y laboratorio multimedia, Leopoldo Noyola

redes sociales, Mirna Guevara

administración y logística, Lorena Rivera e Ileana Gómez

redacción, 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria

Apartado Postal 406, Puebla, Pue., C.P. 72570

email: esoto24@gmail.com

consejo editorial, Itziar Aretxaga (INAOE), Beatriz Eugenia Baca (ICUAP, BUAP), María Emilia Beyer Ruiz (DGDC, UNAM), María de la Paz Elizalde, (ICUAP, BUAP), Ana Lidya Flores Marín (IBERO Puebla), Marcelo Gauchat (FUNDACIÓN FORMA, A. C.), Sergio Segundo González Muñoz (COLPOS Montecillo), Federico Méndez Lavielle (Facultad de Ingeniería, UNAM), Jesús Mendoza Álvarez (CONACYT), Ricardo Moreno Botello (Ediciones de Educación y Cultura), Francisco Pellicer Graham (Instituto Nacional de Psiquiatría), Adriana Pliego Carrillo (Facultad de Medicina, UAEM), Leticia Quintero Cortés (ICUAP, BUAP), José Emilio Salceda (Instituto de Fisiología, BUAP), Gerardo Torres del Castillo (Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, BUAP), Catalina Valdés Baizabal (Laboratorio de Neurobiología Celular, Universidad de La Laguna), Enrique Vergara (ICUAP, BUAP)

obra gráfica, © Angela Arziniaga

1° de forros, © De la serie *Imposible reconstruir la historia XII*
 Impresión a la plata, intervenida

4° de forros, © De la serie *Interiores XIX*. Técnica mixta

CINTILLO LEGAL

ELEMENTOS, Año 37, No. 126. Abril a junio de 2022, es una publicación trimestral editada por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, con domicilio en 4 Sur número 104, Col. Centro, C. P. 72000, Puebla, Pue., y distribuida a través de Revista Elementos, con domicilio en Av. 14 Sur No. 6301, Col. San Manuel, Puebla, Pue. C. P. 72570. Tel. 222 229 55 00 ext. 7316. Editor responsable Dr. Enrique Soto Eguibar, esoto24@gmail.com. Reserva de derechos al uso exclusivo 04-2018-101113435900-102. ISSN 0187-9073, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor de la Secretaría de Cultura. Número de Certificado de Licitud de Título y Contenido (en trámite) en la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa en FD Servicios Integrales S.A. de C.V. contacto@fdimpres.com. Cerrada de la 5 Oriente, No. 2, Col. Guadalupe Tlatelpa, San Francisco Totimehuacán, Puebla, C. P. 72960, Tel 2222 8123 33. Este número se terminó de imprimir en marzo de 2022 con un tiraje de 1000 ejemplares. Costo del ejemplar \$40.00. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
 DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Comportamiento antidepredador y ecología del miedo: una introducción **3**

Vera Laura Spindler Díaz, José Antonio González Oreja

El relativismo de valores desde el manierismo hasta el postmodernismo **11**

H. C. F. Mansilla

¿Somos libres para decidir? Esto dice la neurociencia **17**

José María Delgado García

Sustentabilidad, tricotomía compleja y entrelazada **21**

Fabiola Escobar Moreno

Importancia de las interacciones en el mantenimiento de la diversidad **29**

Dulce María Figueroa Castro

Obra gráfica **35**

Angela Arziniaga González

Proyecto Sonozotz: **39**

descubriendo las voces de los murciélagos de México

M. Cristina MacSwiney G., Verónica Zamora-Gutiérrez

y Jorge Ortega

Control etológico de *Drosophila suzukii* en cultivos de frutillas en México **45**

Samuel Cruz-Esteban, Julio C. Rojas

La patrimonialización de la Ciudad Histórica de Mazatlán, Sinaloa **51**

Erika Cruz Coria

Operaciones militares de acción preventiva: **57**

una opción contra las violaciones de Derechos Humanos

Isaac Ruelas Navarrete, José Luis Evangelista Ávila

Cuadernos de *Elementos* número 11 **63**
 El infinito habla

Jorge Olmos Torres

Publicación digital

Soñando con microbots y nanobots **65**

Gerardo Mora Aquino, Agustín Leobardo Herrera May

Nanoestructuras en el diagnóstico no invasivo de la detección de compuestos orgánicos volátiles **71**

Julián Hernández Torres, Teresa Hernández Quiroz, Daniela Guzmán Castillo

Postbióticos microbianos y sus efectos en la salud **75**

Verónica Miroslava Martínez Ortiz, Elizabeth Bautista Rodríguez,

Beatriz Pérez Armendáriz

El mejor lugar para cantar: **81**

hipótesis de adaptación acústica en aves

Christian Daniel Morán Tilla, Clementina González

Un vino con una menor huella de carbono en Baja California **89**

Josué A. López Leyva

¿El corazón como órgano del amor? Del mito a la realidad **93**

Jorge Eduardo Duque Parra, John Barco Ríos, Jose Hoover Vanegas García

Plantas medicinales con efectos en modelos de ansiedad y depresión en ratones **99**

Ángel Josabad Alonso Castro, Deisy Gasca Martínez, Clara Alba Betancourt

Libros **105**



© Angela Arziniaga. De la serie *Imágenes oníricas II*. Arte objeto, quimigrafía, Polaroid.

Comportamiento antidepredador y ecología del miedo:

una introducción

Vera Laura **Spindler Díaz**
José Antonio **González Oreja**

El estudio del comportamiento animal es una disciplina apasionante. Muchos estudiantes de biología, y muchos de quienes nos dedicamos profesionalmente al estudio del mundo vivo, encontramos fascinante ahondar en nuestra comprensión de lo que hacen los animales en su medio natural. Nos referimos, por ejemplo, a los enérgicos lances de caza de los grandes felinos de la sabana de África, como los leones, en pos de sus presas, como las gacelas. ¿Por qué esas presas y no otras? O a las llamativas migraciones de muchas especies, como las mariposas monarca, que cubren miles de kilómetros entre diversas regiones de América del Norte. ¿Cómo funciona el reloj que marca el tiempo en tales movimientos migratorios? O a los elaborados, bellos y en ocasiones extravagantes cantos y plumajes que despliegan muchas aves en sus rituales de cortejo, como las aves del paraíso de ciertas islas de Oceanía. ¿Qué explica que las hembras prefieran ciertos comportamientos en los machos?

Pero, ¿qué es un comportamiento? Aunque no hay consenso al respecto (Breed y Moore, 2016; Rubenstein y Alcock, 2018), podemos entender que es la respuesta coordinada y flexible que realiza un individuo, o un grupo de individuos, a ciertos estímulos, tanto internos como

externos. En otras palabras, el comportamiento describe la forma que tiene un individuo de interactuar con otros individuos o con su medio ambiente. En general, un comportamiento implica un movimiento, o una relación social (*i.e.*, con otros animales de su misma especie, como una pareja, o un grupo), y en ciertas especies desemboca finalmente en el aprendizaje y la memoria.

La teoría de la evolución, el más amplio marco de trabajo disponible para generar conocimiento científico en biología, permite entender el comportamiento animal; es decir, cómo y por qué los animales se comportan del modo en que lo hacen. Desde este punto de vista, aquellos individuos portadores de genes que codifican historias de vida y comportamientos adaptativos tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse que los individuos que despliegan otras formas de comportamiento (Manning y Dawkins, 2012).

Es fácil comprender que el éxito en la supervivencia y la reproducción de un individuo dependen de modo crítico de su comportamiento. Por ello, podemos esperar que la evolución por selección natural tienda a premiar, metafóricamente, a individuos eficientes en sus modos de búsqueda de alimento, o de evitar a los depredadores, o de encontrar una pareja con la que reproducirse, etcétera. Los estudiosos del comportamiento animal pueden desarrollar hipótesis científicas sobre los beneficios y los costes que acarrearán los comportamientos animales, y así poner a prueba su carácter adaptativo (Yasukawa, 2014).

ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO: ENFOQUES INMEDIATO Y EVOLUTIVO

Ahora bien, en el estudio del comportamiento animal hay mucho más que hipótesis adaptativas. La moderna ecología del comportamiento integra conocimientos propios de la etología, sobre lo que hacen los animales, con otros propios de la ecología, acerca del escenario ambiental en el que los animales despliegan sus conductas (Davies *et al.*, 2012).

Desde Tinbergen (1963), es habitual abordar el estudio del comportamiento mediante un doble enfoque temporal: inmediato (a corto plazo; en inglés, *proximate*) y evolutivo (a largo plazo, *ultimate*). El enfoque inmediato se centra en (i) la interacción de los factores genéticos con los procesos del desarrollo del individuo que afectan a su comportamiento durante toda su vida, y (ii) los mecanismos de regulación fisiológica (*i.e.*, neuronal, hormonal y, en su caso, músculo-esquelética) que controlan lo que hace un animal en un momento determinado.

Por su parte, el enfoque evolutivo considera: (i) el valor adaptativo (*i.e.*, la utilidad en términos de supervivencia y reproducción) de los comportamientos, como caracteres sujetos a selección natural aquí y ahora, así como (ii) la historia evolutiva de tales caracteres, cómo han cambiado a lo largo del tiempo a partir de una especie ancestral. Ambas componentes, inmediata y evolutiva, son necesarias para comprender en profundidad el comportamiento animal, y quedan ligadas en el estudio integral del comportamiento: aquellos comportamientos presentes en cierto grupo de especies debido a sus efectos positivos en términos de eficacia biológica (es decir, debido a su carácter adaptativo) deben tener mecanismos próximos subyacentes que puedan ser heredados de una generación a la siguiente.

UN COMPONENTE CRÍTICO DE LA SUPERVIVENCIA: EL COMPORTAMIENTO ANTIDEPREDADOR

Para muchos animales, la supervivencia en la naturaleza se reduce en última instancia a disponer de alimento y evitar a los depredadores. En efecto, para sobrevivir hasta la madurez sexual y finalmente reproducirse, un animal necesita comer hasta la edad adulta sin ser comido en el intento. Lo cierto es que, en la naturaleza, muy pocos encuentros entre presas y depredadores resultan en ataques que culminan con el consumo final de la presa. Esta realidad ecológica necesita de una explicación y muchos autores han estudiado las adaptaciones morfológicas y fisiológicas, así como las decisiones de comportamiento, que están

detrás de la interacción entre depredadores y presas (Stankowick, 2014).

Muchos libros sobre el comportamiento animal explican las complejas adaptaciones y contra-adaptaciones desarrolladas a lo largo de un proceso de coevolución entre depredadores y presas, mismo que da lugar a una carrera de armamentos (v.g., Davies *et al.*, 2012; Rubenstein y Alcock, 2018).

Por una parte, la selección natural favorece a los depredadores eficientes en (i) el reconocimiento de las presas o en sus tácticas de búsqueda (v.g., gracias a una mayor agudeza visual); (ii) la persecución, el ataque y la captura (v.g., armamento, capacidades motoras), y (iii) el manejo, la muerte y el consumo final de la presa. Pero, por otra parte, favorece en las presas (i) la evolución de mejores tácticas de defensa (v.g., coloraciones o formas que permiten la cripsis y el camuflaje, *i.e.*, que facilitan a las presas no ser detectadas por los depredadores; pero también el mimetismo y el polimorfismo, que dificultan el aprendizaje del depredador); (ii) el despliegue de diseños y patrones de coloración conspicua y señales de advertencia (v.g., el aposematismo), y (iii) comportamientos de huida, defensa activa y contraataque.

UN MARCO DE TRABAJO PARA EL ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO ANTIDEPREDADOR

Comoquiera que sea, desde la perspectiva tanto de las presas como de los depredadores, los oponentes no son entidades estáticas y completamente predecibles. Más bien, ambas partes son de naturaleza dinámica y pueden cambiar su comportamiento con base en el estatus físico propio, en el comportamiento del oponente, en la situación medioambiental concreta, y en la experiencia de unos y otros.

A partir de trabajos previos, Stankowick (2014) desarrolló un marco conceptual para estudiar la diversidad del comportamiento antidepredador en animales, que resumiremos a continuación. Para facilitar nuestra explicación, adoptaremos el punto de vista de la presa.

Ante un encuentro con un depredador potencial, ser el primero en detectar su presencia (y no al revés) puede resultar crucial para la supervivencia de la presa. Así pues, podemos esperar que las presas muestren morfologías, comportamientos y estrategias que reduzcan la probabilidad de ser detectadas por los depredadores. Además, también es importante que las presas reconozcan la presencia de los depredadores como una amenaza inminente para su propia supervivencia, lo que curiosamente no siempre tiene lugar.

Este reconocimiento puede facilitarse si la presa cuenta con información previa (v.g., memoria) que permita determinar si el depredador ya detectado pertenece a una especie peligrosa o inocua. De hecho, reconocer y responder de modo adecuado a unos y otros depredadores potenciales es un reto que deben superar muchos animales en su medio ambiente.

Es más, la presa puede evaluar (directa o indirectamente; v.g., gracias a la comunicación con otros individuos que puedan tener mayor experiencia) la calidad del individuo concreto que acaba de ser detectado como depredador, y juzgar así el riesgo que supone a su supervivencia. Es decir, evaluar la probabilidad de que se inicie un ataque que culmine finalmente en su captura.

En general, los animales perciben una mayor amenaza cuando (i) los depredadores se comportan como si realmente quisieran atacar a la presa; (ii) las presas están familiarizadas con los depredadores a partir de experiencias previas, y (iii) las presas no tienen coloraciones crípticas o morfologías de defensa.

Con base en la percepción del riesgo que realicen las presas, estas deben reaccionar y poner en movimiento, al mismo tiempo, muchos sistemas biológicos que les permitan ponerse a salvo. En última instancia, pueden presentar combate con el depredador o iniciar la huida en busca de un refugio más seguro (en inglés, *fight or flight*), aunque estos dos comportamientos no deben verse como mutuamente excluyentes.

Por un lado, ante una situación que puede culminar en un ataque, algunas presas pueden defenderse activamente gracias a caracteres morfológicos (*i.e.*, armaduras de defensa, como espinas o placas dérmicas óseas; armas de combate, como cornamentas y dentaduras; o armas químicas, como repelentes y venenos) o de comportamiento (*v.g.*, ciertos comportamientos gregarios) que les permiten repeler a los depredadores durante el ataque, o incluso evitar este ataque por completo. Por otro lado, principalmente cuando las presas son de un tamaño corporal que no permite su defensa activa frente a los depredadores, o cuando las tácticas de defensa fallan, las presas pueden verse forzadas a huir.

Los comportamientos de escape que despliegan las presas en estos casos dependen de muchas características (como la especie de depredador de la que tratan de huir, o el hábitat en el que se encuentran), e incluyen la carrera o el vuelo a un refugio más seguro. Los animales que huyen a la carrera pueden escapar a gran velocidad; o hacerlo quizás en un movimiento errático, en forma de zigzag, que introduce un elemento impredecible en su comportamiento y hace menos probable su captura por el depredador.

DEL COMPORTAMIENTO ANTIDEPREDADOR A LA ECOLOGÍA DEL MIEDO

Como hemos explicado, la ecología de las interacciones entre los depredadores y sus presas estudia, entre otras cosas, cómo los primeros capturan, matan y consumen a las segundas, y cómo estas alimentan a aquellos. El estudio del comportamiento antidepredador ilumina nuestra comprensión de las relaciones ecológicas entre depredadores y presas, y podemos también estudiar dichas pautas de comportamiento desde una óptica complementaria a la anterior.

No todas las posibles presas reaccionan del mismo modo ante la amenaza que supone la presencia de un depredador, y las diferencias en la

intensidad de la respuesta están relacionadas con la flexibilidad del comportamiento. Cuando las presas perciben que el riesgo de depredación es elevado, muchas cambian su comportamiento de un modo adaptativo. Este cambio en el comportamiento puede manifestarse en lo que se ha denominado paisaje del miedo (en inglés, *landscape of fear*) (Rubenstein y Alcock, 2018).

Al igual que otras respuestas biológicas, como el dolor, el miedo es un mecanismo homeostático con claro valor adaptativo, pues permite a un animal mantenerse lejos de una amenaza potencialmente letal. Pero, también como el dolor, el miedo es una caracterización subjetiva del comportamiento animal basada en nuestras propias experiencias (Breed y Moore, 2016).

¿Sienten miedo los animales en la naturaleza? El estudio del comportamiento animal nos permite responder de modo afirmativo. De hecho, la ecología del miedo (en inglés, *fear ecology*) es una rama de la ecología del comportamiento que estudia cómo cambian la dinámica de las poblaciones, la coexistencia entre las especies y los procesos coevolutivos que experimentan presas y depredadores como consecuencia de los efectos del comportamiento antidepredador de las presas y del comportamiento de caza de los depredadores, en general, y como consecuencia del miedo, en particular (Brown, 2019).

Hoy se acepta que las respuestas al miedo influyen en numerosos aspectos de la ecología de los animales y que pueden ser indicadores (derivados de la ecología del comportamiento) sobre el estatus de las poblaciones de presas. Es fácil comprender que los depredadores suponen un riesgo directo sobre las poblaciones de presas, pues acarrearán un aumento en la tasa de mortalidad de las presas como consecuencia de su consumo. Empero, estos efectos pueden modificarse en función de las respuestas flexibles de las presas al miedo. Por ejemplo, las presas pueden invertir más tiempo en actividades y/o hábitats con un menor riesgo de ser depredados, o pueden aumentar los comportamientos de vigilancia durante actividades que acarrearán riesgo.



© Angela Arziniaga. De la serie *Lerrumbre y vida eterna VII*. Impresión giclée intervenida.

A modo de ejemplo, tras la reintroducción de los lobos en el Parque Nacional de Yellowstone, los ciervos canadienses o wapitíes aumentaron el tiempo dedicado al comportamiento de vigilancia y cambiaron sus hábitats de alimentación, lo que acarrió en los individuos y en las poblaciones estudiadas tanto beneficios (*i.e.*, un menor riesgo de depredación) como perjuicios (*i.e.*, una dieta más pobre, con menor contenido energético, que implicó una peor condición corporal y un menor éxito reproductor).

En el caso anterior, si ignorásemos la reintroducción de los lobos, podríamos concluir (erróneamente) que los wapitíes estaban alimentándose por debajo del óptimo; en realidad, los patrones observados eran el resultado de los compromisos existentes entre su propia supervivencia y la reproducción. En conclusión, la presencia y los patrones espaciales y temporales de actividad de

los depredadores puede crear un paisaje del miedo que acarrea efectos a corto y largo plazo sobre la ecología de las presas, en términos de su distribución, abundancia y comportamiento (Rubenstein y Alcock, 2018).

UNA APLICACIÓN: COMPORTAMIENTO DE HUIDA EN AVES URBANAS

Aunque muchos de nosotros nos sentimos poderosamente atraídos por el comportamiento de los animales que habitan en los ecosistemas naturales con los que abrimos nuestro texto, lo cierto es que nuestra especie es, ya, mayoritariamente urbana. Por decirlo suavemente, a muchos de nosotros nos va a resultar “difícil” observar interacciones del tipo



© Angela Arziniaga. De la serie *Lerrumbre y vida eterna III*. Impresión giclée intervenida.

depredador-presa entre leones y gacelas, o lobos y wapitíes, en plena ciudad de México (o Helsinki, o Nairobi, o Tokyo). Siendo así, ¿podemos aplicar las explicaciones anteriores para comprender mejor el comportamiento de los animales que viven con nosotros en las “junglas de asfalto”, nuestras grandes ciudades modernas?

El estudio de los cambios en el comportamiento de los animales ayuda a entender la adaptación de los seres vivos a las cambiantes condiciones ambientales que encuentran en su medio ambiente, sin importar que este sea natural o esté profundamente modificado por las actividades humanas. Quienes estén interesados en aplicar en ecosistemas urbanos el marco teórico que hemos desarrollado en este texto pueden aprovechar la existencia de diferencias entre las especies, y entre los individuos, respecto a su grado de tolerancia ante la aproximación de un posible “depredador”: nosotros.

Esta práctica está justificada si tenemos en cuenta la enorme variabilidad genética y fenotípica que existe en la naturaleza, y si asumimos que los animales pueden interpretar nuestra presencia

como si fuéramos un depredador potencial. Siendo así, podemos esperar que algunas especies, y algunos individuos dentro de ciertas poblaciones, toleren mejor nuestra presencia y otros peor. Es más, utilizando elementos sencillos de los estudios del comportamiento antidepredador, podemos medir estas diferencias en la tolerancia de los animales ante la presencia de un ser humano que se les aproxima.

Es el caso, por ejemplo, de la distancia de alerta (en inglés, *alert distance*; en adelante, AD) y de la distancia de inicio de huida de los animales (*flight initiation distance*; FID). La AD se refiere a la distancia a la que un animal concreto muestra un cambio notable en su comportamiento (v.g., interrupción de una actividad por parte del individuo focal) como consecuencia de nuestra aproximación, y la FID es la distancia a la que un animal empieza el comportamiento de huida (v.g., corriendo, o volando, presumiblemente a un refugio más seguro).

En concreto, se sabe que los valores de AD y de FID varían entre unas y otras especies de aves, así como entre poblaciones de una misma especie, y también entre individuos dentro de una misma población. Algunos individuos dotados de cierta “personalidad” son más audaces que otros y son capaces de explorar entornos novedosos, o examinar elementos nuevos presentes en su entorno natural, o recuperarse con mayor facilidad de un sobresalto. Algunos individuos asumen más riesgos en su comportamiento, mientras que otros evitan arriesgarse (Briffa y Lane, 2019).

Siendo así, es posible que los animales con personalidades intrépidas, más audaces, puedan establecerse con mayor éxito en entornos urbanos, altamente modificados por las actividades humanas, como las ciudades modernas (Evans *et al.*, 2010).

Si el proceso de urbanización implica la habituación a nuestra presencia, entonces se espera que la adaptación de las aves a entornos urbanos implique menores valores de AD y de FID como resultado de su mayor audacia. Por contra, también es posible que la urbanización actúe como un filtro

ambiental que elimine diferencialmente a las aves menos audaces, con lo que se esperan mayores valores de AD y de FID.

Otros elementos del comportamiento antidepredador y de la ecología del miedo pueden cambiar, también, como consecuencia de nuestras actividades en ecosistemas urbanos.

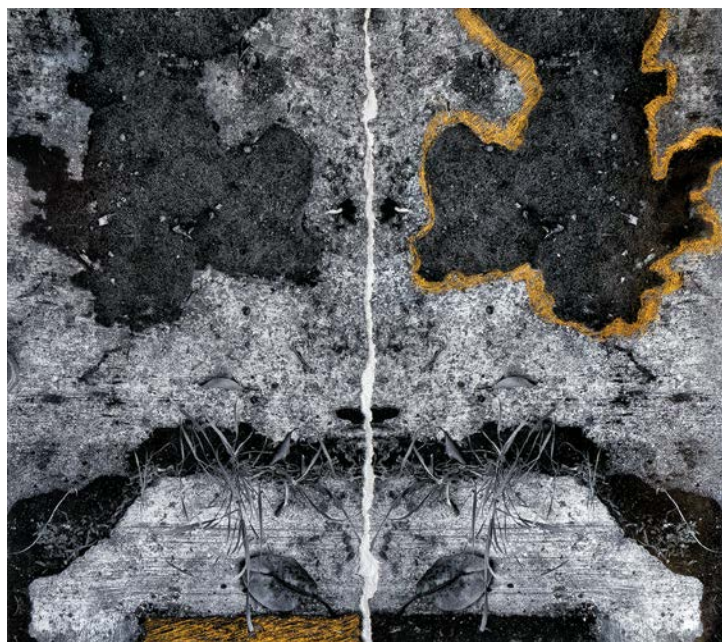
Es el caso, por ejemplo, de factores abióticos como la exposición de las aves ante un posible depredador (*i.e.*, cuando se posan en el suelo, o cuando se perchan en lo alto), de la modalidad de escape (*i.e.*, la modalidad de huida que muestren los animales: andando, corriendo, volando, etc.) y del tipo de refugio al que se dirigen. Y es el caso, también, de factores bióticos como el sexo (pues, en ciertas especies, el comportamiento varía entre machos y hembras) y el gregarismo (*i.e.*, si las aves afrontan el riesgo en solitario o en grupos, y si los grupos están formados por individuos de la misma especie o entran en ellos miembros de otras especies).

Vemos, en conclusión, que la explicación teórica sobre la ecología del comportamiento que hemos desarrollado en este texto puede ayudarnos a comprender mejor cómo se adaptan los seres vivos a las condiciones ambientales de los ecosistemas urbanos. Observemos el mundo vivo que nos rodea, también en las ciudades: salgamos a las calles, las avenidas y los parques, y estudiemos el comportamiento de las aves y otros animales ante nuestra presencia.

Estaremos, así, en una mejor posición para documentar qué consecuencias acarrea la urbanización sobre este componente del mundo animal, y para identificar las especies más sensibles ante nuestra presencia y proponer medidas correctoras de nuestro impacto.

REFERENCIAS

- Breed MD and Moore J (2016). *Animal Behavior*. Second Edition. Amsterdam: Academic Press.
- Briffa M and Lane SM (2019). Signals in conflict resolution: conventional signals, aggression and territoriality. En Choe JC (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior*. Vol. 1. Second Edition (pp. 531-538). Amsterdam: Academic Press.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Lerrumbre y vida eterna IX*. Impresión giclée intervenida.

- Brown JS (2019) Ecology of fear., en En Choe JC (Ed.), *Encyclopedia of Animal Behavior*. Vol. 2. Second Edition (pp. 196-202). Amsterdam: Academic Press.
- Davies NB, Krebs JR and West SA (2012). *An Introduction to Behavioural Ecology*. Fourth Edition. Chichester: Wiley-Blackwell.
- Evans J, Boudreau K and Hyman J (2010). Behavioural syndromes in urban and rural populations of song sparrows. *Ethology*, 116(7):588-595.
- Manning A and Dawkins MS (2012). *An Introduction to Animal Behaviour*. Sixth Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rubenstein DR and Alcock J (2018). *Animal Behavior*. Eleventh Edition. New York: Sinauer.
- Stankowick T (2014). Predation and antipredator behavior. En Yasukawa K, Martínez-Tang Z (Eds.), *Animal Behavior: How and Why Animals Do the Things They Do*. Vol. 2: Function and Evolution (pp. 23-50). Santa Barbara: Praeger, ABC-CLIO.
- Tinbergen N (1963). On aims and methods of Ethology. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 20:410-433.
- Yasukawa K (2014). This is how we do it: the scientific study of animal behavior. En Yasukawa K, Tang-Martínez Z (Eds.), *Animal Behavior. How and Why Animals do the Things They Do* (pp. 1-31). Santa Barbara: Praeger.

Vera Laura Spindler Díaz
José Antonio González Oreja
Facultad de Ciencias Biológicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
jgonzorj@hotmail.com



© **Angela Arziniaga.** De la serie *Lerrumbre y vida eterna X*. Impresión giclée intervenida.

El relativismo de valores desde el manierismo hasta el postmodernismo

H. C. F. **Mansilla**

La diversidad de opiniones e ideologías, que casi siempre reaparece tras periodos de dogmas absorbentes, se hizo evidente a partir del Renacimiento, primeramente en el campo artístico y luego en el terreno de las convicciones intelectuales y religiosas. De ahí se deriva la relevancia del manierismo.

LA DECLINACIÓN DE LOS MODELOS CLÁSICOS

Entre el Renacimiento y el Barroco (sobre todo en la segunda mitad del siglo XVI) se halla la etapa del manierismo, que, sin producir las obras maestras de los otros periodos, ha engendrado arquetipos de gran persistencia para el arte y la literatura posteriores. El manierismo es difícil de definir claramente, pero puede ser calificado como una reacción al agotamiento de los paradigmas clásicos, ante todo en una época marcada por las guerras religiosas y la dilución de las seguridades provenientes de la Edad Media. Un testimonio de ello es la experiencia traumática de la naturaleza deleznable y efímera de los modelos clásicos. La serenidad y el equilibrio que se atribuía a las obras clásicas llegaron ser percibidos como una mentira cultural o como una simplificación de la compleja vida social.

La armonía clásica fue vista como una máscara que revestía mal una realidad sórdida y desconcertante. El manierismo produjo un arte pesimista, que correspondía a la entonces novedosa idea –propagada por el protestantismo luterano– de que Dios es la raíz de lo arbitrario y lo imprevisible. Este periodo manierista experimentó la consolidación de la autonomía de la esfera política y su separación definitiva de la ética, el surgimiento de los más diversos fenómenos de alienación, el individualismo extremo –el egocentrismo de intelectuales y artistas– y el relativismo de valores. A ello contribuyó la despersonalización de los vínculos humanos en los terrenos de la política y la economía.

El impulso contraclásico (encarnado por los grandes pintores manieristas Parmigianino, Pontormo, Bronzino, Rosso Fiorentino, El Greco, Arcimboldi) es, sin duda alguna, importante: nos muestra la relación problemática que tenemos con nuestro propio yo, lo que hace avanzar nuestro conocimiento del mundo y de nosotros mismos. Los artistas se esmeraron en mostrarnos lo irracional, lo enigmático, lo exagerado, lo problemático y hasta lo irreal de la naturaleza y de la sociedad. Al mismo tiempo la época manierista generó una *ars combinatoria* que abarcaba la alquimia lingüística y el culto de lo estrambótico y excéntrico, es decir algo muy similar a la época actual, pero lo hacía mediante obras de arte de carácter exquisito, lo que se manifestaba en el amor por los objetos bellos, exóticos, raros y curiosos.

El manierismo es, desde luego, la primera conciencia crítica de las alienaciones modernas, pero precisamente estos fenómenos de extrañamiento promueven inclinaciones narcisistas. El amor narcisista, como afirma Arnold Hauser, no es un amor feliz.

Simultáneamente uno de los grandes méritos del arte y la literatura manieristas ha sido tomar en serio la función social e intelectual del buen humor: este último nos proporciona la distancia y el sentido de proporciones que deberíamos emplear para

juzgar los asuntos grandes y pequeños a los cuales nos enfrentamos diariamente. Hauser asevera que el buen humor –que es generalmente pacífico, paciente y antidogmático– nos puede conducir a comprender que muy a menudo lo trivial y lo trágico se combinan en una sola persona y situación. El humor puede constituir una fuente importante del espíritu crítico y pluralista, que, como siempre, ha sido algo escaso a lo largo de la historia universal. Al aguzar nuestro entendimiento de lo complejo, el manierismo modificó nuestra comprensión de los periodos de decadencia generalizada de un modelo civilizatorio y contribuyó así a percibir adecuadamente lo absurdo que casi siempre acompaña a la evolución humana.

PARALELISMOS CON EL POSTMODERNISMO

En las artes plásticas el manierismo terminó siendo un juego reiterativo. La similitud con el postmodernismo contemporáneo es fácilmente palpable. Por otra parte era innegable su potencial para suscitar algunas modestas perspectivas, que podemos calificar como novedosas, referidas al carácter primordialmente problemático del Hombre, que mezcla razón y sentimiento, cálculo y pasión, lógica y locura.

Los artistas manieristas fueron los primeros que otorgaron primacía al propio arte por encima de la naturaleza; una actividad humana se emancipaba así de los modelos convencionales y consuetudinarios. Los pintores y los poetas de aquella época desarrollaron una consciencia orgullosa de su autonomía no solo frente a la naturaleza, sino ante las convenciones sociales y religiosas de su tiempo. Y, como dice Hauser, los manieristas aportaron su grano de arena al relativismo de valores, pero también a la separación de la política (y de otras actividades humanas) con respecto a la ética y a los códigos morales convencionales.

Los productos del manierismo son a menudo fríos, pero de un acabado perfecto. Sus matices y proporciones rebasaban lo normalmente admitido. Sus inclinaciones sofistas, relativistas y subjetivistas han sido evidentes e intencionadas, pero, a



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Lerrumbre y vida eterna II*. Impresión giclée intervenida.

diferencia de todas las corrientes postmodernistas actuales, el manierismo jamás renunció a la calidad exquisita de la ejecución técnica, al amor por el detalle desarrollado con virtuosismo y al desig-
nio de crear belleza genuina.

No hay duda de la necesidad de los experimentos en el arte y las ciencias, sobre todo con la meta de alcanzar o conocer algo que vale la pena. Pero cuando la ciencia social, el arte y la literatura se transforman en algo muy artificial y artificioso, en pura extravagancia, en el intento forzado de mostrar lo ocultado por los poderes fácticos, lo profundo atribuido a las tradiciones populares y lo abstruso, pero pretendidamente valioso de los esfuerzos teóricos postmodernistas, entonces la propensión a lo anticlásico se convierte en un juego inofensivo, repetitivo y tedioso.

El arte deviene un mecanismo de expresión de una fantasía ilimitada, a menudo sin control de calidad estética, un mero diseño metafórico: un arte que nace del arte y que se alimenta de sí mismo, siguiendo un ritmo hiperbólico que tiende rápidamente a la sobresaturación del observador y del mercado. Para nuestro propio desarrollo es indispensable reconocer el valor de algunos postulados

manieristas: el mundo es un laberinto, la fantasía poética es tan enriquecedora como la mística religiosa auténtica y el raciocinio más elevado puede convivir con los afectos más extremos. El manierismo nos ha ayudado, finalmente, a comprender los fenómenos complejos, a afinar nuestra sensibilidad frente a lo misterioso y lo ilógico y a desarrollar nuestra paciencia frente a los dilemas de nuestra propia constitución psíquica.

LA RECUPERACIÓN DE LA NOSTALGIA CRÍTICA

El mundo del presente, marcado todavía por el relativismo de valores en la esfera moral y por el predominio del principio de eficacia en el campo de la economía, desprecia las normativas éticas y estéticas de pasadas generaciones.

Lo dicho hasta aquí parece que corresponde a la dimensión del humanismo, que, según los postmodernistas, estaría ligado hoy al ámbito de la mera nostalgia, que es casi siempre la esfera de la caducidad. Pero hay que insistir en que la nostalgia posee una función eminentemente crítica, pues es la consciencia de la pérdida de cualidades y valores reputados ahora como anticuados (por ejemplo: la confiabilidad, la perseverancia, la autonomía de juicio, el respeto a la pluralidad de opiniones y el aprecio por el Estado de Derecho), que han demostrado ser útiles e importantes para una vida bien lograda.

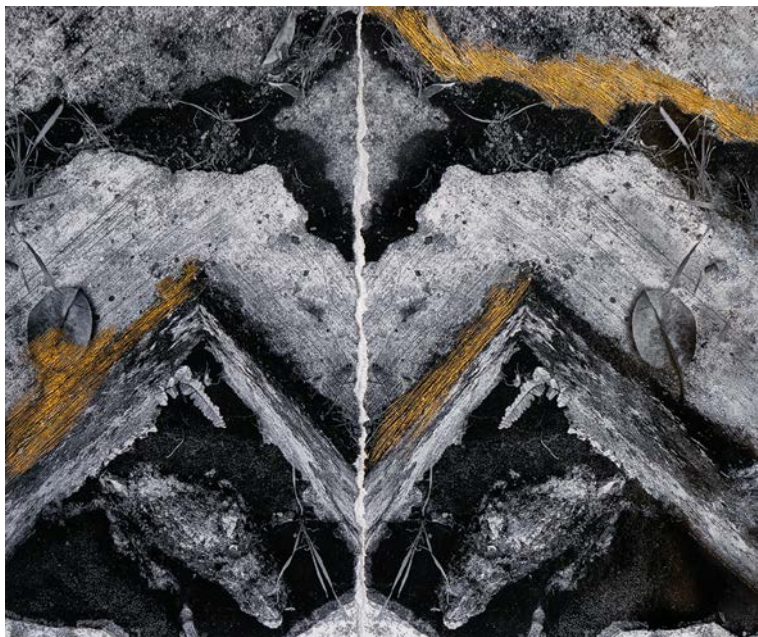
El rechazo de la nostalgia crítica conlleva el empobrecimiento de la existencia individual y social en nuestro siglo, posibilidad vislumbrada tempranamente por la Escuela de Frankfurt. El rescate de la nostalgia crítica está opuesto, por ejemplo, a la actitud predominante hoy en día en los campos académicos e intelectuales latinoamericanos, donde lo habitual es plegarse a la moda del momento con genuina devoción.

Así como hace cincuenta años las diferentes variantes del marxismo constituían el credo único en ciencias sociales, hoy las distintas escuelas del postmodernismo, como la deconstrucción, el

multiculturalismo y el relativismo axiológico, representan las corrientes obligatorias de la época, que las personas astutas hacen bien en seguir mansamente. Hemos cambiado un dogmatismo por otro, no menos asfixiante que el anterior. Al igual que en otros tiempos, lo necio y lo irrisorio sería estar fuera de la ortodoxia de turno. El renacimiento del humanismo puede ayudarnos a modificar esta constelación, contribuyendo a crear una conciencia crítica de problemas.

Según Isaiah Berlin, cada nueva generación se hace las mismas preguntas, que no pueden ser contestadas mediante un concepto restringido de razón instrumentalista o por medio del impulso que niega los grandes dilemas de la actualidad como si estos últimos fuesen solo ocurrencias metafísicas. Estas cuestiones de naturaleza humanista giran, por ejemplo, en torno al sentido de la vida, la configuración de una existencia bien lograda, el contenido de conceptos como libertad, autoridad y obligación, la voluntad histórica de una comunidad, los vínculos entre individuo e institución y la compleja relación entre poder, eficiencia y orden. La pregunta de si el desenvolvimiento histórico tiene un sentido no puede ser respondida directa y fácilmente. Un caso similar es la cuestión en torno al éxito o fracaso de los procesos de modernización en el Tercer Mundo.

Estos problemas –como el precio ecológico que hay que pagar por el progreso material– pertenecen al género de las grandes cuestiones recurrentes a lo largo de la evolución humana, como la plausibilidad del vínculo entre fe y razón o el sentido último de nuestra existencia, cuestiones que admiten variadas interpretaciones, todas ellas, en el fondo, insatisfactorias. Este carácter deficitario de las actividades teóricas –no hallar soluciones definitivas– es, paradójicamente, uno de los elementos más importantes y progresistas de la creación humana. La diversidad de opiniones e ideologías, que casi siempre reaparece tras periodos de dogmas absorbentes, se hizo evidente a partir del Renacimiento, primeramente en el campo artístico y



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Lerrumbre y vida eterna XI*. Impresión giclée intervenida.

luego en el terreno de las convicciones intelectuales y religiosas.

EL TEOREMA DEL SENTIDO COMÚN GUIADO CRÍTICAMENTE

Las ciencias sociales tienen que esbozar una respuesta, por más provisional que sea, a los anhelos de extensos grupos de la población y de innumerables individuos aislados que desean saber si tal o cual experimento sociopolítico ha sido realmente provechoso en la perspectiva de largo plazo y si vale la pena imitarlo en otros países y otras regiones. Esta respuesta solo es posible si está respaldada por principios éticos y reflexiones estéticas. Por eso la breve crítica al manierismo, al surrealismo y a tendencias similares esbozada en este texto.

La estética –la teoría en torno a las proporciones– tiene la función básica de mostrarnos la necesidad de la proporcionalidad de los medios en las actividades socio-políticas. Para cumplir este objetivo necesariamente hay que emitir un juicio valorativo orientado por principios humanistas, y para ello el sentido común guiado críticamente

puede resultar un instrumento adecuado. Este concepto alude de manera manifiesta a la Escuela de Frankfurt, y dentro de ella a autores tan dispares como Theodor W. Adorno, Erich Fromm y Jürgen Habermas. El sentido común crítico se basa asimismo en la llamada Ilustración Escocesa y la ética de la responsabilidad de Hans Jonas. Esta posición está contrapuesta a la vigorosa corriente actual que proclama categóricamente la necesidad de la contingencia, la relativización de la democracia y otros postulados del postmodernismo. Los pensadores marxistas no han generado una reflexión aceptable en torno a los temas del sentido común y del humanismo contemporáneo, que son el examen del fin último de todo designio político, la proporcionalidad de los medios en la esfera práctico-política, la crítica de las implicaciones socio-culturales y ecológicas del progreso perenne, la comprensión de las limitaciones de la especie humana para entender contextos muy complejos y la preservación de nuestro planeta a largo plazo.

No hay duda, por otra parte, de la calidad y profundidad del pensamiento de Antonio Gramsci, quien se ocupó largamente del sentido común en la praxis socio-política, pero este gran ideólogo no aplicó una especie de sentido común a temáticas esenciales de su época, como las estructuras internas de los partidos comunistas, los nexos asimétricos de los mismos con la Unión Soviética, la necesidad de rescatar la democracia representativa pluralista y la mentalidad autoritaria prevaleciente dentro de los partidos de izquierda.

El tipo actual de progreso amenaza con erradicar toda conexión con nuestro pasado y, por consiguiente, destruir todo factor de identificación con tradiciones que contienen elementos razonables y que nos brindan un sentido de pertenencia a aquello que significa identidad para nosotros.

El desarrollo del presente se basa, según Odo Marquard, en el “mono-mito” por excelencia: desde la Ilustración del siglo XVIII se ha consolidado el mito del progreso incesante, que nos compele a una única evolución histórica, lo que conlleva la eliminación de la pluralidad de las historias

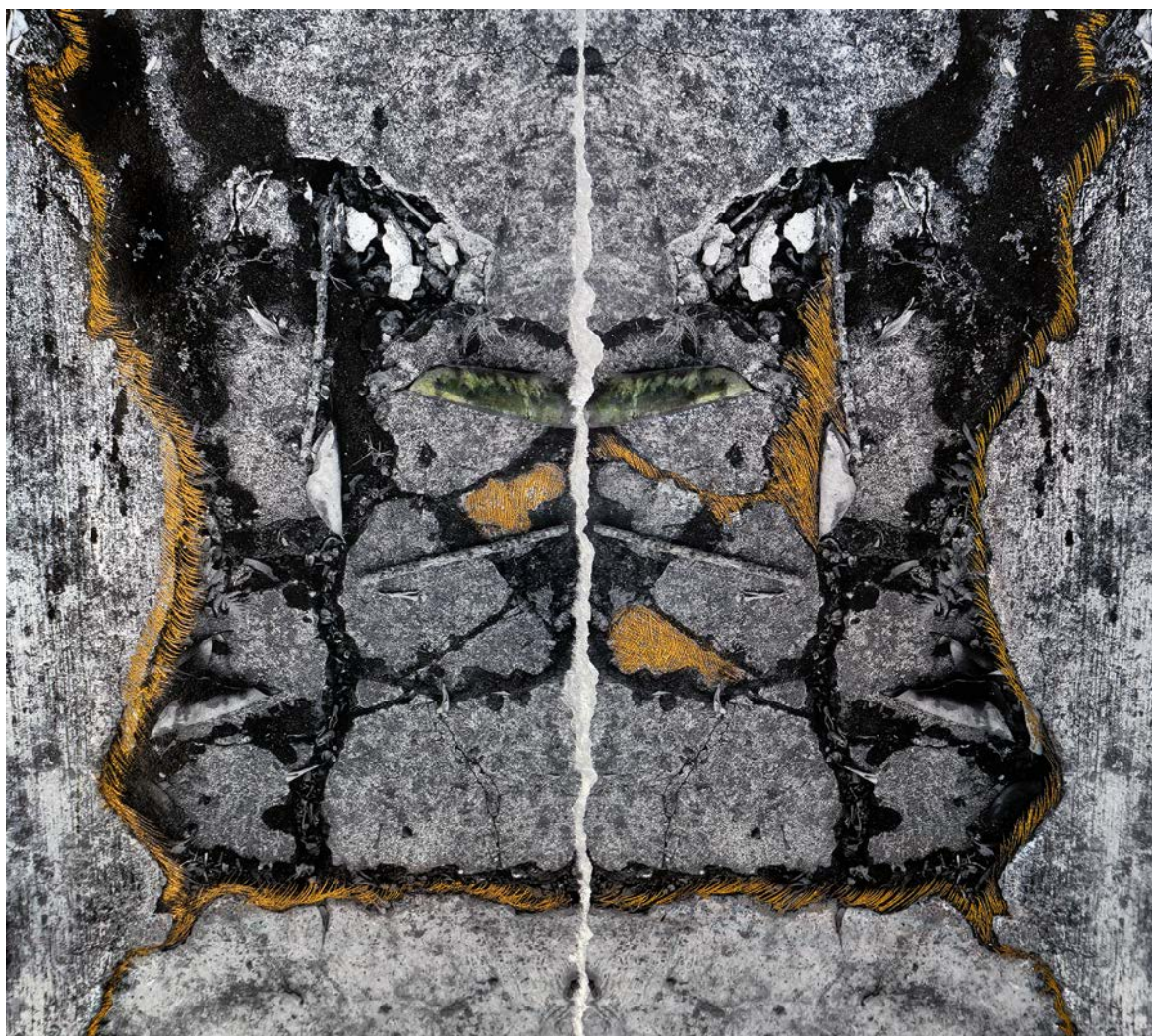
particulares. El mundo está sometido al juego de la intensificación permanente. El aumento de todos los índices y el culto del incremento de todas las actividades constituyen el mínimo común denominador de las sociedades contemporáneas. Podemos decir que el análisis del mono-mito resultaría un ejercicio teórico inofensivo si no se hubieran exhibido de forma evidente en el siglo XX las consecuencias negativas de la concepción del progreso permanente, como ser la destrucción del medio ambiente, la explosión demográfica, el acondicionamiento de las consciencias y el consumismo masivo.

La postulada disolución del sujeto no genera un acceso más democrático o más plural a los ámbitos del conocimiento, del arte y de la política porque no produce la actitud clásica del asombro ante el mundo circundante, que es, después de todo, la precondition para comprender adecuada y creativamente nuestro entorno.

Para concluir me adhiero a una aseveración de Hans Magnus Enzensberger: el ensayo como género –que es lo que yo trato de practicar– pertenece a los casos excepcionales de la literatura y la filosofía, pues es difícil de clasificar y no tiene un gran público. Pero precisamente esto le brinda una cierta libertad de acción y asociación. Al ensayo siempre le han faltado la certidumbre de un dogma y la seguridad de una fe.

Este género posee en cambio la facultad de fomentar viajes de exploración intelectual, lo que lo aleja de la pretensión de querer tener la razón en cada caso. Pero al mismo tiempo no podemos renunciar a proponer un “ideal cívico para el hombre democrático”, pues la filosofía no debería dejar de lado su misión de esbozar una orientación moral e intelectual –por más precaria que fuera– a la sociedad de su tiempo.

H. C. F. Mansilla
Miembro de número de la Academia
de Ciencias de Bolivia
hcf_mansilla@yahoo.com



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Lerrumbre y vida eterna XIII*. Impresión giclée intervenida.

¿Somos libres para decidir? Esto dice la neurociencia

José María **Delgado García**

Imagine que este fin de semana tiene que elegir entre ir al teatro acompañado de un grupo de amigas y amigos o ir a cenar con un grupo diferente. La decisión que tome dependerá del interés de la obra que se estrena o de la calidad de la comida que le ofrecen, así como del aprecio que sienta por unos u otros. Eso sí, los dramas no le gustan y tampoco es fan de las paellas. Al final, dejará pendiente la elección hasta saber a qué grupo se incorpora esa persona tan importante para usted. ¿Es esta una decisión libre o mediatizada? Parece que hay muchos condicionantes, a favor y en contra, del camino a seguir. En realidad, su decisión sería completamente libre si un día se inclinase por una actividad y otro por la opuesta. Pero, ¿cuándo se darán las mismas exactas circunstancias? En la práctica, nunca. Ese es uno de los problemas de lo que se entiende, en sentido estricto, por libre albedrío: la capacidad de tomar decisiones diferentes ante exactamente las mismas condiciones ambientales, sociales, individuales y emocionales.

A este problema se une lo ya apuntado por filósofos como Spinoza y Schopenhauer: una persona puede hacer lo que quiera, pero no elegir lo que quiere. ¿Sabe acaso por qué le gustan las comedias y no los dramas, o las tortillas y no las paellas? ¿Estamos predeterminados a lo que decidimos? Para estos filósofos parece que sí, pero obviamente no para todos. La batalla del determinismo

tiene también un sustrato religioso. Por ejemplo, los jesuitas defendían en su momento que el libre albedrío era necesario para poder alcanzar la salvación. Los jansenistas y protestantes creían en la predestinación, por lo que uno poco podía hacer en ese caso.

LA NEUROCIENCIA ENTRA EN ESCENA

Esta batalla sobre la libertad de elegir se ha extendido a nuestros días y alcanzado el quehacer de los neurocientíficos. Desde Platón y Descartes se asume que el ser humano está compuesto de materia y espíritu y que, mientras el segundo se ocupa de las funciones más nobles como aprender, amar y decidir, el primero lo hace de tareas más burocráticas como comer, andar y picar piedras. Incluso los expertos en derecho penal ven difícil aplicar los conceptos de responsabilidad y culpabilidad a decisiones tomadas por una estructura material como es nuestro cerebro.

En la actualidad, la inmensa mayoría de los neurocientíficos aceptamos que es nuestro cerebro el que ocasiona y regula lo que hacemos y lo que pensamos. Es decir, comportamientos, deseos, recuerdos, emociones y pensamientos dependen de la actividad de porciones específicas de nuestro cerebro. Si para ver hace falta la retina y partes definidas de la porción más posterior del cerebro, denominada corteza visual u occipital, para tocar el piano hace falta la actividad coordinada de porciones específicas de las cortezas parietal, prefrontal y motora y así para todas las demás actividades que hacemos, sentimos o pensamos.

¿Cómo ocurre la actividad consciente, es decir, aquella que nos permite percibir el mundo exterior, adquirir conocimientos y tomar decisiones? A fin de cuentas, todo esto subyace al proceso de decidir, de elegir lo que uno quiere hacer.

En primer lugar, gran parte de la actividad cerebral ocurre de forma inconsciente.

Le pongo como ejemplo un experimento realizado por nuestro grupo. Cuando vemos una película

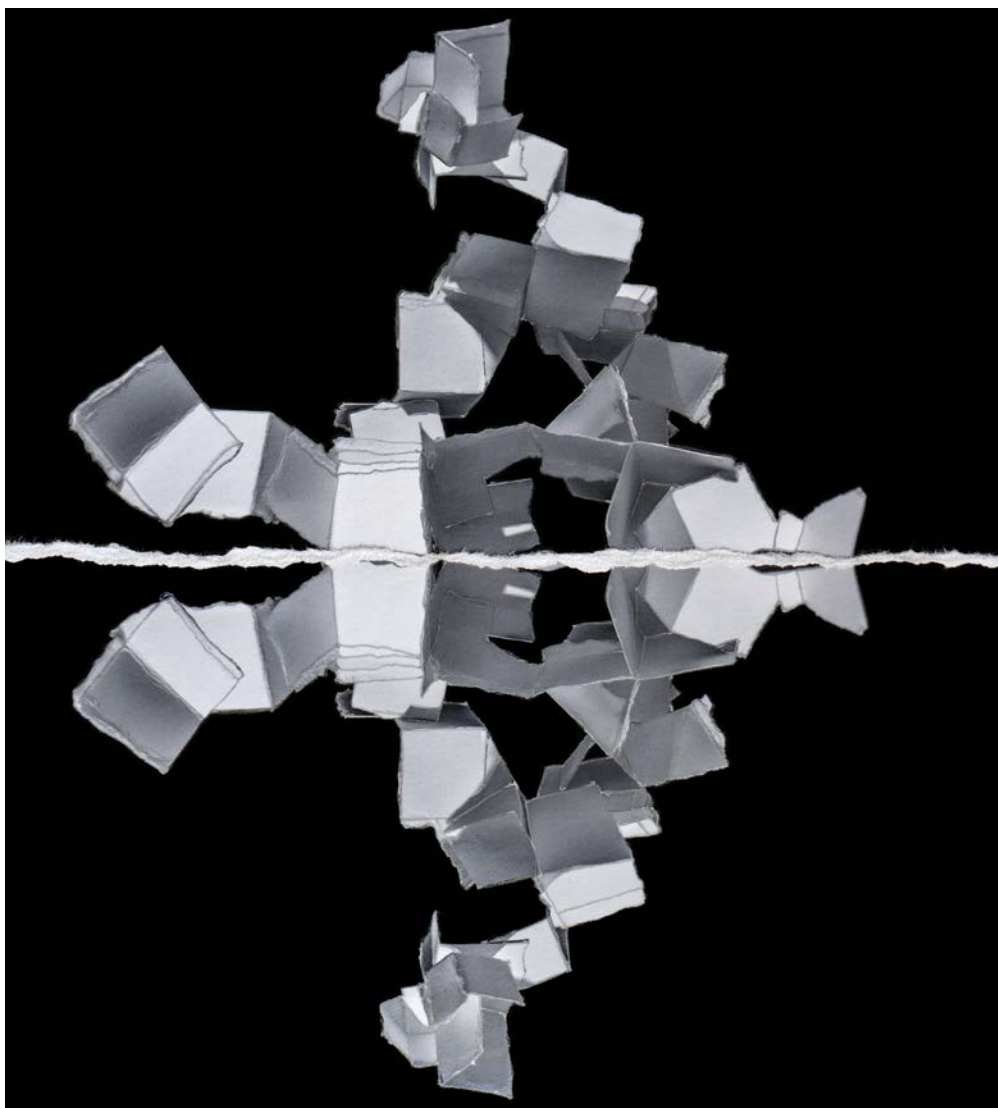
estilo Hollywood, las imágenes se suceden de forma pausada con cortes espaciados varios segundos. Así podemos seguir las escenas percibiendo todo lo que ocurre. Con los montajes típicos de la MTV, el tiempo entre corte y corte es muy breve (no más de dos segundos) y, aunque creemos que vemos todo lo que nos enseñan, la realidad no es así. Ocurre que, para que la información visual se haga consciente, la actividad cerebral debe alcanzar la porción más rostral del cerebro, el lóbulo prefrontal.

Cuando las imágenes se sustituyen rápidamente la activación cerebral no llega al lóbulo prefrontal y no somos completamente conscientes de lo que se muestra. Aun así, tenemos la sensación subjetiva de que estamos viendo el contenido global del filme, pero es gracias a una percepción subconsciente. Ese procesamiento subconsciente también ocurre, en parte, cuando tratamos de decidir qué hacer: desde elegir teatro o cena, hasta estudiar ingeniería o ciencias económicas tras la Selectividad.

Una elegante demostración de que la actividad cerebral precede a la actividad mental consciente es un experimento en el que se estudia el momento “¡ajá!”, algo parecido al momento en que Arquímedes dijo “¡eureka!”. Decimos “¡ajá!” como sinónimo de “¡lo encontré!” cuando hemos estado buscando la solución a un problema matemático, o a un dilema de otra índole y, de repente, parece que se nos ilumina la mente y encontramos la solución. Ocurre que, en el caso de que sea una cuestión lingüística, más de un segundo antes de que digamos “¡ajá!” se activan porciones específicas de la zona parieto-occipital y de la corteza temporal anterosuperior. Por supuesto, nuestro estado consciente varía a lo largo del día mientras estamos activos, descansando, pensando en las musarañas o durmiendo. A cada una de esas situaciones corresponde una actividad cerebral determinada.

NO DIGA LIBRE ALBEDRÍO, DIGA TOMA DE DECISIONES

Por las limitaciones conceptuales indicadas más arriba sobre el libre albedrío, los neurocientíficos preferimos manejarnos con el más flexible concepto



© Angela Arziniaga. De la serie *Ciudad ideal* V. Impresión giclée intervenida.

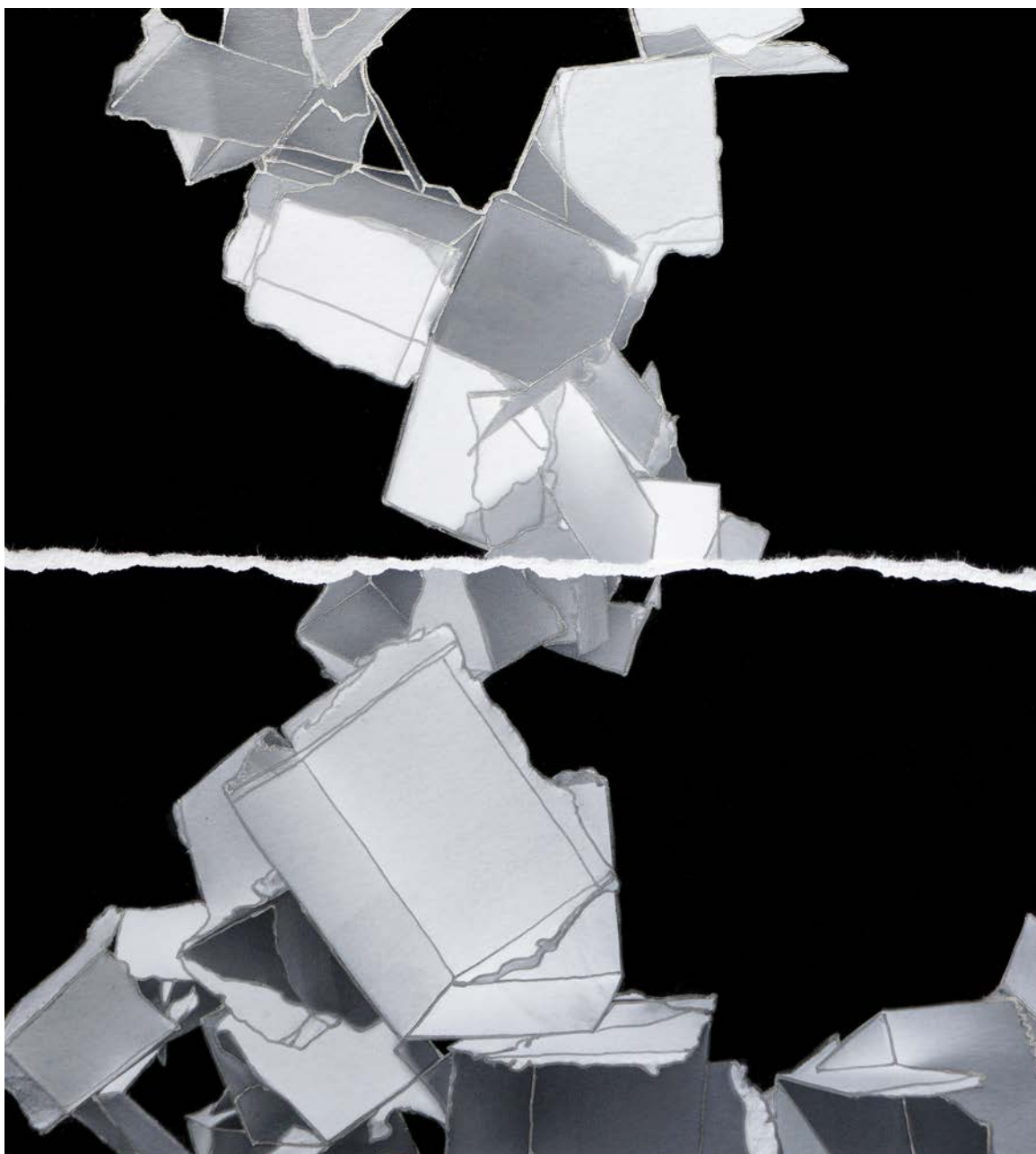
de toma de decisiones. Independientemente de que sean libres o determinadas, lo que interesa saber es qué ocurre en el cerebro cuando tomamos una decisión determinada.

No solo las personas tomamos decisiones. Según en qué situación esté, un gato puede preferir buscar comida, buscar pareja o simplemente dormir. La elección de cualquiera de esas actividades ocurre a partir de motivos internos de mayor o menor contenido emocional (hambre, impulso sexual, sueño) y están regidos de modo primordial, aunque no único, por el lóbulo prefrontal, el cual regula la actividad necesaria para satisfacer estas necesidades y las termina cuando se alcanza la recompensa deseada.

Pero no se preocupe: no somos máquinas. Somos seres vivos con motivos internos que nos llevan a explorar y entender el mundo que nos rodea y a nosotros mismos. Esperemos que para bien.

Tomado de *The Conversation* Junio 21, 2021: <https://theconversation.com/somos-libres-para-decidir-esto-dice-la-neurociencia-159764>.

José María Delgado García
Profesor Emérito de Neurociencia
Universidad Pablo de Olavide
jmdelgar@upo.es



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Ciudad ideal I*. Impresión giclée intervenida.

Sustentabilidad, tricotomía compleja y entrelazada

Fabiola **Escobar Moreno**

Reflexionar sobre la sustentabilidad implica interconectar y entender la dimensión económica, ambiental y social; desde luego, si queremos coadyuvar a la conservación de la especie humana en la Tierra vale preguntarse aquí si, sin sustentabilidad ¿es posible un mundo feliz?, ¿es viable vivir en la Tierra sin equidad, con un medio ambiente cada vez más menesteroso y con sistemas económicos que aplican la “ley del embudo” (lo angosto para ti y lo más ancho para mí)? Empecemos planteando si el esbozo y construcción de un planeta equilibrado estuvo solo en la imaginación y posteriormente en la obra de Aldous Huxley. La otra opción es consentir la coexistencia de lo que planteó Christopher Flavin: un planeta rico, planeta pobre (Flavin, 2001).

La humanidad y nuestro hogar (la Tierra) pasan por un punto de quiebre, ya que de no modificar y repensar la manera en que se administran los recursos para satisfacer las necesidades humanas se vaticinan más cataclismos (biológicos, ambientales, sociales y económicos) de los ya existentes.

En este artículo se analizan algunas de las situaciones que resultan preocupantes (incremento de población, desigualdad económica, industrialización, analfabetismo ecológico), y corresponsables del evidente deterioro ambiental acelerado. Se muestran datos bajo el entendido de la necesidad de educar a la población para la

sustentabilidad, desde varias representaciones. Existen diversos enfoques que van desde lo científico (Casas *et al.*, 2017); lo teológico (Pontificia Universidad Católica de Chile, 2017) y lo filosófico (Velayos, 2008). Otras perspectivas, como la de la Organización de las Naciones Unidas [ONU], señalan lo preocupante que es el incremento exponencial de la población y nos recuerdan la escasez de alimentos, la pobreza extrema, el uso indiscriminado de insecticidas, la sobreexplotación del planeta, y lo más importante: la falta de cultura sobre el cuidado al medio ambiente (ONU, 2019). De lo anterior se deriva la inexorable recomendación a ecoalfabetizarnos para que, desde nuestro respectivo ámbito de competencia, detengamos este deterioro a la naturaleza que hemos ocasionado los moradores de la Tierra.

Por ello, es necesario examinar cómo estamos distribuyendo los recursos naturales y las ganancias que se emanan de ellos para, a su vez, considerar si tenemos otras opciones que pongan en circulación esas ganancias y recursos de forma justa, siendo congruentes con el concepto justicia, dar a cada quien lo que le corresponde. Además, se pone en la palestra el análisis de la equidad, la cual tiene discrepancias complejas, comenzando con la equidad económica, seguido de un análisis controversial: la equidad de género. Se finaliza con algunas conclusiones.

REPENSAR LA CREACIÓN, PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LAS RIQUEZAS

El llamado a la sustentabilidad que hace el conglomerado de científicos, académicos, activistas y sociedad concientizada, es para reflexionar sobre lo que le estamos haciendo a nuestro hogar, la Tierra. Sin embargo, un llamamiento no es suficiente, los que participan deben tener una actitud comprometida, proactiva e informada. Tenemos que partir del hecho de que, en nuestro afán de satisfacer nuestras necesidades, muchas veces superfluas, somos corresponsables de esta hecatombe.

Analicemos, ¿dónde empezó todo? Al parecer, desde la aparición de las primeras civilizaciones, cuando se nos ocurrió valorizar todo de forma pecuniaria; aunque esa valorización transmutó las ambiciones humanas, es decir, amor al dinero, a la riqueza, que a su vez trajo como consecuencia la apropiación del poder. De aquí que el dinero, la riqueza, el capital, etc., se convirtieron en la raíz de todos nuestros males. Es necesario partir del origen que provocan hoy los grandes problemas que aquejan al mundo, como es un capitalismo feroz que incide en el evidente deterioro ambiental y en la desigualdad lacerante en cuanto a la distribución de la riqueza.

Tal como mencionan algunos autores (Cruz, 2019; García, 2020), muchos de los sistemas económicos en el mundo no han dado resultados tangibles, porque tenemos un planeta segmentado en función de su poderío financiero. Algunos ejemplos son los países del primer mundo, y los emergentes BRIC (acrónimo que identifica a este grupo de potentes naciones: Brasil, Rusia, India y China). En el mismo orden de ideas, sobresale una nación latinoamericana y una euroasiática. Finalmente, los del tercer mundo, donde por desventura está México y muchos países latinoamericanos y africanos.

Por ello es necesario analizar cómo evolucionamos de una colectividad primitiva, que tomaba lo que precisaba de la naturaleza y lo compartía con otros, coexistíamos –como las reacciones químicas–, puesto que había una circulación de materia y también de flujo energético. Continuamos este perfeccionamiento hasta llegar a convertirnos en una sociedad globalizada y sofisticada, pero atrapada en el consumismo y la tecnología con ayuda de una mercadotecnia sin principios ni moral. Somos una sociedad capaz de explotar a su propia especie, una sociedad cruel, como se comprueba con la merma y hasta la extinción de flora y fauna (no siempre porque la requiramos, en ocasiones solo por diversión). De todo esto surge el llamado a re-conceptualizar la forma en que, de acuerdo con la Real Academia Española (RAE) concebimos la economía, que en su acepción general la define como:

Ciencia que estudia los métodos más eficaces para satisfacer las necesidades humanas materiales, mediante el empleo de bienes escasos (RAE, 2020).

Las políticas económicas en los países industrializados y no industrializados no han evolucionado mucho, algunos detractores de los sistemas y políticas económicas actuales (Marulanda y Uribe, 2009) las marcan como las causantes de la miseria de la humanidad, de la devastación de la naturaleza y la exacerbada división de clases sociales.

Es por ello que la preocupación y el quehacer por la protección de la naturaleza, a partir del siglo XX, toma especial importancia sin dejar de lado lo que demanda la sociedad y los intereses que manejan el negocio de la explotación de recursos naturales (los más valorados son los energéticos: petróleo, minerales y carbón). De este modo, si la razón de la existencia de una empresa es la generación de utilidades (dinero), ¿qué costo debe pagar la empresa? La respuesta es sencilla, el que sea necesario para seguir existiendo como ente generador de recursos monetarios; es decir, como enuncia una máxima del derecho: “lo no prohibido, está permitido”; así que la empresa puede afectar a la biósfera, esclavizar a las personas –disfrazada de empleado mal pagado– y continuar extrayendo los recursos finitos a cualquier costo. El planteamiento es si estamos utilizando bien lo que nos proporciona la Tierra y respetando a todas las especies, de ahí la necesidad de reconsiderar otras formas de economía. La economía, como disciplina que trabaja con ideas creadas en la mente de la humanidad, nos ha arraigado la idea de que el bien vivir atañe a cuestiones relacionadas con capacidad financiera y adquisitiva.

De ahí que el análisis de los objetivos que persiguen la economía ecológica y la economía crematística, señala que sí hay diferencias notorias. La economía ecológica (como forma de economía alternativa) se describe como aquella que promueve el uso de los recursos materiales y energéticos de forma racional (Martínez y Schumann, 1991). Estos mismos autores plantean los contrastes

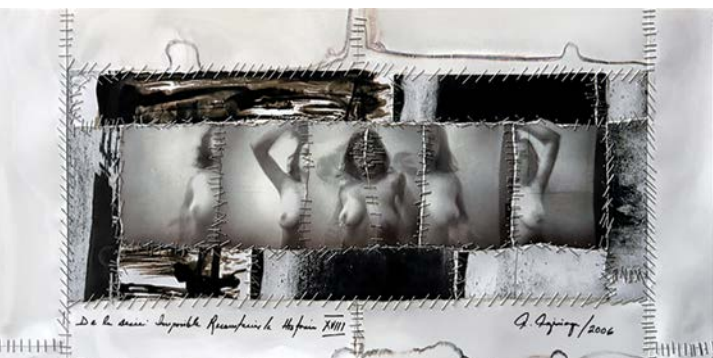
inexplicables para la misma ecología acerca del porqué en algunos lugares usan una tonelada de petróleo (en forma de combustible, fertilizante, plásticos) para la producción de alimentos para un solo individuo, y en otros lugares no usan nada de petróleo. Es un concepto que tiende a la sustentabilidad de forma igualitaria y justa para todas las especies de la biósfera. La economía crematística, en la visión de Soddi (citado en Martínez y Schumann, 1991), significó que los intereses empobrecían aún más a la gente pobre, aunque al corpus económico lo favorecía. Es decir, se obtiene beneficio a costa del trabajo asalariado; los capitalistas, por el hecho de prestar su dinero, acumulaban más y más dinero, situación nauseabunda y reprochable –sobre todo por las condiciones en que laboraban los obreros.

Otro dato relevante es lo referente a lo disímiles que son los ingresos per cápita en las naciones; de acuerdo con el Fondo Monetario Internacional (FMI) es abismal la fluctuación de entradas de los países con ingresos bajos y los que se encuentran en el *top 10* de la economía mundial (FMI, 2020), quedando de manifiesto que la economía crematística no funciona y que los países pobres no pueden aspirar a la sustentabilidad, ya que ¿cómo podrán aportar a la sustentabilidad con ingresos que no les alcanzan ni para sus necesidades básicas?: sobreviviendo con los desechos de los países industrializados (ver, como ejemplo, el caso de Canadá, que utiliza de basurero a algunos países asiáticos [De Santos, 2019]), en muchos de los casos.

¿SOPORTARÁ LA TIERRA

LA HECATOMBE MEDIOAMBIENTAL?

El círculo vicioso de explotar, tomar y dañar sin resarcir el perjuicio causado al entorno, provoca que se visualice el estado del mundo en términos medioambientales. No es para preocuparse, es para ocuparse, ya que es evidente la contaminación atmosférica y de los recursos hídricos, la ingente cantidad de residuos comunes y residuos tóxicos



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Imposible reconstruir la historia XIII*. Impresión a la plata, intervenida.

(ya no hay dónde esconderlos), y por supuesto el evidente y discutible cambio climático. Por todo lo anterior, se debe prestar atención a pronósticos como los realizados por Keating:

La atmósfera soporta la creciente presión de los gases de efecto invernadero que podrían provocar un cambio climático. El consumo de energía es una de las principales causas de emisiones (Keating, 1993, p. 67).

De lo anterior podemos remitirnos a los datos históricos del incremento de los gases de efecto invernadero, entre ellos el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), el humo negro. Si se analizan los datos estadísticos del dióxido de carbono de un par de siglos antes de la actualidad, los números alarman. De acuerdo con la organización Oceana:

A finales del siglo XIX, los niveles de dióxido de carbono eran de 280 partes por millón (ppm); actualmente, las concentraciones están alrededor de 380 ppm (Oceana.org, s.f.).

Este dato pareciera estéril, pero todos los otros gases van al alza y sus efectos se sienten en las metrópolis como la Ciudad de México. La necesidad de proteger los océanos y los recursos de agua dulce toma especial relevancia debido a que

forman parte de un elemento esencial para la vida, así como también forman parte del control climático y atmosférico (Keating, 1993). Se advierte que se deben tomar acciones inmediatas, ya que el 70 % de la contaminación de los mares proviene de actividades humanas terrestres: industria, construcción, agricultura, silvicultura y turismo, por lo que no se deben dejar de lado a los organismos marinos (Keating, 1993). Casi treinta años después continuamos en espera de que se tomen las acciones para dejar de contaminar los océanos de la Tierra. Otro signo de alarma para la naturaleza son los desechos, que muestran un aumento desmedido. Datos de la Organización Mundial de la Salud [OMS] señalan que cerca de 12.6 millones de personas mueren anualmente por enfermedades provocadas por la inadecuada eliminación de dichos desechos sólidos y aguas residuales (OMS, 2016). Además, los desechos contaminan aire, suelo y agua. Así las cosas, los pronósticos no son alentadores, ya que los desechos de los países industrializados, se predice, para el año 2050 se acrecentarán en un 70 % de acuerdo con un informe del Banco Mundial (Banco Mundial, 2016).

LOS MORADORES DE LA TIERRA, LOS QUE EXISTEN Y LOS QUE AÚN NO NACEN

¿Por qué divisar el futuro?, ¿debemos reservar recursos para las futuras generaciones? Se parte del hecho de que no se sabe ni hay certeza de si existirán esas personas, por lo tanto, se afirma que los agentes económicos no nacidos no pueden pronunciar sus predilecciones en las actividades comerciales vigentes. Así, se concluye que

[...] el mercado no puede asignar recursos a generaciones futuras, por el sencillo motivo de que estas deberían incurrir a él, lo que es físicamente imposible (Martínez y Schlupmann, 1991).

Sin embargo, se considera que esta es una conclusión mezquina y egoísta. El panorama es desolador. Sin duda que la problemática ambiental debe ser analizada en la óptica de la sustentabilidad

como un sistema complejo, ya que solo desde esta perspectiva se puede reflexionar en torno a lo ocurrido con la biósfera y sus habitantes. Si bien analizar un sistema complejo implica solo estudiar una parte del entorno, esta perspectiva permite una visión holística, porque circunscribe aspectos físicos, biológicos, sociales, económicos y políticos. Es imperativo reflexionar sobre la mencionada problemática, entendiendo que los sistemas de relaciones entre las comunidades interdependientes ligadas con la biósfera no son exclusivos de una especie; todos la compartimos y la biósfera nos ofrece cantidades finitas de recursos para nuestro bienestar y supervivencia. En otro orden de ideas correlacionado con la sustentabilidad, está la equidad, la cual puede tener variadas connotaciones que versan desde la perspectiva socioeconómica y por supuesto una no menos importante, la de género. Primeramente, respecto a la igualdad social, al parecer es un círculo vicioso que data de épocas vetustas; señala Giaquinta que el predicador Hermas

[...] quedó impresionado por la brecha que existía entre ricos y pobres. Unos tenían tanto que se enfermaban de hartura; y “otros”, por el contrario, no tienen qué comer y, por falta de alimentación suficiente, arruinan también su cuerpo y no gozan de salud (Giaquinta, 1982).

Al respecto, de acuerdo con la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CMAD), desde la década de 1980 la cuantía de gente que habita en moradas sórdidas se está incrementando –después de casi cuatro décadas, no hay muchos cambios. La carencia de acceso a servicios básicos como alcantarillado y agua potable sitúa –y en pleno siglo XXI sigue situando– en riesgo la salud a la población. Al respecto, no se pueden negar los esfuerzos que se hacen mediante programas sociales, pero resulta que el dinero no es la solución a la pobreza. Para muestra bastan los programas federales antipobreza de los 70 del pasado siglo en Estados Unidos (Laut, 1999). Las estrategias que implementa cada nación para disminuir la diferencia abismal entre ricos, pobres y

paupérrimos, en algunas naciones ha dado fruto; ejemplo: China e India. Estas naciones encontraron la senda del progreso, pues perseveraron con la educación de calidad. Así que, en plena Cuarta Revolución Industrial (2020), China e India ya están recogiendo frutos, no es coincidencia que estén en el grupo de países emergentes (BRIC); tampoco es casualidad que varias universidades asiáticas se consideren entre las mejores del mundo de acuerdo con el Suplemento de Educación Superior del *Times* de Londres (2020). Por su parte, Flavin lo divisaba en su relevante análisis: “Uno de los ingredientes claves del progreso económico es la educación” (Flavin, 2001). Y, por supuesto, esto se ve reflejado en sociedades que tienen mejor calidad de vida, porque están más instruidas y sensibilizadas sobre libertades y derechos, pero no ecoalfabetizadas. Respecto a la equidad de género, estudios señalan que no tomar en cuenta las necesidades e intereses del género femenino genera desequilibrios que debilitan el desarrollo sostenible de una nación (UNESCO, s.f.). Es por ello que desde el Estado se deben gestar políticas públicas que garanticen igualdad, para que las niñas y jóvenes mujeres tengan las mismas oportunidades para estudiar. También tener acceso a educación sexual,

© **Angela Arziniaga**. De la serie *Imposible reconstruir la historia XVI*. Impresión a la plata, intervenida.



seguridad y la libertad de decidir sobre su vida, además de proteger al género femenino de la agresión sexual, del acoso laboral, la violencia y la discriminación. Dicha protección debe estar materializada con acciones contundentes, no como parte de la retórica política. Al menos en México se reconoce como un intento por consolidar la equidad de género la integración de la perspectiva de género en las políticas, programas y presupuestos (Gobierno Federal, 2021). En este mismo orden de ideas, uno de los Principios de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en nuestro país, específicamente el principio 15, invita a una mayor participación del género femenino.

Las mujeres cumplen una importante función en la protección, preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y en el desarrollo. Su completa participación es esencial para lograr el desarrollo sustentable (LGEEPA, 1988).

Así, pues, advertimos que está en la ley, ahora tenemos el imperativo ético de respaldar y ejecutar dicho principio.

CONCLUSIONES

Los datos son significativos, por lo que nos percatamos que todo está correlacionado, porque mientras siga existiendo pobreza, aunada a la falta de conocimiento, seguirá existiendo una inequitativa distribución de la riqueza del mundo y por supuesto esto impactará al medio ambiente; por lo tanto, la sustentabilidad será una utopía.

Afortunadamente, es cierto que cada vez sumamos más y más adeptos a esta posibilidad de un México ecoalfabetizado, el problema es que no hay mucho tiempo. Se concuerda con lo expresado por el autor del término ecoalfabetización:

[...] la transición hacia un futuro sostenible no es ya un problema técnico ni conceptual, sino



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Imposible reconstruir la historia XVII*. Impresión a la plata, intervenida.

que es una cuestión de valores y de voluntad política (Capra, 2002, p. 325).

Por lo que no se debe de responsabilizar del todo a nuestros gobernantes y políticos. Actue-mos como sociedad civil con una visión común de bienestar, recordemos que el comportamiento cooperativo no debe ser un rasgo exclusivo del reino animal (hormigas, abejas), rasgo percibido por Aristóteles, por eso les llamó criaturas políticas (Ball, 2010, p. 154).

Entonces, el término ecoalfabetización significa entender y aprender que no somos entes autónomos de la Tierra, somos elementos interconectados a un todo (la biósfera), por lo que es la escuela el lugar propicio para reflexionar y, sobre todo, proponer acciones que consoliden una sociedad justa y equitativa, donde los actores (autoridades, estudiantes y docentes) materialicen propuestas que acrediten al desarrollo sostenible (Parra, 2018). Lo anterior debe ser constatable, porque el hecho de disponer de coordinaciones, planes, proyectos, programas con el patronímico de sustentable, se lee admirable, empero, es estéril.

Por ello, si los seres humanos actuáramos como criaturas políticas podríamos trabajar en equipo, y quizá lograríamos evolucionar y afrontar las nuevas condiciones medioambientales y biológicas. En este tenor, es esperanzador saber que desde organizaciones no gubernamentales (World Wildlife Fund), empresas (Schenider Electric SE), centros

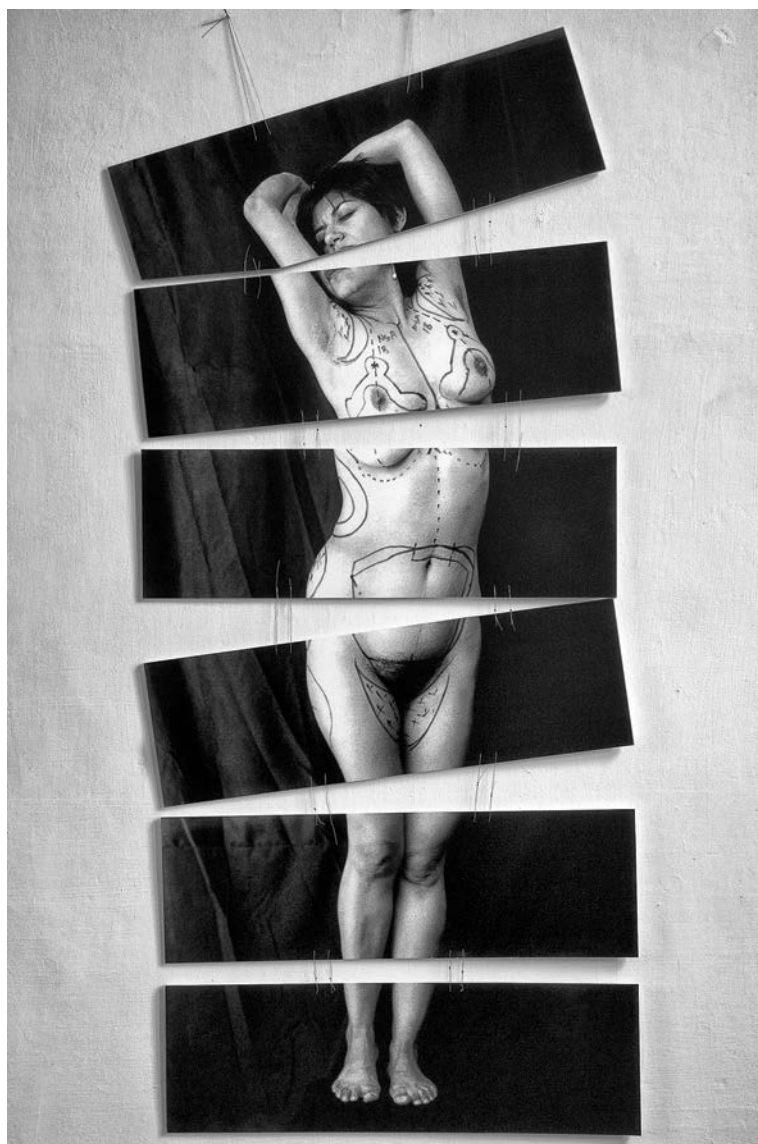
de conocimiento (Universidad de Nottingham), etc., se esbozan las directrices para formar la siguiente generación de ciudadanos sustentables.

Coincido con los ecologistas radicales como Bowler, sobre relacionarnos con la Tierra atendiendo que es “un sistema femenino, orgánico, que alimenta a toda la vida, incluida la nuestra” (Bowler, 1998, p. 398). Entonces, quien profese afecto a su madre, también debe amar a su Madre Tierra con acciones contundentes y afecto a todo lo que en ella habite.

REFERENCIAS

- Ball P (2010). *Masa crítica: cambio, caos y complejidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Banco Mundial (2018). *Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes*. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>.
- Bowler P (1998). Ecología y Ecologismo. En Bowler P (Ed.), *Historia Fontana de las Ciencias Ambientales* (pp. 369-406). México: Fondo de Cultura Económica.
- Capra F (2002). *Las conexiones ocultas: implicaciones sociales, medioambientales, económicas y biológicas de una nueva visión del mundo*. Barcelona: Anagrama
- Casas A, Torres I, Delgado A, Rangel S, Ilsley C, Torres J, Cruz A, Parra F, Moreno A, Camou A, Castillo A, Ayala B, Blancas J, Vallejo M, Solís L, Bullen A, Ortiz T y Farfán B (2017). Ciencia para la sustentabilidad: investigación, educación y procesos participativos. *Revista mexicana de biodiversidad* 88:113-128.
- Cruz A (2019). *De los socialismos utópicos a la criptoconomía: ¿Qué nos enseña el pasado sobre la economía del futuro?* (Bachelor's thesis, Uniandes).
- De Santos J (2019). ¿El sudeste asiático es el basurero del mundo? *Euronews*. <https://es.euronews.com/2019/05/30/el-sudeste-asiatico-es-el-basurero-del-mundo>.
- Flavin C (2001). *Rich planet, poor planet. State of the World*. En Starke L (Ed.), *State of the World 2002: A World watch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. (pp.3-20). WW Norton & Company.
- Fondo Monetario Internacional (2020). *Listado de países en orden alfabético con su respectivo PIB per cápita*. Recuperado en: <https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOORLD/USA>.
- García R (2021). La contradicción fundamental de la transición socialista: ¿económica o ideológica? *Economía y Desarrollo* 165(1):1-15.
- Giaquinta CJ (1982). El amor al dinero: "Idolatría" y "Raíz de todos los males". Lecciones de patrística para los problemas de hoy. *Teología: revista de la Facultad de Teología de la Pontificia Universidad Católica Argentina* 40:157-177.
- Gobierno Federal (2021). Programa de Fortalecimiento a la Transversalidad de la Perspectiva de Género. Ciudad de México: Instituto Nacional de las Mujeres.
- Keating M (1993). *Cumbre para la Tierra programa para el cambio El programa 21 y los demás acuerdos de Río de Janeiro en versión simplificada*. Suiza: El centro para Nuestro Futuro Común.
- Laut P (1999). *El dinero es mi amigo. Las cuatro leyes de la riqueza y el éxito económico*. México: Grupo Editorial Tomo.
- Martínez J y Schlüpmann K (1991). Introducción, economía y ecología. Cuestiones fundamentales. En *La ecología y la economía* (pp. 11-35). México: Fondo de Cultura Económica.
- Marulanda E y Uribe M (2009). Fracaso del neoliberalismo y su modelo de desarrollo, *El. Rev. Prop. Inmaterial* 13:119.
- Oceana.org (s.f.). *Contaminantes atmosféricos, históricos* [online]. Recuperado en: <http://eu.oceana.org/es/node/46897>.
- Organización Mundial de la Salud (2016). Cada año mueren 12,6 millones de personas a causa de la insalubridad del medio ambiente. Recuperado <https://www.who.int/es/news/item/15-03-2016-an-estimated-12-6-million-deaths-each-year-are-attributable-to-unhealthy-environments>.
- Política C (1988). Ley general del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.
- Real Academia Española (2020). Economía. En *Diccionario de la lengua española (30ª ed)*. Recuperado en: <http://dle.rae.es/srv/fetch?id=ELVW605>.
- Organización de las Naciones Unidas (2019). La población mundial sigue en aumento, aunque sea cada vez más vieja. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2019/06/1457891>.
- Parra SC (2018). Eco-alfabetización. *Infancias Imágenes* 17(1):117-124.
- Pontificia Universidad Católica de Chile (2017). Sustentabilidad Teología UC. Recuperado de: <https://sso.uc.cl/cas/login?service=https%3A%2F%2Fteologia.uc.cl%2Fes%2Fnoticias%2F147-sustentabilidad-teologia-uc&gateway=true>.
- Suplemento de Educación Superior del Times de Londres, 2020.
- UNESCO (s.f). Igualdad de Género. Recuperado de: <https://es.unesco.org/creativity/sites/creativity/files/digital-library/cdis/Igualdad%20de%20genero.pdf>.
- Velayos C (2008). ¿Qué sostenibilidad?: una lectura desde la Filosofía Práctica. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global* 101:13-26.

Fabiola Escobar Moreno
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada
Instituto Politécnico Nacional
fescobar@ipn.mx



© **Angela Arziniaga.** De la serie *Éidolon*. Giclée intervenida, 2000.

Importancia de las interacciones en el mantenimiento de la diversidad

Dulce María Figuroa Castro

Las interacciones ecológicas son esenciales para garantizar el mantenimiento de los ecosistemas, ya que gracias a ellas somos beneficiarios de diversos servicios ecosistémicos, como la formación de suelo, el ciclo de nutrientes (servicios de soporte), alimentos, agua (servicios de aprovisionamiento) y servicios de regulación (del clima, de residuos y de enfermedades, así como polinización; European Commission, 2010; Balvanera, 2012; Camacho-Valdez y Ruiz-Luna, 2012).

Interacciones como el mutualismo regulan el proceso de polinización de las plantas, lo que se traduce en la producción de alimentos para diversos organismos. Asimismo, las interacciones de competencia y depredación regulan las poblaciones de plagas y de vectores de enfermedades, actuando como control biológico de organismos nocivos. De manera similar, las interacciones entre las plantas y los organismos que habitan en el suelo permiten regular el mantenimiento del suelo, el ciclo hidrológico y los ciclos de nutrientes (Balvanera y Cotler, 2011). Entonces, globalmente, las interacciones entre los organismos y su medio (biótico y abiótico) permiten la regulación del clima, de la calidad del aire, de las respuestas a eventos naturales extremos (Balvanera y Cotler, 2011) y en general, regulan la biodiversidad de los ecosistemas (Camacho-Valdez y Ruiz-Luna, 2012). Estos servicios garantizan el mantenimiento de las funciones ecosistémicas.

Por lo tanto, es indudable la importancia de garantizar la conservación de las interacciones ecológicas (tanto bióticas como abióticas).

Desafortunadamente, los programas de conservación suelen estar enfocados en una especie de interés y, aunque esta estrategia ha permitido preservar las poblaciones de diversos organismos, cada vez hay más evidencias que demuestran que los programas de conservación deben ser integrales, no solo enfocados en la población de la especie de interés, sino también considerando las interacciones que esa especie tiene en su hábitat. En este sentido, una visión integral de conservación es esencial para asegurar no solo la conservación de las especies de interés, sino también el funcionamiento de los ecosistemas (Soulé *et al.*, 2003; Bennett *et al.*, 2009). De esta manera se garantizará la permanencia a largo plazo tanto de la especie de interés como del ecosistema, ya que al asegurar la conservación de las interacciones, se preservan las condiciones y los recursos requeridos por dicha especie, mismos que obtiene de aquellas especies con las que coexiste e interactúa en el ecosistema.

La importancia de las interacciones bióticas en el mantenimiento de los ecosistemas ha sido puesta de manifiesto en diversos trabajos. Particularmente, las interacciones de competencia y depredación han sido consideradas como mecanismos reguladores de la estructura de las comunidades (Menge y Sutherland, 1976; Grange y Duncan, 2006; Chesson y Kuang 2008; Ritchie y Johnson, 2009; Pierce *et al.*, 2012). En una revisión bibliográfica realizada por Ritchie y Johnson (2009), se encontró que los superdepredadores (*i.e.* aquellos que ocupan el eslabón más alto en las cadenas tróficas) controlan la estructura de la comunidad a través de la regulación que ejercen sobre los mesodepredadores de los que se alimentan. De esta manera, la presencia de los superdepredadores regula las poblaciones de mesodepredadores, favoreciendo el aumento de las poblaciones de los niveles tróficos inferiores. Por ejemplo, Johnson *et al.* (2007) analizaron los cambios sufridos

por las poblaciones de pequeños mamíferos tras la disminución de las poblaciones de dingos *Canis lupus dingo* en Australia. Estos autores concluyen que las zonas en las que los dingos persistieron coinciden con el rango de distribución de pequeños mamíferos como los marsupiales. Por el contrario, en zonas en las que los dingos fueron eliminados, los mesodepredadores ejercieron control de los marsupiales, ocasionando su extinción en gran parte del continente australiano (Johnson *et al.*, 2007). Evidentemente, la eliminación del superdepredador (*i.e.* dingo) ocasionó un cambio en cascada en los niveles tróficos inferiores, afectando la estructura y funcionamiento del ecosistema.

Por su parte, el estudio de Grange y Duncan (2006) ejemplifica cómo las interacciones de competencia actúan como mecanismos reguladores de la comunidad. Estas autoras analizaron el efecto de la disponibilidad de alimento sobre los cambios en abundancia y biomasa de la comunidad de herbívoros (*i.e.* cebra *Equus quagga*, el búfalo *Syncerus caffer* y el ñú *Connochaetes taurinus*) de la sabana africana así como de su principal depredador, el león *Panthera leo*. Los resultados obtenidos por Grange y Duncan (2006) muestran que las poblaciones de búfalos y ñús, así como las de los leones están fuertemente reguladas por la disponibilidad de recursos, es decir, por las interacciones de competencia. Y, aunque la competencia también mostró ser una fuerza reguladora de las poblaciones de cebras, se observó que el impacto de la depredación era mucho mayor (Grange y Duncan, 2006).

En conjunto, estos estudios ponen de manifiesto la importancia de la depredación y la competencia como mecanismos reguladores de las comunidades. Además, a través de estos estudios queda demostrado cómo pequeños cambios en un componente de la comunidad (por ejemplo, la eliminación del dingo o de los leones) puede causar grandes cambios en otros niveles tróficos (*i.e.* incremento de las poblaciones de marsupiales o de cebras), lo que puede a su vez, tener efectos importantes no sólo en la estructura de la comunidad, sino también en su funcionamiento. Conservar una especie en



© Angela Arziniaga. De la serie *El génesis y las nuevas ideas I*. Impresión giclée.

particular, por ejemplo un mesodepredador, implicaría la eliminación de las poblaciones de sus depredadores y los consecuentes efectos negativos sobre las poblaciones de los niveles tróficos inferiores. Por lo tanto, para garantizar la conservación de las especies, es fundamental conocer las interacciones que tienen lugar en los ecosistemas en que se distribuyen, no solo aquellas en las que participa la especie de interés, sino las establecidas por otros organismos dentro de ese ecosistema.

Por otro lado, además de las interacciones entre distintas especies de organismos, es importante reconocer las que mantienen con su medio abiótico en el contexto de la conservación. Un ejemplo de cómo el medio abiótico es determinante en la preservación de los organismos lo ofrece el oso polar, *Ursus maritimus*. Hoy en día, esta especie se considera en riesgo debido a los cambios que ha sufrido su hábitat como consecuencia del cambio climático (Hunter *et al.*, 2010). Particularmente, el derretimiento de los hielos ocasionado por el incremento de la temperatura en los últimos años, tiene efectos dramáticos en las poblaciones de osos, ya que los hielos árticos son esenciales para que estos organismos puedan acceder a sus presas principales. Ante el derretimiento de los hielos, los osos deben nadar más y recorrer grandes distancias para poder encontrar a sus presas. Consecuentemente, muchos de ellos mueren por ahogamiento o hambruna. El análisis poblacional realizado por Hunter *et al.* (2010) muestra una clara

tendencia hacia la desaparición de las poblaciones de osos en las próximas décadas si no se detiene el derretimiento de los hielos polares. Este es un magnífico ejemplo de cómo las interacciones de los organismos con su medio ambiente abiótico también deben ser consideradas en los programas de conservación de las especies. En el caso de los osos polares, evitar la caza o proteger a la especie en sí, difícilmente evitará la disminución en sus poblaciones, pues la permanencia de los hielos es un elemento esencial para su alimentación y al no contemplarlo dentro de los programas de conservación, las tendencias evidenciadas por Hunter *et al.* (2010) parecen irreversibles.

Por otro lado, también es importante considerar las interacciones de polinización y dispersión, ya que además de garantizar la subsistencia de especies, también aseguran el funcionamiento de los ecosistemas. La polinización y la dispersión garantizan el mantenimiento de los ecosistemas; la primera a través de la reproducción de las plantas y la segunda a través de la renovación continua de la vegetación (Willmer, 2011; Sapir *et al.*, 2015). En cualquier ecosistema es indispensable que ocurran estas interacciones para que la vegetación, base de las redes tróficas, se renueve y mantenga a largo plazo. En este sentido, desarrollar estrategias de conservación de una especie de interés sin considerar interacciones como estas, que de



© Angela Arziniaga. De la serie *El génesis y las nuevas ideas LI*. Impresión giclée.

manera indirecta impactan en la biología, ecología y persistencia de las poblaciones de otras especies coexistentes es un error.

En las últimas décadas se ha documentado una marcada disminución de las poblaciones de polinizadores, particularmente abejas, quedando de manifiesto que enfrentamos una crisis de polinizadores (Kearns *et al.*, 1998; Cox y Elmqvist, 2000; Neumann y Carreck, 2010; Potts *et al.*, 2010; Willmer, 2011; Sinnathamby *et al.*, 2013; Sapir *et al.*, 2015; Ollerton, 2017).

La pérdida de polinizadores no solo afecta a las especies involucradas (*i.e.* plantas y animales como insectos, aves y murciélagos), sino que de manera indirecta también puede determinar la prevalencia de poblaciones de especies en los niveles tróficos superiores. Las interacciones de polinización impactan directamente en diversos aspectos de la comunidad vegetal; por ejemplo, el éxito de la polinización favorece la producción de semillas y frutos en mayor cantidad y tamaño, la viabilidad de las semillas producidas, el reclutamiento, la riqueza específica y la abundancia de especies vegetales en los ecosistemas a la vez que contrarresta los niveles de endogamia en las especies vegetales (Rosado, 2005; Biesmeijer *et al.*, 2006; Kremen *et al.*, 2007; Brosi y Briggs, 2013; Lundgren *et al.*, 2016). Más allá de sus efectos sobre las poblaciones de las especies interactuantes,

las interacciones de polinización garantizan la disponibilidad de alimento (tejidos vegetales, semillas, polen, néctar, frutos) a una amplia gama de organismos, como herbívoros, microorganismos, hongos, insectos parásitos, frugívoros y granívoros (Rosado, 2005; Kremen *et al.*, 2007; Ollerton, 2017), así como a los carnívoros que dependen de estos para su supervivencia.

A una escala más amplia, las interacciones de polinización contribuyen al mantenimiento de la diversidad vegetal y de la productividad primaria en los ecosistemas (Rosado, 2005). Y, en última instancia, influyen en servicios de regulación y de soporte como el control de las inundaciones, de la erosión y del clima, la purificación del agua, la fijación de nitrógeno y el secuestro de carbono (Kremen *et al.*, 2007). Resulta evidente que las interacciones de polinización deben ser consideradas de manera integral en planes de manejo y conservación de especies.

En los párrafos anteriores hemos revisado distintos ejemplos que ponen de manifiesto la importancia de las interacciones no solo para la preservación de especies focales, sino también para garantizar el mantenimiento y funcionalidad de los ecosistemas. Es imperativo que los programas de manejo y conservación de especies sean implementados con una visión integral, en la que el objetivo sea garantizar la preservación de las interacciones (Valiente-Banuet *et al.*, 2015); o bien, de aquellas especies que establecen numerosas

interacciones (*i.e.* especies hiperconectadas; Crain y Bertness, 2006; Valiente-Banuet *et al.*, 2015).

Asegurar que las interacciones desarrolladas dentro de un ecosistema dado se mantengan será determinante para preservar la estabilidad de las comunidades y, por lo tanto, la biodiversidad de los ecosistemas (Mougi y Kondoh, 2012). Después de todo, el establecimiento de interacciones entre distintos organismos ha sido parte fundamental en la evolución de los seres vivos. La interacción entre organismos unicelulares, por ejemplo, marcó la evolución de una diversidad biológica exclusivamente procariota hacia una que también contempló las formas eucariotas (Price, 1988). De manera similar, las interacciones planta-polinizador han favorecido la generación de una gran biodiversidad en el planeta (Rosado, 2005), particularmente de las angiospermas. Por lo tanto, si el origen, evolución y ecología de la biodiversidad taxonómica que conocemos hoy en día ha sido fuertemente determinado por interacciones ecológicas, es imperativo integrar esa visión en las estrategias de conservación.

REFERENCIAS

- Balvanera P (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21:136-147.
- Balvanera P y Cotler H (2011). Los servicios ecosistémicos. *Biodiversitas* 94:7-11.
- Bennett AF, Haslem A, Cheal DC, Clarke MF, Jones RN, Koehn JD, Lake PS, Lumsden LF, Lunt ID, Mackey BG, Nally RM, Menkhurst PW, New TR, Newell GR, O'Hara T, Quinn GP, Radford JQ, Robinson D, Watson JEM and Yen AL (2009). Ecological processes: a key element in strategies for nature conservation. *Ecological Management and Restoration* 10:192-199.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J and Kunin WE (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313:351-354.
- Brosi BJ and Briggs HM (2013). Single pollinator species losses reduce floral fidelity and plant reproductive function. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110:13044-13048.
- Camacho-Valdez V y Ruiz-Luna A (2012). Marco conceptual y clasificación de los servicios ecosistémicos. *BioCiencias* 1:3-15.
- Chesson P and Kuang JJ (2008). The interaction between predation and competition. *Nature* 456:235-238.
- Cox PA and Elmqvist T (2000). Pollinator extinction in the Pacific islands. *Conservation Biology* 14:1237-1239.
- Crain CM and Bertness MD (2006). Ecosystem engineering across environmental gradients: implications for conservation and management. *BioScience* 56:211-218.
- European Commission (2010). Ecosystem goods and services. KH-78-09-554-EN-D. Consultado en: http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Eco-systems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_EN.pdf.
- Grange S and Duncan P (2006). Bottom-up and top-down processes in African ungulate communities: resources and predation acting on the relative abundance of zebra and grazing bovinds. *Ecography* 29:899-907.
- Hunter CM, Caswell H, Runge MC, Regehr EV, Amstrup SC and Stirling I (2010). Climate change threatens polar bear populations: a stochastic demographic analysis. *Ecology* 91:2883-2897.
- Johnson CN, Isaac JL and Fisher DO (2007). Rarity of a top predator triggers continent-wide collapse of mammal prey: dingoes and marsupials in Australia. *Proceedings of the Royal Society B* 274:341-346.
- Kearns CA, Inouye DW and Waser NM (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:83-112.
- Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Packer L, Potts SG, Roulston T, Steffan-Dewenter I, Vázquez DP, Winfree R, Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein A-M, Regetz J and Ricketts TH (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters* 10:299-314.
- Lundgren R, Totland O and Lázaro A (2016). Experimental simulation of pollinator decline causes community-wide reductions in seedling diversity and abundance. *Ecology* 97:1420-1430.
- Menge BA and Sutherland JP (1976). Species diversity gradients: synthesis of the role of predation, competition, and temporal heterogeneity. *The American Naturalist* 110: 351-369.
- Mougi A and Kondoh M (2012). Diversity of interaction types and ecological community stability. *Science* 337:349-351.
- Neumann P and Carreck NL (2010). Honey bee colony losses. *Journal of Apicultural Research* 49:1-6.
- Ollerton J (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 48:353-376.
- Pierce BM, Bleich VC, Monteith KL and Bowyer RT (2012). Top-down versus bottom-up forcing: evidence from mountain lions and mule deer. *Journal of Mammalogy* 93: 977-988.
- Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O and Kunin WE (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution* 25:345-353.

Price PW (1988). An overview of organismal interactions in ecosystems in evolutionary and ecological time. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 24:369-377.

Ritchie EG and Johnson CN (2009). Predator interactions, mesopredator release and biodiversity conservation. *Ecology Letters* 12:982-998.

Rosado GMA (2005). *Polinizadores y Biodiversidad*. Informe Técnico. Asociación Española de Entomología, Jardín Botánico Atlántico y Centro Iberoamericano de la Biodiversidad, Madrid, España.

Sapir Y, Dorchin A and Mandelik Y (2015). Indicators of pollinator decline and pollen limitation. En Armon R y Hänninen O (Eds.), *Environmental indicators* (pp. 103-115). Springer, Dordrecht, Holanda.

Sinnathamby S, Assefa Y, Granger A, Tabor L and Douglas-Mankin K (2013). Pollinator decline: US agro-socio-economic impacts and responses. *Journal of Natural and Environmental Sciences* 4:1-13.

Soulé ME, Estes JA, Berger J and Martínez C (2003). Ecological effectiveness: conservation goals for interactive species. *Conservation Biology* 17:1238-1250.

Valiente-Banuet A, Aizen MA, Alcántara JM, Arroyo J, Cocucci A, Galletti M, García M B, García D, Gómez JM, Jordano P, Medel R, Navarro L, Obeso JR, Oviedo R, Ramírez N, Rey RJ, Traveset A, Verdú M and Zamora R (2015). Beyond species loss: the extinction of ecological interactions in a changing world. *Functional Ecology* 29:299-307.

Willmer P (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press, Princeton, Nueva Jersey.

Dulce María Figueroa Castro
Facultad de Ciencias Biológicas
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
figgery@gmail.com

© Angela Arziniaga. De la serie *Guerra mental y pájaros en la cabeza II*. Impresión a la calotia, 2020.



Obra gráfica

Angela **Arziniaga González**



© Angela Arziniaga. De la serie *Interiores VII*. Técnica mixta.

Es egresada de la Facultad de Artes Plásticas de la Universidad Veracruzana donde fue alumna, en la especialidad de Fotografía, de los maestros Nacho López y Miguel Fematt.

Desde 1980 ha participado en múltiples exposiciones individuales y colectivas en México y en el extranjero. Colabora en publicaciones culturales y de carácter científico. Es miembro fundador e impulsora de asociaciones culturales en el país, así como de eventos de carácter artístico-cultural.

Su obra la ha hecho merecedora de distintos reconocimientos nacionales e internacionales en diversos ámbitos.

Ha impartido clases en la Universidad Veracruzana, Universidad de las Américas, Universidad Iberoamericana, Universidad Bauhaus, Universidad Autónoma de Chapingo y en el Centro Integral de Fotografía.

En la actualidad, trabaja de manera independiente en su taller, Gabinete Fotográfico. Recientemente se ha centrado a la investigación en procesos antiguos.

© **Angela Arziniaga**. De la serie *Interiores XV*.
Técnica mixta.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Interiores XVI*. Técnica mixta.



Abordar la trayectoria de Angela Arziniaga no es una tarea fácil pues podríamos navegar en la superficialidad de calificarla como una fotógrafa involucrada en procesos fotográficos antiguos en una era digital. Atrás ha quedado la idea de aquel artista masculino con genio innato, aislado en su taller.

Atestiguamos hoy en día la producción artística en modalidades más complejas debido a diferentes efectos sociales, políticos y culturales. Las prácticas artísticas también deberían ser leídas en mayor profundidad de forma y fondo, evidenciando críticamente estas preocupaciones.

Propondría dos lecturas diferentes sobre la obra de la autora: por un lado, como artista investigadora y, en paralelo, como alquimista. En primer lugar, el campo de la investigación artística pone énfasis en los procesos y las metodologías, pero también en una constante actividad reflexiva ontológica.

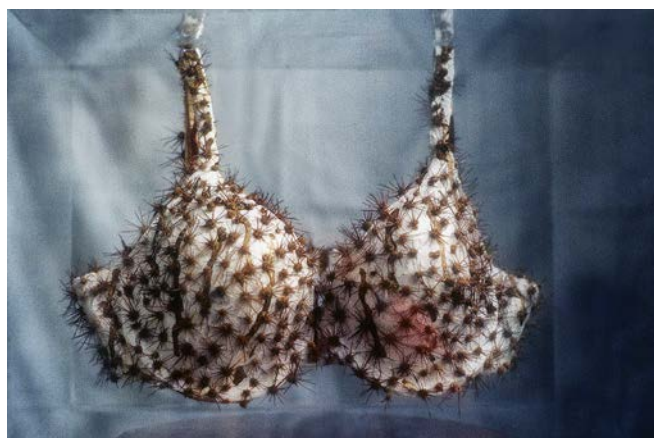
Se trata de un diálogo personal constante en el proceso de ser mujer, artista e investigadora. Y como alquimista desde una dedicación cuidadosa sobre la transformación de materiales químicos y físicos sin descuidar la minuciosidad del proceso; refiero a su trabajo con procesos fotográficos del siglo XIX como ambrotipos, daguerrotipos y ferrotipos.

En su obra, la corporalidad ha sido un lugar que está en juego, en meditación, en actividad performática, que dialoga con los espacios y con otros cuerpos. Una mirada introspectiva en complicidad de su cámara, que origina sus propios códigos como puentes rizomáticos para hacer llegar al espectador a fuerzas invisibles, creando límites y tensiones, así como una estética con consecuencias políticas.

Claudia Castelán



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Interiores III*. Técnica mixta.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Interiores XXII*. Técnica mixta.



© Angela Arziniaga. De la serie *Interiores XXXI*. Técnica mixta.

Proyecto Sonozotz: descubriendo las voces de los murciélagos de México

M. Cristina **MacSwiney G.**
Verónica **Zamora-Gutiérrez**
Jorge **Ortega**

Los murciélagos son el segundo grupo de mamíferos más diverso con aproximadamente 1,400 especies mundialmente descritas hasta la fecha. Estos mamíferos son un importante referente debido a los roles ecológicos que juegan en los ecosistemas, además de presentar una alta diversidad de hábitos alimentarios, por lo que son considerados un grupo clave para el funcionamiento integral de los ecosistemas. Así mismo, cabe resaltar que el grupo de los murciélagos presenta características únicas y distintivas como son el vuelo, los llamados de ecolocalización, tasas de longevidad muy largas comparadas con otros grupos taxonómicos de tamaño similar, un sistema inmune característico que le permite coevolucionar con parásitos, entre otras.

Entre la particularidad de los hábitos alimentarios de los murciélagos, resaltan las especies que consumen insectos, ya que pueden llegar a ser supresores de plagas. Este grupo de murciélagos ha llamado particular atención en los últimos años por sus características peculiares de ecolocalización (llamados con mucha energía que emiten en casi todo momento mientras están activos) que les confiere un gran potencial para estudiarlos



Figura 1. Murciélago insectívoro *Idionycteris phyllotis*. Foto: Juan Cruzado Cortés.

y monitorearlos a través del sonido que emiten. (Figura 1).

Los llamados de ecolocalización de los murciélagos empezaron a conocerse a finales de la década de 1950, cuando se desarrolló la tecnología para poder registrar los sonidos ultrasónicos que ellos producen. Cuando hablamos de sonidos ultrasónicos, nos referimos a aquellos fuera del rango auditivo (20 Hz a 20 kHz) del ser humano y que tienen una frecuencia de más de 20 kHz. Los murciélagos, a veces, emiten sonidos de baja frecuencia que nosotros sí podemos escuchar, pero la mayoría de ellos vocaliza por arriba de los 30 kHz y algunas especies incluso llegan a usar frecuencias hasta de 120 kHz. Con el avance de la ciencia acústica se han ido obteniendo sonidos particulares para varias especies, lo cual ha permitido la identificación y discriminación de algunas de ellas sin necesidad de capturar especímenes. Además, la tecnología ha hecho económicamente más accesibles los detectores ultrasónicos, lo que ha ocasionado que estos dispositivos se hayan vuelto herramientas populares e indispensables para la generación de inventarios completos de comunidades de murciélagos, y para determinar el uso del

hábitat de algunas especies en diferentes regiones del mundo (Grinell *et al.*, 2016). Sin embargo, el uso de detectores tiene una aplicabilidad limitada, debida principalmente a la gran variabilidad intra e interespecífica en los llamados de ecolocalización, la sensibilidad de los micrófonos dependiente de las condiciones ambientales y hasta la complejidad del hábitat a muestrear.

A la fecha, se han publicado bibliotecas de llamados de ecolocalización de murciélagos para varios países, y son las naciones con menos complejidad de hábitats y con menos especies las que más frecuentemente han realizado estos compendios. Sin embargo, lograr una adecuada compilación de ultrasonidos de la quiroptero fauna (variedad de especies de murciélagos) en países ecológicamente complejos con una adecuada representatividad geográfica, territorial y taxonómica es un desafío. México es un país con una gran diversidad de murciélagos con sus cerca de 140 especies, de las cuales aproximadamente el 60 % son insectívoras con un alto potencial de grabación e identificación acústica. No obstante, muchas de estas especies son difíciles de capturar dado que perchan en refugios muy altos o se encuentran en hábitats muy

Figura 2. Murciélago pescador *Myotis vivesi*, especie endémica de México cuyo sonido fue grabado en Isla Partida, en el Mar de Cortés. Foto: Cristina Mac Swiney.



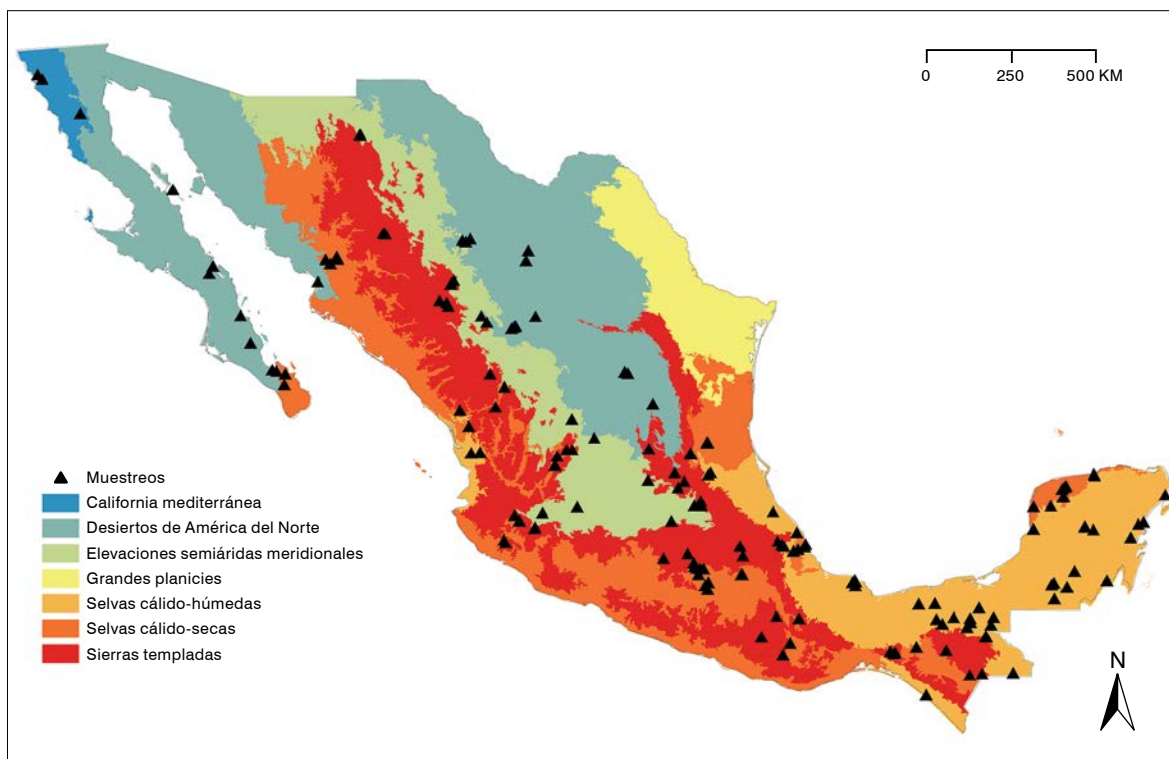


Figura 3. Distribución del esfuerzo de muestreo del proyecto Sonozotz en las diferentes ecorregiones del país. Mapa elaborado por Verónica Zamora-Gutiérrez.

reducidos, lo que ha dificultado su estudio, como es el caso del murciélago pescador *Myotis vivesi* (Figura 2).

CONSTRUCCIÓN DE BIBLIOTECA ACÚSTICA NACIONAL SONOZOTZ

El proyecto Sonozotz-AMMAC-CONABIO “Compilación de fonoteca de referencia de los murciélagos insectívoros de México, Fase 1”, surgió por la necesidad de contar con una biblioteca nacional de referencia de llamados de murciélagos que reuniera la gran variabilidad de los llamados de las especies mexicanas.

En el marco de los congresos nacionales de mastozoología organizados por la Asociación Mexicana de Mastozoología A.C. (AMMAC), un grupo nutrido de investigadores de diferentes instituciones decidió organizarse para llevar a cabo la propuesta del proyecto, la cual fue financiada por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), dependencia gubernamental

mexicana con la misión de promover y apoyar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica. Para lograr la enorme tarea de compilar los llamados de murciélagos en todo el territorio mexicano, se propuso una división del país en ocho regiones con base en la topografía, complejidad ambiental y la cobertura taxonómica, privilegiando el muestreo en sitios seguros y que fueran logísticamente manejables.

Las colectas de murciélagos se realizaron en un abanico de ambientes que incluyeron desde sitios con vegetación desértica hasta localidades con selvas altas perennifolias (Figura 3). Se atraparon murciélagos en zonas arqueológicas, cuevas, minas abandonadas, edificios en ciudades, ríos, cenotes, parches de vegetación e incluso en una isla en el Golfo de California.

Un factor clave para el éxito del proyecto fue la realización de un taller de estandarización, en el que se definió el protocolo de muestreo y toma



Figura 4. Algunas de las especies de murciélagos insectívoros grabados durante el proyecto Sonoztz. a) *Lasiurus cinereus*. Foto: Verónica Zamora Gutiérrez. b) *Molossus rufus*. Foto: Juan Cruzado Cortés. c) *Natalus mexicanus*. Foto: Verónica Zamora-Gutiérrez. d) *Rhogeessa tumida*. Foto: Juan Cruzado Cortés.

de datos. En este protocolo se establecieron qué técnicas de liberación y ambientes de grabación eran los más adecuados para obtener los llamados de ecolocalización característicos de las diferentes especies de murciélagos insectívoros.

Además, se determinó qué información complementaria era necesaria en cada individuo grabado, tal como la identificación específica, el sexo, edad, estado reproductivo y medidas estándares. Una vez ajustada la metodología, se realizaron tres talleres regionales en el sur, centro y norte del país para poner en práctica el protocolo de muestreo del proyecto y de esta manera entrenar a más participantes de todas las regiones en la colecta y toma de datos, lo que derivó en la colaboración de cerca de 170 personas.

Durante el desarrollo del proyecto se logró capturar 1,664 individuos pertenecientes a 69 especies de murciélagos insectívoros de siete de las ocho familias de murciélagos de México. De los murciélagos capturados se registraron exitosamente cerca de 1,960 llamados de ecolocalización a través de diferentes técnicas de grabación. La riqueza de murciélagos obtenida representa el 50 % de

las especies de todo México y el 64 % de las especies predominantemente insectívoras, respectivamente (Figura 4).

Los murciélagos fueron capturados en 185 localidades que cubrieron la mayoría de las ecorregiones de México. Las familias Vespertilionidae y Mormoopidae fueron las que tuvieron mejor representación en la biblioteca. La mayoría de las especies de estas familias cazan insectos entre la vegetación a bajas alturas, por lo que colocar las redes cerca de cuerpos de agua en los hábitats donde se alimentan, o bien, afuera de sus refugios, cuevas principalmente, fue clave para su registro.

En contraste, la familia Molossidae fue la menos representada debido a que cuenta con especies que perchan en sitios muy altos como palmas, puentes urbanos, edificios altos, y huecos de árboles inaccesibles, pero que además suelen volar a más de 30 metros de altura en su búsqueda de alimento. Estos hábitos dificultan enormemente su captura, razón por la cual varias especies de los géneros *Eumops* y *Molossus* estuvieron ausentes en la biblioteca (Zamora-Gutiérrez *et al.*, 2020).

Además del valor intrínseco del proyecto derivado de la enorme cantidad de información recopilada, Sonozotz es la única biblioteca acústica cuyo material será de uso totalmente libre. Tanto las grabaciones de las especies de murciélagos (en formato wav), junto con sus correspondientes metadatos, estarán disponibles gratuitamente a través del portal de la CONABIO. Una vez en línea, será posible agregar nuevas grabaciones de murciélagos, siguiendo un proceso curatorial cuidadoso para garantizar la calidad de las nuevas incorporaciones. Esto convertirá a Sonozotz en una de las referencias obligadas en el ámbito acústico de los murciélagos.

LA IMPORTANCIA Y USO DE LAS BIBLIOTECAS ACÚSTICAS

Las bibliotecas acústicas son la base para realizar numerosas acciones de manejo y conservación de los hábitats y las especies que en ellos se encuentran. En regiones con amplio conocimiento de las vocalizaciones de la quiroptero fauna, se

han realizado programas de monitoreo basados en la ciencia ciudadana a grandes escalas espacio-temporales.

Entre los programas más exitosos destacan *iBats*, un proyecto en que se recorrían transectos en vehículos a lo largo de Europa y otras partes del mundo, siguiendo un protocolo preestablecido de grabación (Jones *et al.*, 2013); y el *North American Bat Monitoring Program* (NABat), creado para monitorear murciélagos a lo largo de Norteamérica gracias a la contribución de voluntarios, naturalistas, investigadores y personas asociadas a diferentes agencias ambientales, incluidas organizaciones no gubernamentales (Loeb *et al.*, 2015).

La caracterización correcta de las firmas vocales permite llevar a cabo estudios sobre el uso de hábitat de las especies tanto en ambientes naturales como en sitios con actividades antropogénicas (cultivos, ciudades, entre otros).

En los últimos años, los estudios acústicos han sido implementados para mejorar nuestra comprensión y proponer soluciones a importantes amenazas actuales, tales como enfermedades como el síndrome de la nariz blanca (WNS por sus siglas en inglés, Dzal *et al.*, 2010), la mortalidad de especies migratorias en parques eólicos (Riemer *et al.*, 2018), entre otros.

Comprender cómo las actividades humanas afectan la biodiversidad es un requisito previo fundamental para el desarrollo y la aplicación de programas eficaces de conservación de especies. Finalmente, la accesibilidad para instalar detectores acústicos en zonas remotas por largos periodos de tiempo ha revelado la existencia de posibles nuevas especies que pasaron desapercibidas durante muchos años con el uso de métodos de captura tradicionales.

La pandemia vivida en los últimos años causada por el virus SARS-Cov-2 ha provocado un replanteamiento y reestructuración de varios elementos en la investigación. Entre ellos está la manipulación de vida silvestre, en especial de los murciélagos por ser reservorios naturales de una gran cantidad de virus, muchos de ellos con potencial zoonótico. En este escenario cobra relevancia la

implementación de la investigación acústica que no implica la manipulación de individuos de fauna silvestre en estos momentos de vulnerabilidad para la misma.

Finalmente, estamos seguros de que, como se ha hecho en México, el proyecto Sonozotz es un ejemplo que puede servir de motivación a otros países para promover el conocimiento de la enorme diversidad de murciélagos en el mundo.

REFERENCIAS

- Dzal Y, McGuire LP, Veselka N and Fenton MB (2010). Going, going, gone: the impact of white-nose syndrome on the summer activity of the little brown bat (*Myotis lucifugus*). *Biology Letters* 7:392-394.
- Grinell AD, Gould E and Fenton MB (2016). A history of the study of echolocation. En Fenton MB, Grinell AD, Popper AN *et al.* (Eds.), *Bat bioacoustics* (pp. 1-24). ASA Press, Springer, New York.
- Jones KE, Russ J, Bashta AT *et al.* (2013). Indicator Bats Program: a system for the global acoustic monitoring of bats. En Collen B, Pettorelli N, Durant S *et al.* (Eds.), *Biodiversity monitoring and conservation: bridging the gaps between global commitment and local action*. (pp. 213-247). Wiley-Blackwell, London.
- Loeb SC, Rodhouse TJ, Ellison LE *et al.* (2015). A plan for the North American bat monitoring program (NABat). United States Department of Agriculture, Asheville.
- Reimer JP, Baerwald EF and Barclay RMR (2018). Echolocation activity of migratory bats at a wind energy facility: testing the feeding-attraction hypothesis to explain fatalities. *Journal of Mammalogy* 99:1472-1477.
- Zamora-Gutierrez V, Ortega J, Avila-Flores R *et al.* (2020). The Sonozotz Project: assembling an echolocation calls library for bats in a megadiverse country. *Ecology and Evolution* 10:4928-4943.

M. Cristina MacSwiney G.
Centro de Investigaciones Tropicales
Universidad Veracruzana, Xalapa, México
cmacswiney@uv.mx

Verónica Zamora-Gutiérrez
CONACYT - Centro Interdisciplinario de
Investigación para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Durango (CIIDIR)
Instituto Politécnico Nacional, Durango, México

Jorge Ortega
Departamento de Zoología
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
Instituto Politécnico Nacional, CdMX, México



© Angela Arziniaga. *La trashumante XXVII*. Daguerrotipo mercurial.

Control etológico de *Drosophila suzukii* en cultivos de frutillas en México

Samuel **Cruz-Esteban**
Julio C. **Rojas**

La mosca del vinagre de alas manchadas, *Drosophila suzukii* (Matsumura) (Diptera: Drosophilidae), es una plaga invasora nativa del sureste de Asia que actualmente está causando daños en diferentes cultivos en Europa y América, principalmente en frutillas (Asplen *et al.*, 2015; Funes *et al.*, 2018). En México, esta mosca se reportó por primera vez en el municipio de los Reyes, estado de Michoacán, en el año de 2011 y desde entonces ha causado pérdidas económicas y afectando la economía agrícola (Tamada, 2009; García-Ávila *et al.*, 2016). Una hembra grávida de *D. suzukii* tiene la capacidad de perforar los frutos sanos para ovipositar en su interior, cuando la larva emerge se alimenta de esta, ocasionando la pérdida total del fruto (Dreves *et al.*, 2009; Bolda *et al.*, 2010). En los últimos años, las áreas cultivadas de frutillas se han incrementado notablemente en nuestro país y han cobrado importancia, de tal manera que ocupan el tercer lugar de productos exportados; dentro de estos destacan los cultivos de zarzamora, frambuesa, arándano y fresa (Huerta, 2019). Controlar las poblaciones de este insecto nocivo es una tarea fundamental para mantener una buena producción de estos cultivos. Para ello, generalmente se usan insecticidas, pero en frutillas esto es una opción

limitada, ya que los frutos deben estar libres de residuos de plaguicidas o tener un contenido igual o inferior al límite máximo de residuos de plaguicidas permitido para ser comercializados. Además, el uso indiscriminado de plaguicidas puede causar efectos adversos a la salud y al medio ambiente, por lo que el control etológico de plagas insectiles es una alternativa prometedora, ya sea para monitoreo o para el control de las poblaciones de esta mosca por medio del trapeo masivo.

CONTROL ETOLÓGICO

Esta técnica de control se basa en el aprovechamiento de la ecología sensorial de los insectos. Es conocido que los insectos pueden usar feromonas, tamaño, forma, color, o sonidos para encontrar a su pareja o a otros congéneres. Igualmente, los insectos fitófagos usan compuestos químicos o color/forma durante la búsqueda de sus plantas hospederas. En muchos casos la comprensión de la ecología sensorial de los insectos plagas ha permitido desarrollar u optimizar atrayentes, repelentes o inhibidores, así como diseñar trampas y liberadores específicos que pueden servir para el monitoreo, trapeo masivo, atracción-aniquilación, interrupción del apareamiento de poblaciones de plagas insectiles o el desarrollo de sistemas “push-pull” (Cruz-Esteban *et al.*, 2020).

SEÑALES QUÍMICAS Y VISUALES EN LA SELECCIÓN DE HOSPEDEROS

Los insectos usan olores (señales químicas), y la reflectancia y el contraste de los diferentes colores (señales visuales) para localizar a distancia a sus plantas o frutas hospederas. Una vez que localizan la planta, se posan sobre ella y, haciendo uso de señales táctiles (textura, pelos y venas de las hojas) y químicas de contacto (ceras, azúcares, metabolitos secundarios), seleccionan la hospedera más apropiada, ya sea para alimentarse o para ovipositar y así asegurar la sobrevivencia de

su descendencia (Gregg *et al.*, 2018). En el caso de la mosca del vinagre de alas manchadas se sabe que los compuestos químicos son determinantes en la búsqueda de su hospedera pero, sin duda alguna, este insecto también utiliza las señales visuales durante este proceso (Cha *et al.*, 2014; Iglesias *et al.*, 2014; Cruz-Esteban *et al.*, 2021). Conocer a fondo la interacción de las señales químicas y visuales puede ayudar a establecer un buen sistema trampa-atrayente para el monitoreo o trapeo masivo de este insecto nocivo. Actualmente muchos estudios discuten sobre el efecto del color en la atracción de *D. suzukii*. Algunos estudios de laboratorio sugieren que la combinación rojo-negro es la que incrementa la atracción de este insecto hacia las trampas (Basoalto *et al.*, 2013; Renkema *et al.*, 2014; Rice *et al.*, 2016; Lasa *et al.*, 2017). Sin embargo, evaluaciones en campo con diferentes sistemas trampa-atrayente mostraron que, además del rojo-negro, otros colores, tales como el amarillo, e inclusive trampas sin color (transparente), son efectivas en la captura de este insecto (Lee *et al.*, 2013; Iglesias *et al.*, 2014; Cha *et al.*, 2017).

Entonces, ¿qué características de los colores percibe *D. suzukii*? ¿El color es una variable que influye en la búsqueda y selección del hospedero de *D. suzukii*?

¿QUÉ CARACTERÍSTICAS DEL COLOR SON IMPORTANTES EN LA VISIÓN DE DROSOPHILA SUZUKII?

Recientemente, la doctora Catherine M. Little y su grupo de colaboradores del Departamento de Biología de la Universidad de Acadia, Canadá, publicaron un artículo en la revista *Scientific Reports* que nos ayuda a entender con más detalle la ecología visual de este insecto (Little *et al.*, 2019). Al parecer el brillo y el contraste, más que la apariencia de los colores, es fundamental durante la búsqueda de hospedera de esta especie. Así, por ejemplo, un color que ofrece alto brillo (morado), en contraste con un color de fondo oscuro (verde), resultó ser más atractivo para *D. suzukii*, en comparación con otros colores, inclusive la combinación rojo-negro. Esta situación es lo que parece ocurrir



Figura 1. Diseños de trampas para monitoreo de *D. suzukii* evaluadas en cultivos de frutillas en Michoacán, México (Cruz-Esteban *et al.*, 2021a).

naturalmente cuando *D. suzukii* está buscando una hospedera potencial. Los colores de las frutas, en contraste al color de fondo de las hojas (verde), puede facilitar la búsqueda y selección de la hospedera adecuada. Se sabe que los ojos de la especie relacionada *Drosophila melanogaster* tiene pigmentos visuales altamente conservados (Kelber y Henze, 2013), que son sensibles a longitudes de ondas cortas, en el rango de 406-505 nm (ultravioleta, morado, azul y verde) y menos sensibles a longitudes de ondas largas >600 nm (anaranjado, rojo e infrarrojo) (Washington, 2010; Marcus *et al.*, 2018).

Una de las hipótesis del estudio de la Dra. Little fue que si *D. suzukii* presenta los mismos rangos de sensibilidad que *D. melanogaster* debería presentar poca o baja sensibilidad al color rojo-negro, debido a que se encuentran dentro de las longitudes de ondas largas. Los resultados obtenidos ayudan a comprender que no es la apariencia del rojo y negro lo que percibe *D. suzukii*, sino que probablemente esta especie usa el brillo y el contraste de estos colores. Aunque existen colores que ofrecen mayor reflectancia y, en contraste con colores oscuros, pueden ser más atractivos. En los ensayos para aclarar esta hipótesis, como ya se comentó anteriormente, resultó que el color morado, en contraste con el color verde de fondo, fue el más atractivo para la mosca, por lo que se puede suponer que *D. suzukii* no percibe la apariencia de los colores, sino que es sensible a la diferencia de la brillantez de los colores dentro de ciertos rangos, al igual que *D. melanogaster*.

Esto también se ha sugerido en otros estudios, los insectos posiblemente perciben el reflejo del color rojo de forma similar al reflejo del color verde, verde opaco o verde amarillento (Lunau, 2014; Chittka y Raine, 2006).

ÚLTIMOS HALLAZGOS EN PRUEBAS DE CAMPO

En los últimos estudios realizados en México se ha comparado la efectividad de diferentes atrayentes de *D. suzukii* y diseños de trampa. Se encontró que las señales químicas (e.g., compuestos de fermentación) son fundamentales para atraer a esta especie de mosca, pero no se observó la preferencia por alguno de los diseños de trampas evaluados, sino que todas las trampas capturaron de forma similar (Cruz-Esteban *et al.*, 2021a; Figura 1). Por lo que, “las señales químicas son un estímulo determinante para la atracción y captura de *D. suzukii*, independientemente del diseño de trampa”. Sin embargo, no se puede descartar el efecto del color a corta distancia, o la falta de otros los colores no evaluados.

Esta hipótesis se evaluó con un experimento en el que se incluyeron trampas de colores nunca evaluadas y trampas transparentes con una tarjeta de color amarillo y violeta en su interior, estos colores habían sido reportados previamente como atractivos a nivel laboratorio por el equipo de la Dra. Little. Sorprendentemente, la trampa transparente con la tarjeta amarilla en su interior fue la que presentó las mayores capturas (aproximadamente un 400 % más) en comparación de los otros diseños de trampa que fueron evaluados (Cruz-Esteban, 2021; Figura 2). Para corroborar el posible efecto del color a corta distancia se evaluaron tarjetas de colores individuales o en combinación con otros colores (contrastes) en el interior de las trampas transparentes, todas cebadas con el mismo estímulo químico. Se llegó al mismo resultado, la trampa que contenía la tarjeta amarilla en su interior, sola o en combinación con el color verde,



Figura 2. Contrastes de colores evaluados en cultivos de bayas para captura de *D. suzukii* en Michoacán, México (Cruz-Esteban, 2021).

fueron los que incrementaron significativamente las capturas *D. suzukii* (aproximadamente un 350 % más), en comparación a todos los otros colores evaluados (Cruz-Esteban *et al.*, 2021b; Figura 3).

Al parecer nuestros resultados sugieren que las moscas perciben el estímulo químico a larga distancia como variable determinante y un efecto a corta distancia del color amarillo en contraste con el color verde de las hojas de los cultivos. Todos los resultados obtenidos nos ayudan a comprender mejor el comportamiento de *D. suzukii* en la búsqueda y selección de hospederos adecuados. Además, concuerdan con observaciones reportadas, en las que se han observado que estas moscas aterrizan primeramente en el follaje verde de las

plantas para después poder elegir el fruto adecuado (Cruz-Esteban, observación personal).

En conclusión, las señales químicas, son un estímulo crucial para la atracción y captura de *D. suzukii*, independientemente del diseño de trampa. Se debe tomar en cuenta que la capacidad de atracción difiere entre los atrayentes que se encuentran en el mercado y debemos hacer uso del más atractivo en campo. El color o los colores adecuados (ya sea en el diseño de trampa o como estímulo), pueden incrementar la atracción a cualquier atrayente. En este caso, los resultados sugieren que *D. suzukii* no discrimina entre diseños y colores de trampas, pero el efecto del color como estímulo visual a corta distancia es algo que se debe aprovechar en el campo. Por lo que recomendamos utilizar una trampa transparente multi-agujeros con una tarjeta amarilla en su interior (Figura 3), cebada con un atrayente.

A las trampas se le puede añadir vinagre de cidra de manzana, que es ampliamente utilizado por muchos agricultores, o con un atrayente comercial como atrayente de estas moscas. Sin embargo, es necesario seguir investigando la ecología sensorial de *D. suzukii*, de tal forma que las aportaciones se acerquen cada vez al mejor sistema trampa-atrayente (atracción-aniquilación), entre otros, para poder hacer frente a esta plaga exótica que representa una de las principales cargas de las frutillas en México.



Figura 3. Trampa con estímulo visual de color amarillo en el interior, recomendada para monitoreo o captura masiva de *D. suzukii*, usando un atrayente específico en cultivos de bayas (Cruz-Esteban *et al.*, 2021b).

B I B L I O G R A F Í A

Asplen MK, Anfora G, Biondi A, Choi DS, Chu D, Daane KM... and Isaacs R (2015). Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. *Journal of Pest Science*, 88(3):469-494.

- Basoalto E, Hilton R and Knight A (2013). Factors affecting the efficacy of a vinegar trap for *Drosophila suzukii* (Diptera; Drosophilidae). *Journal of Applied Entomology*, 137(8):561-570.
- Bolda MP, Goodhue RE and Zalom FG (2010). Spotted wing drosophila: potential economic impact of a newly established pest. *Agricultural and Resource Economics Update*, 13(3):5-8.
- Cha DH, Adams T, Werle CT, Sampson BJ, Adamczyk Jr JJ, Rogg H and Landolt PJ (2014). A four-component synthetic attractant for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) isolated from fermented bait headspace. *Pest Management Science*, 70(2):324-331.
- Cha DH, Landolt PJ and Adams TB (2017). Effect of chemical ratios of a microbial-based feeding attractant on trap catch of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environmental Entomology*, 46(4):907-915.
- Chittka L and Raine NE (2006) Recognition of flowers by pollinators. *Current Opinion in Plant Biology*, 9(4):428-435.
- Cruz-Esteban S, Hernández-Ledesma P, Malo EA and Rojas JC (2020). Cebos feromonales para la captura de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) en cultivos de maíz adyacentes a cultivos de fresas. *Acta Zoológica Mexicana*, 36:1-15.
- Cruz-Esteban S (2021). It is not the color of the trap, but the color as a close-range stimulus inside the trap that increases capture of *Drosophila suzukii* and *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops. *Crop Protection*, 141:105449.
- Cruz-Esteban S, Garay-Serrano E, Rodríguez C and Rojas JC (2021a). The attractant, but not the trap design, affects the capture of *Drosophila suzukii* in berry crops. *Bulletin of Entomological Research* 111 (2):138-145.
- Cruz-Esteban S, Garay-Serrano E and Rojas JC (2021b). Effect of visual cues and a fermentation-based attractant blend on trap catch of two invasive drosophila flies in berry crops in Mexico. *Journal of Economic Entomology*. 114 (1):152-160.
- Dreves AJ, Walton VM and Fisher GC (2009). A new pest attacking healthy ripening fruit in Oregon: spotted wing *Drosophila: Drosophila suzukii* (Matsumura). Corvallis, Or. Extension Service, Oregon State University.
- Funes CF, Kirschbaum DS, Escobar LI and Heredia AM (2018). *La mosca de las alas manchadas, Drosophila suzukii* (Matsumura). Nueva plaga de las frutas finas en Argentina. Ediciones INTA. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/3615>.
- García-Ávila CJ, Bravo-Pérez D, Ruiz-Galván I, Romero-Gómez G, Quezada-Salinas A, Hernández-Pablo S... and Acevedo-Reyes N (2016). Presencia de la mosca del vinagre de las alas manchadas *Drosophila suzukii* (Matsumura, 1931) (Diptera: Drosophilidae) en México. *Entomología Mexicana*, 3:354-360.
- Gregg PC, Del Socorro AP and Landolt PJ (2018). Advances in attract-and-kill for agricultural pests: beyond pheromones. *Annual Review of Entomology*, 63:453-470.
- Huerta JC (2019). Las berries ya son el tercer producto agrícola de México más exportado. El financiero. <https://elfinanciero.com.mx/economia/las-berries-se-colocan-como-el-tercer-producto-agricola-mexicano-mas-exportado-al-extranjero> [Consultado el 4 diciembre del 2019].
- Iglesias LE, Nyoike TW and Liburd OE (2014). Effect of trap design, bait type, and age on captures of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) in berry crops. *Journal of Economic Entomology*, 107(4):1508-1518.
- Lasa R, Tadeo E, Toledo-Hernández RA, Carmona L, Lima I and Williams T (2017). Improved capture of *Drosophila suzukii* by a trap baited with two attractants in the same device. *PLoS One*, 12(11), e0188350.
- Lee JC, Shearer PW, Barrantes LD, Beers EH, Burrack HJ, Dalton DT and Isaacs R (2013). Trap designs for monitoring *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Environmental Entomology*, 42(6):1348-1355.
- Little CM, Rizzato AR, Charbonneau L, Chapman T and Hillier NK (2019). Color preference of the spotted wing *Drosophila, Drosophila suzukii*. *Scientific Reports*, 9(1):1-12.
- Lunau K (2014). Visual ecology of flies with particular reference to colour vision and colour preferences. *Journal of Comparative Physiology A*, 200(6):497-512.
- Marcus M, Burnham TC, Stephens DW and Dunlap AS (2018). Experimental evolution of color preference for oviposition in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Bioeconomics*, 20(1):125-140.
- Renkema JM, Buitenhuis R and Hallett RH (2014). Optimizing trap design and trapping protocols for *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae). *Journal of Economic Entomology*, 107(6):2107-2118.
- Rice KB, Short BD, Jones SK and Leskey TC (2016). Behavioral responses of *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae) to visual stimuli under laboratory, semifield, and field conditions. *Environmental Entomology*, 45(6):1480-1488.
- Tamada T (2009). Current trends of blueberry culture in Japan. Japan Blueberry Association, 1104 Itoopia Hamarikyu, 1-6-1 Kaigan, Minatoku, Tokyo 105-0022.
- Washington CG (2010). *Color vision in Drosophila melanogaster*. Columbia University.

Samuel Cruz-Esteban
Instituto de Ecología, A.C.
Centro Regional del Bajío
Red de Diversidad Biológica del Occidente Mexicano
Pátzcuaro, Michoacán, México
CONACYT, México
samuel.cruz@inecol.mx

Julio C. Rojas
El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)
Departamento de Agricultura
Sociedad y Ambiente
Grupo de Ecología de Artropodos y Manejo de Plagas
El Colegio de la Frontera Sur
Tapachula, Chiapas, México
jrojas@ecosur.mx



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Estoica patria mía XIII*. Daguerrotipo mercurial.

La patrimonialización de la Ciudad Histórica de Mazatlán, Sinaloa

Erika **Cruz Coria**

LA CONFIGURACIÓN DE LA CIUDAD HISTÓRICA

Mazatlán es una ciudad ubicada en la costa oeste de México, en la parte sur del estado de Sinaloa. La amplia riqueza natural de sus costas la colocan como uno de los siete destinos a nivel nacional con mayor número de visitantes extranjeros (Secretaría de Turismo, 2019). También se suma a la lista de ciudades que, además de estar catalogadas como destinos de sol y playa, cuentan con un centro histórico que ha sido declarado por decreto presidencial “Zona de Monumentos Históricos” (2001).

Esta ciudad ha sido testigo de las historias de vida, las relaciones, los conflictos y de las muchas dinámicas sociales, económicas y políticas que se han suscitado a lo largo del tiempo. Su auge como puerto comercial se remonta a principios del XIX. Por su ubicación geográfica fue considerada por piratas, comerciantes de origen nacional e internacional y autoridades como un puerto intermedio de embarco y recepción de mercancías legales e ilegales. Su cercanía con los principales centros mineros de las Sierra Madre Occidental, con las Californias y los mercados asiáticos, la convirtieron en el espacio económico central de la región sur del noroeste del México (Mendieta, 2010).

Son diversos los factores que contribuyeron a la configuración del paisaje urbano y cultural de esta ciudad.

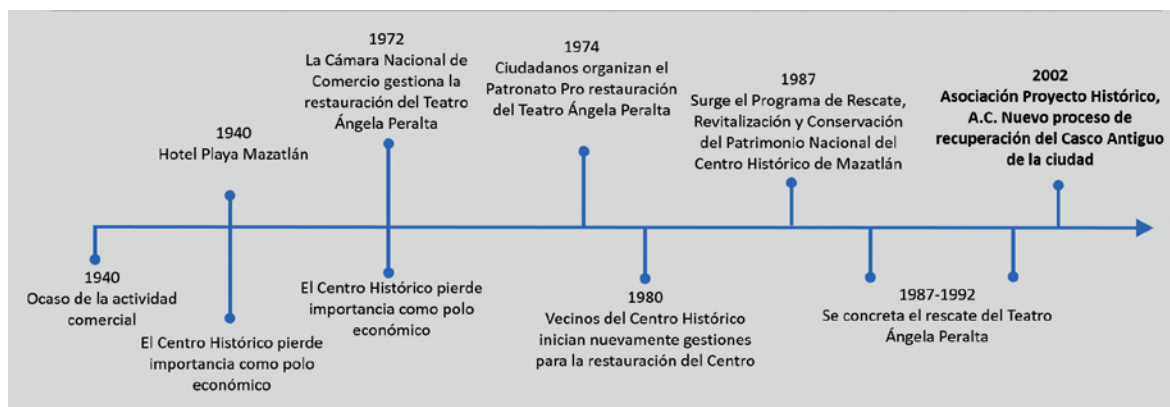


Imagen 1. Primeras iniciativas de patrimonialización del centro histórico de Mazatlán. Fuente: elaborado a partir de Nava y Valenzuela (2014).

Uno de ellos, son las características naturales de territorio costero –tales como cerros, lagunas o la propia costa– que impidieron el poblamiento homogéneo del territorio ocupado por la ciudad. Estos accidentes topográficos propiciaron que su trazo responda a una forma octagonal imperfecta, cuyas calles son curvas cóncavas determinadas por las mareas en la costa. Igualmente, hay quienes afirman que la configuración de la ciudad se atribuye a la ausencia de instituciones gubernamentales y eclesiásticas encargadas de disponer el ordenamiento urbano de este espacio costero (Aguilar, 2014; Alvarado, 2012).

Finalmente, las rutas terrestres comerciales por donde se transportaban las mercancías que se subían y bajaban de los barcos, fueron factores importantes a partir de los cuales los comerciantes ubicaron las bodegas, los almacenes y las casas particulares que dieron forma al centro de la ciudad (Alvarado, 2012).

El arribo a este puerto de representantes de importantes casas comerciales dio lugar al poblamiento y edificación de una ciudad-puerto con características bastante similares a las que surgieron en otras partes de Latinoamérica, como parte de la expansión del comercio capitalista moderno (López, 1982; Mendieta, 2010).

Estos son quizá los referentes más importantes para la comprensión e interpretación de las calles,

las plazas y, en general, del patrimonio edificado e intangible de la ciudad. A razón del amplio patrimonio cultural y urbano que se deriva de la configuración histórica, ha comenzado a consolidarse una oferta de turismo cultural que sirve de complemento a la de turismo de “sol y playa”.

No obstante, la incorporación al turismo del paisaje urbano y cultural, ha conllevado una serie de procesos de patrimonialización¹ que reducen la experiencia de “visitar” la ciudad al conocimiento de solo algunos monumentos, calles, plazas y edificios. La configuración de una ciudad histórico-turística ha sido continuamente reforzada por las acciones, principalmente de empresarios y actores gubernamentales interesados en la consolidación del turismo cultural.

LAS PRIMERAS INICIATIVAS DE PATRIMONIALIZACIÓN

Aunque los procesos de patrimonialización emprendidos antes y después de la declaración oficial del centro de la ciudad como “Zona de Monumentos Históricos” (2001) han facilitado la integración del patrimonio urbano y cultural a la oferta de turismo cultural, no necesariamente estos procesos han considerado la integración coherente, integral y respetuosa de la gama de manifestaciones culturales que alberga este espacio histórico.

Las primeras iniciativas de patrimonialización del centro histórico tuvieron lugar a partir de 1972, cuando los agremiados de la Cámara Nacional



Imagen 2. © Erika Cruz, Plazuela República, Mazatlán, 2021.

de Comercio solicitan a instancias municipales la restauración del Teatro Ángela Peralta bajo dos objetivos: el primero, la conservación de una de las obras arquitectónicas más antiguas e importantes de la ciudad y, el segundo, tuvo que ver con la diversificación de la oferta turística del destino, el centro histórico se visualizó como oferta complementaria al disfrute del turismo de sol y playa que desde la década de los sesenta se desarrollaba en la parte costera de la ciudad (Santamaria, 2007). Aunque algunas de estas acciones se caracterizaron por poner en el centro la restauración del Teatro Angela Peralta, constituyeron la antesala para la posterior declaración del centro de la ciudad como “Zona de Monumentos Históricos” en el año de 2001 (Secretaría de Gobernación, 2001).

Es a partir de esta declaración cuando los procesos de patrimonialización se hacen más evidentes.

LA CIUDAD HISTÓRICO-TURÍSTICA:

LA PATRIMONIALIZACIÓN DE LA CIUDAD

Para Ashworth (1990), la patrimonialización comienza con la selección de aquellos elementos culturales y –añadiría yo– urbanos de todo el conjunto de recursos que ha recibido una ciudad como

herencia. La declaración de “Zona de Monumentos Históricos” de la ciudad de Mazatlán es, precisamente, esta selección inicial a la que se refiere el autor.

La declaración incluyó 180 manzanas, las cuales comprenden 479 edificios con valor histórico, construidos durante los siglos XIX y el primer cuarto del XX. Como parte del patrimonio urbano y edificado, esta delimitación considera cinco plazas públicas (Plazuela Machado, Plazuela República, Plazuela

Imagen 3. © Erika Cruz, Mercado José María Pino Suárez, Mazatlán, 2021.





Imagen 4. © Erika Cruz, Edificio Juárez, Plazuela Machado, Mazatlán, 2021.

de los Leones, Plazuela Zaragoza y Plazuela Venustiano Carranza), importantes avenidas comerciales Aquiles Serdán, Benito Juárez, Teniente Azueta, Ángel Flores y Melchor Ocampo; el Paseo panorámico Olas Altas-Paseo Claussen y los inmuebles más antiguos de la ciudad (Alvarado, 2012).

Esta selección es obra de los especialistas del pasado (historiadores, antropólogos e incluso arquitectos) y sin duda es, en parte, un proceso que lejos de pretender fragmentar la ciudad procura integrarla; aunque, seguramente ante la mirada de la población local, este proceso ha resultado en un caso más de valoración selectiva de los espacios históricos. Aunque esta declaratoria ha facilitado la concentración espacial y selectiva de los recursos culturales, para la dinámica turística esta delimitación resulta poco funcional: al turista posmoderno le importan solo los “momentos y espacios” culminantes de la historia de la ciudad, pues su visita está condicionada por tiempo limitado, sus posibilidades de movilidad y su grado de conocimiento de la ciudad (Romero, 1994).

Aunque esta ciudad histórica podría ofrecer al turista la contemplación de una amplia diversidad de manifestaciones culturales y recursos arquitectónicos, el impulso de una incipiente oferta de turismo cultural –gestionada por operadores turísticos, gobierno y empresarios–, ha reducido la vivencia de la ciudad histórica a unas cuadradas aledañas a la Catedral Basílica Inmaculada de la Concepción, en donde aparentemente se encuentran los “recursos

y espacios icónicos” de la ciudad, tales como: el Teatro Ángela Peralta, el conjunto arquitectónico de la Plazuela Machado, Plaza República y el mercado José María Pino Suárez.

El consumo de esta ciudad histórico-turística ha sido reforzado desde diferentes flancos; por un lado, la intervención que no es otra cosa que el tratamiento urbano especial que las administraciones gubernamentales –gobierno estatal y municipal– le han dado a estos “recursos y espacios icónicos”: pavimentación, homogeneización de la imagen urbana, alumbrado público, mobiliario urbano, instalación de pavimento táctil para invidentes y mantenimiento de banquetas son solo algunas de las acciones derivadas del Plan Parcial Centro Histórico de Mazatlán en el año 2014 (Instituto Municipal de Planeación, 2017).

La intervención no ha alcanzado a la totalidad del centro histórico, pero sí a la ciudad histórico-turística, y ha sido factor no solo para reforzar el desplazamiento de los turistas en esta zona de la ciudad, sino también para el surgimiento de bares, restaurantes y otros establecimientos de entretenimiento para el consumo y disfrute de quienes visitan el puerto de Mazatlán. De esta forma, el entorno urbano también se ha convertido en el atractivo turístico. Para Meethan (1996), el patrimonio de las ciudades histórico-turísticas es una condición necesaria; sin embargo, la experiencia turística también se extiende a un consumo de tipo visual. Por haber sido declarada como “Zona de Monumentos Históricos”, las administraciones municipales, con el apoyo de otras instancias, han realizado algunas



Imagen 5. © Erika Cruz, Edificio Juárez, Plazuela Machado, Mazatlán, 2021.



Imagen 6. © Erika Cruz, Calle Sixto Osuna, Plazuela Machado, Mazatlán, 2021.

acciones relacionadas con la zonificación, el reordenamiento de la estructura vial, la creación de normas de conservación de los inmuebles artísticos e históricos y el fomento cultural, entre otras acciones (Instituto Municipal de Planeación, 2017), que han contribuido a consolidar el sector de la ciudad misma, que en este trabajo ha sido denominado como ciudad histórico-turística.

Seguramente desde la mirada de los encargados de la promoción turística oficial y de los empresarios, la Plazuela Machado y el conjunto de edificios que la conforman (Teatró Ángela Peralta, Los Portales de Canobbio) es el espacio que constituye “el corazón de la ciudad” (Alvarado, 2012). Sea porque es el lugar que “mejor” representa la historia de la ciudad, por su estado de conservación, por su importancia como espacio social o por haberse constituido como uno de los espacios

turístico-recreativos más importantes, debido a la inversión para el surgimiento de restaurantes, bares y otros establecimientos; este conjunto se ha colocado como el emblema de la exposición de la ciudad para el turismo.

La selección de los patrimonios, la intervención y la exposición son procesos de patrimonialización que han convergido para hacer de este espacio de la ciudad un patrimonio ampliamente comercializable. Desde la mirada turística, la ciudad histórica de Mazatlán ha quedado reducida a un espacio que, aparentemente, logra reunir los “momentos culminantes” de la historia de la ciudad y que –en términos urbanísticos– refleja el estilo arquitectónico neoclásico promovido por las casas comerciales extranjeras que contribuyeron a la conformación de la ciudad durante la primera mitad del siglo XIX. Sin embargo, desde la vivencia del poblador local esta forma de configurar la ciudad podría ser ampliamente cuestionable.

NOTAS

¹ La discusión en torno a las implicaciones de reducir la gama de las manifestaciones culturales a la categoría conceptual de patrimonio es amplia; algunos autores sugieren que tratar las expresiones culturales bajo este concepto es promover una visión taxonómica y estática de las mismas. Sin embargo, este trabajo parte de la idea de revelar algunas maneras o procesos que contribuyen a legitimar “...el valor asociado a las prácticas culturales para que estas sean reconocidas como patrimonio” (Prats, 2009, 74). Existen diversas formas de patrimonialización que incluyen iniciativas “macro”, provenientes de organismos incluso internacionales, y



© **Angela Arziniaga**. *La apariencia*. Colodión húmedo, ambrotipo.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Ensayo para un ritual VII*. Daguerrotipo mercurial.

“micro” que pueden ser acciones locales o comunitarias (Villaseñor y Zolla, 2012); particularmente, en este documento se identifica la selección del patrimonio, la intervención y la exposición (Ashworth, 1990) como algunos procesos de patrimonialización presentes en el centro histórico de Mazatlán.

REFERENCIAS

- Alvarado L (2012). *El viejo Mazatlán...donde todo comienza. Identidad, representaciones e historia*. Barcelona: Editorial Académica Española.
- Ashworth G (1990). The Historic Cities of Groningen: Which is Sold to Whom? En Ashworth G y B. Goodall (Coord.). *Marketing Tourism Places* (pp. 138-155). Routledge, London.
- Instituto Municipal de Planeación (2017). *Plan Parcial Centro Histórico*. Obtenido de IMPLAN Mazatlán: <http://www.implanmazatlan.mx/planes/>.
- López F (1982). *La estructura económica y social de México en la época de la reforma*. México: Siglo XXI Editores.
- Meethan K (1996). Consuming (in) the civilized city. *Annals of Tourism Research* 23(2), 322-340.
- Mendieta R (2010). Las casas comerciales extranjeras del puerto de Mazatlán y las nuevas formas de sociabilidad moderno en el Sinaloa independiente. En Mendieta R y F. Rodelo, *Repercusiones Socioculturales de la Independencia y la Revolución Mexicana en Sinaloa: Nuevas Miradas* (pp. 409-430). Gobierno del Estado de Sinaloa/Instituto Sinaloense de Cultura, Sinaloa.
- Nava M y Valenzuela B (2014). Acción colectiva y gobernanza del Centro Histórico de Mazatlán, México. *Recuperación y conversión a espacio turístico*. *Ánfora* 21(36), 125-148.
- Romero C (1994). Patrimonio, turismo y ciudad. *Boletín Informativo del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico* 2(9), 16-21.
- Santamaría A (2007). El Centro Histórico de Mazatlán como oferta turística. En Lizárraga A (Coord.), *Nací de aquí muy lejos. Actores locales y turistas en el centro histórico* (pp. 61-120). Universidad Autónoma de Sinaloa, México.
- Secretaría de Gobernación (12 de marzo de 2001). Diario Oficial de la Federación Obtenido de Diario Oficial de la Federación: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4914314&fecha=12/05/2006.
- Secretaría de Turismo. (09 de febrero de 2019). Resultados de la Actividad Turística febrero 2019. Recuperado el 9 de junio de 2021, de: Secretaría de Turismo: [http://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2019-02\(ES\).pdf](http://www.datatur.sectur.gob.mx/RAT/RAT-2019-02(ES).pdf).
- Villaseñor I y Zolla E (2012). Del patrimonio cultural inmaterial o la patrimonialización de la cultura. *Cultura y representaciones sociales* 6(12):75-101.

Operaciones militares de acción preventiva: una opción contra las violaciones de Derechos Humanos

Isaac Ruelas Navarrete
José Luis Evangelista Ávila

El artículo 89, fracción sexta de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (CPEUM), manifiesta que la Doctrina de Seguridad Nacional da lugar al empleo de las Fuerzas Armadas para la seguridad interior y defensa exterior de la Federación. Amparado en ello, a partir del 2007, durante el período presidencial del C. Felipe Calderón, se ha empleado sustancialmente a la institución destinada a la guerra, en operaciones contra grupos criminales dentro del territorio nacional.¹ En este sentido, no se trata de convertir a las Fuerzas Armadas en fuerzas de seguridad pública, para lo cual existen las diversas corporaciones policiacas en los tres niveles de gobierno, sino que actúan como refuerzo de las últimas cuando son sobrepasadas por la problemática que se presenta.

El alto índice de violencia generado por el crimen organizado y, derivado de ello, la posibilidad de que la estabilidad y permanencia del país se vea amenazada, representan una problemática de seguridad nacional que justifica la aplicación de todos los recursos con que se cuente para su atención. Esto incluye a las Fuerzas Armadas. Sin embargo, los atropellos de que han sido objeto los ciudadanos por parte de los militares,² permiten



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Yo soy espacio VII*. Fotografía estenopeica, impresión giclée.

determinar que el problema se encuentra en la forma en que el soldado actúa durante el cumplimiento de sus labores, pues el empleo de las Fuerzas Armadas se encuentra previsto por el marco legal.

Para dar cumplimiento al precepto constitucional antes citado, la Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos (2018), establece las misiones generales del instituto armado.³ Respecto a la segunda de ellas, sobre garantizar la seguridad interior, el Manual de Operaciones en Campaña de la Secretaría de la Defensa Nacional, estima que la magnitud del problema que demande la implementación de esta segunda misión general deberá mostrar las características de algún tipo de conflicto bélico interno, ya que se les llama “formas de franca rebelión armada o de guerrillas”, las cuales sobrepasen las capacidades de las corporaciones policiacas, por lo que

[...] las tropas actuarán conforme a las normas doctrinarias de hacer la guerra, aplicando los procedimientos tácticos que resulten adecuados al caso (pp. 29-30).

Lo anterior nos permite considerar que el problema no se encuentra en la justificación del empleo militar en el ámbito de la violencia interna (dado que se cuenta con el respaldo legal) sino,

precisamente, en la aplicación de “los procedimientos tácticos que resulten adecuados al caso”, pues no se han desarrollado nuevos procedimientos a nuevas exigencias irreductibles a guerra, guerrilla, ni rebelión armada. Es decir, ante un actuar previsto por la ley y que se ha llevado a cabo en nuestro país en los últimos años para atender al crimen organizado y a la población en general, no hay condiciones formativas que lo respalden, por lo cual la acción de las Fuerzas Armadas replicará la formación recibida para las acciones en estado de guerra, guerrilla o rebelión armada. Situación que ha tenido como efecto reiteradas violaciones a los Derechos Humanos de la población civil.

En este sentido, el país se encuentra ante una situación de seguridad interior inédita y, en consecuencia, no contemplada en la doctrina política vigente, ya que no se trata de simples actos vandálicos delincuenciales que puedan ser atendidos por las fuerzas de seguridad pública; ni tampoco de acciones que revistan forma de franca rebelión armada o de guerrilla que deban ser abordadas por las Fuerzas Armadas conforme a las normas doctrinarias de hacer la guerra. En este caso nos encontramos ante lo que Carl Schmitt denominó “enemigo político”, el cual no tiene por qué representarse como un elemento combatiente en sí (aunque para la problemática que nos atañe, puede causar daño al igual que cualquier elemento combatiente), sino que lo define en los siguientes términos:

[...] basta con que sea existencialmente distinto y extraño en un sentido particularmente intensivo. En último extremo pueden producirse conflictos con él que no puedan resolverse ni desde alguna normativa general previa ni en virtud del juicio o sentencia de un tercero “no afectado” o “imparcial” (2019, p. 60).

Se considera, entonces, que la carencia de fundamento doctrinal y de una normativa para la aplicación de una política que emplee el poder militar en funciones de seguridad pública, adaptadas por la necesidad social a funciones de seguridad

nacional, es lo que ha generado el alto índice de violaciones a los derechos humanos, que sustancialmente desde el año 2007 se han presentado en el país por personal castrense, ya que el soldado no cuenta con un sólido marco normativo para su actuación en este ámbito, sino que se comporta conforme a las normas doctrinarias de los conflictos armados.

Ante esta situación, se considera conveniente que la doctrina de actuación militar, respecto a las operaciones de orden interno, no únicamente contemple llevarlas a cabo conforme a los usos y costumbres de la guerra, sobre todo cuando el ente antagónico no reviste forma de franca rebelión armada o guerrilla, sino de un enemigo capaz de acertar daños como un enemigo bélico, pero sin dejar pertenecer a la misma población que el soldado debe proteger. Ahora bien, el concepto de enemigo político también se torna complejo, tanto por lo ya indicado por Schmitt respecto a la figura del partisano,⁴ como porque las figuras derivadas del narcotráfico adquieren matices que escapan, en igual medida, a esa concepción del partisano.⁵ Tanto como a una situación inédita, nos enfrentamos a figuras inéditas que requieren una reconceptualización y nuevas formas de praxis de las Fuerzas Armadas.

Atendamos a la posibilidad de una propuesta de modificación doctrinal, o más bien, de adición a la doctrina actual de las Fuerzas Armadas, fundamentada principalmente en los conceptos de “cultura de la paz” y “prevención del delito”, como premisas de actuación durante la ejecución de operaciones en contra de organizaciones delictivas generadoras de violencia, principalmente las dedicadas al narcotráfico y delitos conexos. Esto con el propósito de que el personal militar se encuentre en condiciones de dar cumplimiento a su segunda misión general, dentro de un marco de respeto a las garantías individuales de la población y, que esta pueda depositar su confianza en ellos y los considere salvaguardas de su seguridad y de sus derechos.

La doctrina de orden interno actual propicia una actuación militar similar a la forma en que se

llevan a cabo las operaciones de pacificación de los organismos internacionales para la restauración de la paz en lugares donde se presentan conflictos armados,⁶ es decir, las tropas arriban a un área hostil donde la población se ve afectada debido a que existe una grave alteración a la paz, y, por medio de la imposición de la fuerza militar, se pacifica la región, para dar lugar a la acción diplomática en la solución de las controversias.

Dicho *modus operandi*, conlleva una actuación reactiva hacia la problemática que se presenta, debido a que se aplica a situaciones donde, de hecho, ya existe un conflicto, es decir, no se adelanta proactivamente para evitar la violencia, sino que actúa como respuesta de contención y solución cuando ya se han generado estragos entre la población. Si bien se han alcanzado ciertos logros en el combate a la delincuencia, este modelo ha demostrado su ineficacia ante la problemática interna de violencia en México, por lo que es necesario transitar hacia un modelo preventivo de operación militar, basado en la capacidad de adelantarse a la comisión del delito, a través de la identificación anticipada de la amenaza y actuar apropiadamente para neutralizarla antes de que materialice.

La población demanda a sus órganos encargados de proporcionarle seguridad una condición social libre del temor y de los estragos de la violencia, y no una situación en que cotidianamente se presenten actos violentos y estos se maximicen debido a la acción más violenta de las fuerzas del orden, en la aplicación de su poder para contenerlos. Atender esta situación es factible si el soldado actúa al estilo del policía de barrio (policía preventivo), con la salvedad de que la discrecionalidad característica de las corporaciones policiacas desaparecerá al quedar absorbida por los procedimientos del ejercicio del mando y supervisión de las unidades militares.

Además, tal concepto permite la recuperación de aspectos favorables y funcionales de ambos espacios, así como la superación de los yerros derivados de sus puntos débiles.

PROPUESTA

Para lograr lo anterior se considera necesario hacer una inserción en la doctrina militar de orden interno establecida en el Manual de Operaciones en Campaña, para implementar lo que denominaremos “operaciones militares de acción preventiva”, las cuales representan una forma particular de operar contra la violencia generada por entes delictivos que constituya una amenaza a la seguridad nacional. Ya que en la actualidad el soldado actúa como combatiente contra aquello que considera enemigo en un sentido bélico, ejecuta en su contra tácticas para su completa neutralización, recurriendo a los medios de que está dotado (armamento incluido) contra la amenaza que se presente.

Bajo el concepto que se propone, los efectivos militares actuarían como “policías de barrio”, es decir, desarrollarían operaciones en contra de la delincuencia organizada en zonas urbanas, mediante una interacción cotidiana con la población que les permita interiorizarse de las necesidades y problemáticas locales, y de esta forma, estar en capacidad de detectar indicios de violencia y poner en acción los mecanismos apropiados para lograr su desarticulación antes de que se cometan.

Esta aportación implica que se desarrollará una relación entre el soldado y la población que, bajo la debida supervisión por los comandantes en cada nivel de mando, facilitará la identificación de amenazas y anomalías que presuman la comisión de delitos. Así, es posible fortalecer la prevención del delito, y desarrollar una cultura de paz entre el gremio castrense, además de propiciar un estado de paz social, al adelantarse a la ejecución de las acciones delictivas y violentas. Esto no implica cambios a la filosofía de comportamiento castrense, sino que busca aprovechar la misma para reforzar la acción de la seguridad pública entre la población, complementando eficazmente el esfuerzo de las corporaciones policiacas. En igual medida, esto supone una formación que dé sostén a formas de relación de las Fuerzas Armadas con la



© **Angela Arziniaga.** De la serie *La trashumante XIII*. Colodión húmedo, ambrotipo.

sociedad civil que no estén mediadas por el concepto del enemigo bélico y el estado de guerra, guerrilla o rebelión armada.

De esta forma, tanto el actuar de dichas corporaciones, como el de la recientemente creada Guardia Nacional, se verá sustancialmente beneficiado por el apoyo que proporcionarán las fuerzas militares; por lo que, bajo un esfuerzo común y debidamente coordinado, se buscaría que los índices de violencia y las violaciones de los Derechos Humanos se reduzcan significativamente para provecho de la sociedad mexicana.

CONCLUSIONES

Al considerar este proceder, se proporcionarán los fundamentos por los cuales se desarrollen los preceptos legislativos que normen la actuación del soldado en funciones de seguridad pública, se genere una formación para el trato con civiles y se reduzca el comportamiento bélico en el desempeño

de estas labores. Así mismo, pondría en evidencia la necesidad de actualización del sistema educativo y de adiestramiento militar para contemplar una formación integral de los cuadros de la Secretaría de la Defensa Nacional, tanto para responder a amenazas bélicas, como de orden delictivo y la atención a civiles en medio de estos conflictos, en aras de mantener la seguridad nacional.

Lo anterior implicaría que el soldado, además de prepararse para llevar a cabo el resto de las misiones que tiene encomendadas, se eduque y adiestre, y por consecuencia se profesionalice en el desempeño de sus funciones contra amenazas que no son propiamente de orden bélico, pero que, en la actualidad demandan la actuación de las Fuerzas Armadas en ámbitos distintos al de la guerra propiamente dicha. Especialmente, que desarrolle las habilidades ante una sociedad civil que no se ubica ni en el orden bélico, ni delincuencia.

B I B L I O G R A F Í A

Bucio L (2016). Retos enfrentados por las Fuerzas Armadas Mexicanas durante su participación en la Estrategia de Combate al Narcotráfico del presidente Felipe Calderón Hinojosa. *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades SOCIO-TAM*, Vol. XXVI, N. 1: pp. 205-227.

Comisión Mexicana de Defensa y Promoción de los Derechos Humanos (2018). *Huellas imborrables: desapariciones, torturas y asesinatos por instituciones de seguridad en México (2006-2017)*. México.

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última reforma publicada el 8 de mayo del 2020.

Ley Orgánica del Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos. Última reforma publicada el 21 de junio del 2018.

Schmitt C (2019). *El concepto de lo político*. España: Alianza

Schmitt C (2013). *Teoría del partisano*. España: Trotta

Secretaría de la Defensa Nacional. (2007). *Manual de Operaciones en Campaña*. México.

N O T A S

¹ Luis Rodríguez Bucio (2016) comenta:

[...] desde la década de los treinta del siglo pasado, el empleo de las FAMs [Fuerzas Armadas Mexicanas] para la atención del problema del narcotráfico se ha extendido de la erradicación a la intercepción y, después, al apoyo de las instituciones gubernamentales de seguridad y justicia. Con el presidente Calderón, esta participación dio un salto cualitativo por la decisión presidencial de emplearlas en

operaciones directas contra las estructuras de las organizaciones de narcotráfico. La constante común de esta ampliación de las tareas de las FAMs ha sido la incapacidad de las instancias civiles para atender por sí mismas la problemática representada por el narcotráfico (210).

² La Comisión Mexicana de Defensa y Promoción de los Derechos Humanos (2018), publicó en noviembre del 2018 que la CNDH, de 2007 a junio de 2017, emitió 790 recomendaciones, de las cuales 204 conforman el análisis que presentó, pues tienen que ver con violaciones graves a los derechos humanos. [...] es importante ver que de las 204 recomendaciones, 191 tienen involucramiento directo en hechos de violaciones graves de las Fuerzas Armadas y/o los policías (113 con el Ejército y, con la Marina, 38, para un total de 148 atribuibles a las Fuerzas Armadas) (5 y 7).

³ Esta Ley (año), establece en su artículo primero, que el Ejército y Fuerza Aérea Mexicanos son instituciones armadas permanentes que tienen las misiones generales siguientes:

I. Defender la integridad, la independencia y la soberanía de la nación;

II. Garantizar la seguridad interior;

III. Auxiliarse a la población civil en casos de necesidades públicas;

IV. Realizar acciones cívicas y obras sociales que tiendan al progreso del país; y

V. En caso de desastre prestar ayuda para el mantenimiento del orden, auxilio de las personas y sus bienes y la reconstrucción de las zonas afectadas.

⁴ Caracterizado de la siguiente forma:

O se concebía como una especie de tropa *ligera*, sumamente móvil, pero regular –como en las guerras de gabinete del siglo XVIII–, o bien se calificaba como un criminal especialmente odioso que estaba, naturalmente, fuera de la ley: un *hors la loi*. Tenía que ser así mientras la guerra conservaba alguna significación de duelo con armas francas y sentido de caballería (Schmitt, 2013, pp. 28-29).

⁵ Señalemos, por ejemplo, “[...] el intenso compromiso político que distingue al partisano de otros combatientes. Hay que mantener el carácter intensamente político del partisano para no confundirlo con el vil ladrón y atracador que piensa exclusivamente en su provecho particular, sin tener otros motivos” (Schmitt, 2013, p. 32).

⁶ Se trata de conflictos llevados a cabo conforme al modelo tradicional de la guerra, expuesto por Sun Tzu, K. V. Clausewitz, y otros teóricos del fenómeno bélico, donde los contrincantes son ejércitos regulares que aplican su fuerza para someter y doblegar al enemigo en busca de un objetivo político para su nación.

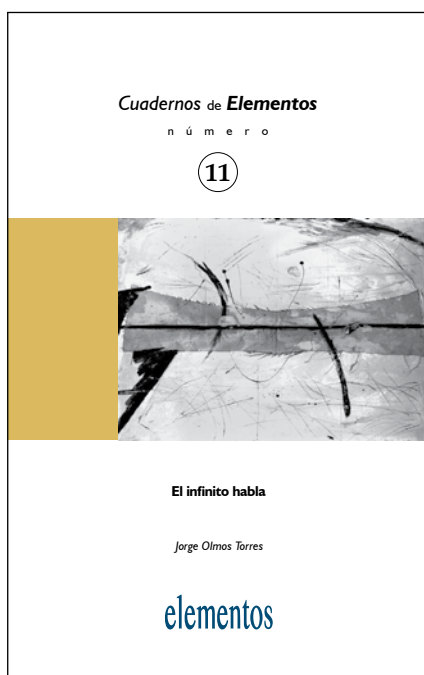
Isaac Ruelas Navarrete
José Luis Evangelista Ávila
Facultad de Filosofía y Letras
Universidad Autónoma de Chihuahua
isaacruelas@hotmail.com
jevangelista@uach.mx



© Angela Arziniaga. De la serie *La trashumante VII*. Colodión húmedo, ambrotipo.

Cuadernos de *Elementos* número 11 El infinito habla

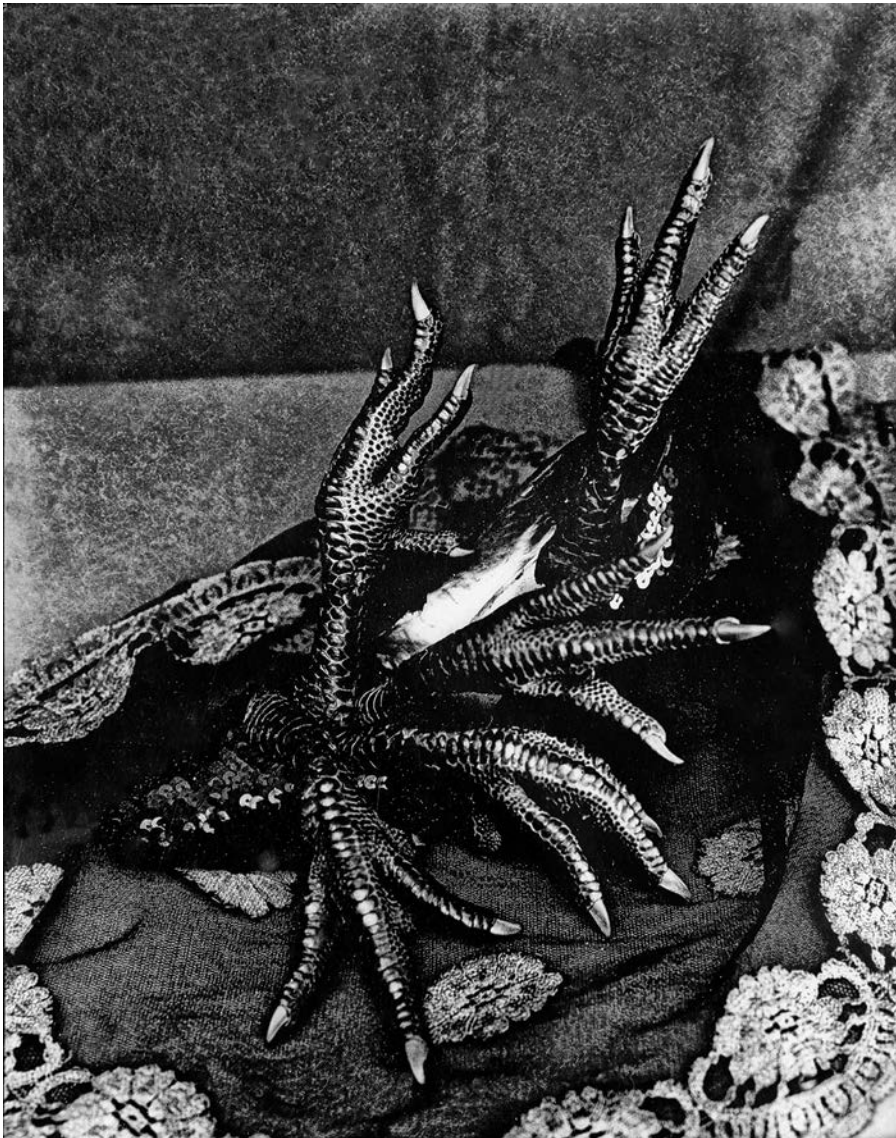
Jorge Olmos Torres



En el número 11 de la colección Cuadernos de *Elementos*, Jorge Olmos hace una reseña biográfica de Oscar del Barco y comenta con amplitud algunos aspectos relevantes de la obra filosófica y poética del pensador argentino. Hablar de filosofía y poesía, en el caso de Del Barco es, de alguna manera hablar de una misma cosa profundamente arraigada en la vocación de pensar. Pero, para el autor, el texto también es un pretexto para plantear preguntas: ¿Qué quiere decir “pensar”? ¿Es propenso el hombre al mal? ¿Quién escribe? ¿De dónde proviene el poema? Sin libertad, ¿hay ética?, ¿hay poesía? ¿Por qué se ha vuelto tan ambiguo ser libre? ¿Se puede ser libre de la determinación de la palabra con la que ya estamos hechos? ¿Cómo llega el poeta al poema o cómo el poema llega al poeta?...

Lee Cuadernos de *Elementos* No. 11 en:

<https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000007485.pdf>.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Estoica patria mía* V. Daguerrotipo mercurial.

Soñando con microbots y nanobots

Gerardo **Mora Aquino**
Agustín Leobardo **Herrera May**

En los últimos años, se ha usado el término Robótica a Escala Pequeña para referirse a aquellos sistemas robóticos cuyas dimensiones pueden estar desde el orden de los nanómetros hasta los milímetros. Los robots a escala pequeña pueden clasificarse en milibots, microbots y nanobots. Los milibots son dispositivos robóticos con dimensiones características en milímetros. En cambio, los microbots tienen componentes con dimensiones menores a un milímetro y mayores a un micrómetro. Por otro lado, los nanobots tienen elementos con tamaño en el orden de nanómetros y menores de un micrómetro. Sin embargo, con frecuencia algunos autores utilizan el término microbot, para referirse a dispositivos robóticos cuyas dimensiones son diminutas, en comparación con los robots convencionales.

Las potenciales aplicaciones para robots a escala pequeña son diversas, incluyendo la manufactura, rescate, vigilancia, monitoreo, defensa y medicina. Sin embargo, estos robots aún son considerados como una curiosidad científica, dispositivos que solo se encuentran en laboratorios de investigación o son utilizados por un pequeño número de empresas especializadas. Para que estos robots puedan comercializarse, primero deben superarse numerosos retos relacionados con su fabricación, control y suministro de energía, para lograr la autonomía que distingue a todo dispositivo robótico.

HISTORIA DE LA ROBÓTICA A ESCALA PEQUEÑA

El origen de la robótica a escala pequeña se remonta al año 1959, cuando el doctor Richard Feynman, Premio Nobel en Física, impartió su conferencia “Hay mucho espacio en el fondo”. Esta conferencia fue una invitación para ingresar a un nuevo campo de la física, llamado nanotecnología. Feynman mencionó la posibilidad de manipular, controlar y construir objetos de pequeñas dimensiones, estableciendo la base de robots a escala pequeña. Con el desarrollo de las tecnologías de microfabricación para circuitos integrados y la aparición del microcontrolador en la década de 1970, se crearon los medios para producir máquinas cada vez más pequeñas y potentes. En 1983, Richard Feynman mencionó la posibilidad de fabricar robots a escala pequeña y propuso aplicaciones para este tipo de robots, especialmente aquellas relacionadas con la medicina. En la década de 1980 se desarrollaron importantes avances tecnológicos, como el microscopio electrónico de barrido y el microscopio de sonda de barrido. Estos avances, junto a mejores técnicas de microfabricación, permitieron el desarrollo de los sistemas microelectromecánicos (MEMS), los cuales integran sensores, motores y mecanismos para los robots a escala pequeña.

En 1988, Anita Flynn propuso el uso de un enjambre de robots pequeños, baratos y desechables para reemplazar un robot complejo. Por otro lado, Pister, Katz y Kahn (1999) plantearon el uso de múltiples dispositivos MEMS controlados inalámbricamente, para la detección de parámetros como vibraciones mecánicas, temperatura, campos magnéticos y sustancias químicas. Estos dispositivos diminutos están equipados con todo lo que un robot móvil a escala pequeña necesita, exceptuando actuación y propulsión. En el 2000, se inició el desarrollo de sistemas de nanopartículas diseñadas para la administración de fármacos. En 2006, se fabricaron los primeros robots a microescala utilizando tecnología MEMS. Actualmente, se

encuentran en desarrollo robots a escala pequeña con capacidad de implementar secuencias de nanomanipulación sofisticadas y el diseño de enjambres de robots inteligentes para la industria militar y la biomedicina.

DISEÑO

La idea fundamental del funcionamiento de un robot es imitar las funciones de un ser vivo. Los seres vivos recolectamos información del entorno (sen-sado); dicha información es procesada y se extraen

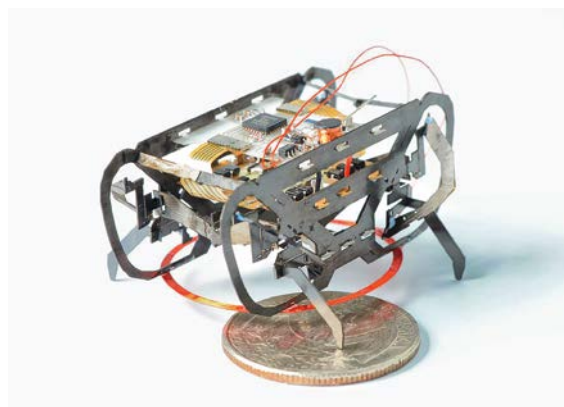


Figura 1. HAMR es un milibot diseñado por el Instituto Wyss de la Universidad de Harvard para asemejarse a cucarachas (Wyss Institute, 2017).

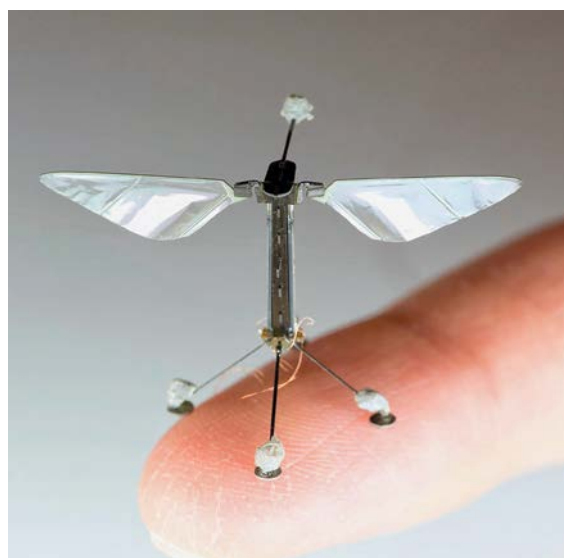


Figura 2. RoboBee es un milibot con forma similar a una abeja desarrollado por el Instituto Wyss de la Universidad de Harvard (Wyss Institute, 2013). Este milibot fue desarrollado para búsqueda, rescate y agricultura.

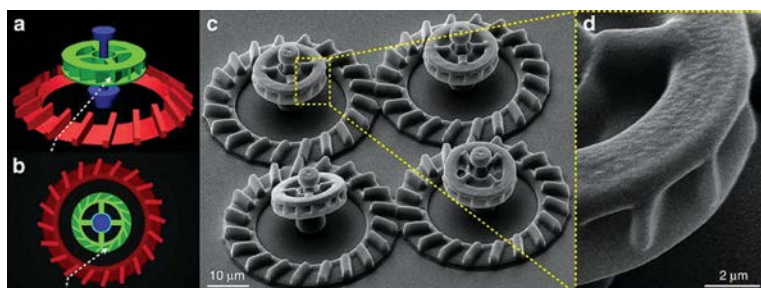


Figura 3. Micromotores impulsados por bacterias y que podrían usarse para microbots híbridos cuyo diseño combina elementos sintéticos y orgánicos para lograr la movilidad (Vizsnyiczai *et al.*, 2017). (a, b) Diseño de los micromotores, sus piezas individuales se marcan con colores diferentes. c) Imagen SEM de micromotores. d) Imagen SEM de las microcámaras del micromotor en las que se alojan las bacterias.

los datos más relevantes para tomar una elección (control) e implementarla para ajustar nuestro comportamiento (actuación). Para la implementación de las funciones anteriores, es necesario que exista un suministro de energía constante.

No existe una recomendación simple para construir un robot convencional porque sus características son regidas por su aplicación. En el caso de la robótica a escala pequeña, la necesidad del problema a resolver determinará la escala del robot, su rango de movimiento y fuerza, los tipos de sensores y compatibilidad con el ambiente, así como su proceso de fabricación.

Los milibots pueden incorporar elementos de control, sensores, actuadores y suministro de energía mediante técnicas de microfabricación. Algunos diseños de milibots usan la fisionomía de insectos, con la intención de lograr su capacidad para levantar varias veces su propio peso, o construir estructuras (hormigas), o saltar con aceleraciones superiores a 400 g (saltamontes), o tener una alta sensibilidad en vuelo para entregar una carga (abejas en el proceso de polinización). La Figura 1 muestra un milibot desarrollado por el Instituto Wyss, de la Universidad de Harvard, con morfología similar a una cucaracha, el cual tiene potencial aplicación para el rescate, monitoreo de estructuras e inspección de ambientes peligrosos.

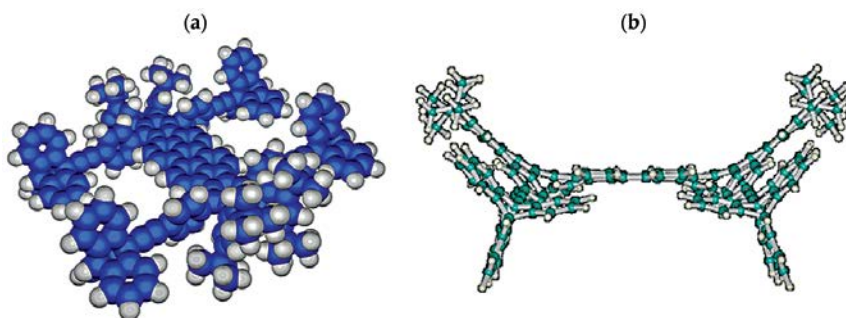
Uno de los milibots más representativos es RoboBee (Figura 2), diseñado por la Universidad de Harvard, el cual está basado en la configuración de una abeja con aplicaciones potenciales en agricultura, vigilancia, búsqueda y rescate. RoboBee mide aproximadamente la mitad del tamaño de un clip, pesa menos de la décima parte de un gramo

y vuela usando “músculos artificiales” compuestos de materiales que se contraen cuando se aplica un voltaje. Un desafío para el desarrollo de este tipo de insectos robóticos es la obtención de energía eléctrica del medio ambiente usando materiales piezoeléctricos, triboeléctricos, flexoelectrónicos o híbridos.

Los microbots son más pequeños que los milibots y sus diseños son similares a los de algunos microorganismos (Figura 3). La incorporación de baterías en microbots es complicada y por ende son energizados con fuentes externas. La integración de capacidades de sensado y control en microbots, son áreas de oportunidad para investigación.

Los nanobots son dispositivos de escala submicrométrica que pueden usar bloques de construcción de origen biológico, como el ADN. Los nanobots pueden moverse a través de un fluido, pero experimentan fuerzas de arrastre que dificultan su propulsión y control. El desplazamiento de estos nanobots depende del movimiento aleatorio del fluido circundante. Ejemplos de estos nanobots son los sistemas de nanopartículas para suministro de medicamentos de quimioterapia, que pueden seleccionar a las células cancerosas y liberar el medicamento. Otro tipo de nanobots usan actuadores químicos dirigidos, con capacidad de propulsión controlada. Rouville y colaboradores (2018) desarrollaron nanovehículos para la Primera Carrera de Nanoautos efectuada en abril de 2017, en la cual consideraron un modelo de un nanoauto con un chasis plano, y un diseño optimizado de nanoauto con un chasis curvo.

Figura 4. Nanovehículos reportados por Jacquot de Rouville y colaboradores (2018) para la Primera Carrera de Nanoautos. a) Modelo de un nanoauto con un chasis plano. b) Vista lateral del diseño optimizado de un nanoauto con chasis curvo.



Los nanobots son dispositivos de escala sub-micrométrica que pueden usar bloques de construcción de origen biológico, como el ADN. Los nanobots pueden moverse a través de un fluido, pero experimentan fuerzas de arrastre que dificultan su propulsión y control. El desplazamiento de estos nanobots depende del movimiento aleatorio del fluido circundante. Ejemplos de estos nanobots son los sistemas de nanopartículas para suministro de medicamentos de quimioterapia, que pueden seleccionar a las células cancerosas y liberar el medicamento. Otro tipo de nanobots usan actuadores químicos dirigidos, con capacidad de propulsión controlada. Rouville y colaboradores (2018) desarrollaron nanovehículos para la Primera Carrera de Nanoautos efectuada en abril de 2017, en la cual consideraron un modelo de un nanoauto con un chasis plano, y un diseño optimizado de nanoauto con un chasis curvo.

MATERIALES

La elección del material depende de la aplicación y tamaño del robot, aunque los criterios de su elección pueden ser la fuerza deseada, el rango de movimiento, los costos de fabricación o la compatibilidad con el entorno. Los materiales piezoeléctricos son una opción debido a su propiedad de deformarse mediante la aplicación de un voltaje. El silicio es otro material adecuado para microbots cuando se usan técnicas de microfabricación como MEMS. Por ejemplo, en tecnología MEMS se han desarrollado micropinzas electrostáticas de alta

precisión basadas en silicio. Además, se pueden emplear polímeros para la implementación de actuadores para robots de escala pequeña. Sin embargo, cuando se está considerando el funcionamiento de un robot de escala pequeña en el interior del cuerpo humano, la compatibilidad biológica y la toxicidad se convierten en las limitantes principales.

CONTROL

En cada dispositivo robótico, la etapa de control es la encargada de mantener al dispositivo en el estado deseado. Esta etapa compara el estado actual con el deseado, y si detecta una desviación, el controlador emitirá una señal de corrección a los actuadores del robot. Así, se eliminará la diferencia entre el estado actual y el deseado, manteniendo al robot con el comportamiento diseñado.

Los milibots pueden tener elementos de control integrados que funcionan de forma reactiva; sin embargo, también se han explorado diseños que involucran el uso a modo de enjambre de robots miniaturizados. Estos dispositivos muestran una inteligencia limitada, pero son capaces de interactuar exhibiendo patrones más complejos de comportamiento, imitando el comportamiento de insectos como hormigas y abejas. Generalmente, los microbots son controlados mediante dispositivos externos a sus estructuras, como bobinas, encargadas de controlar su trayectoria. Varios microbots podrían ser controlados usando la Respuesta Selectiva de Control Global (RSCG), la cual diseña las trayectorias de los microbots. El control de nanobots dentro de un fluido puede obtenerse mediante el movimiento aleatorio de su fluido circundante para

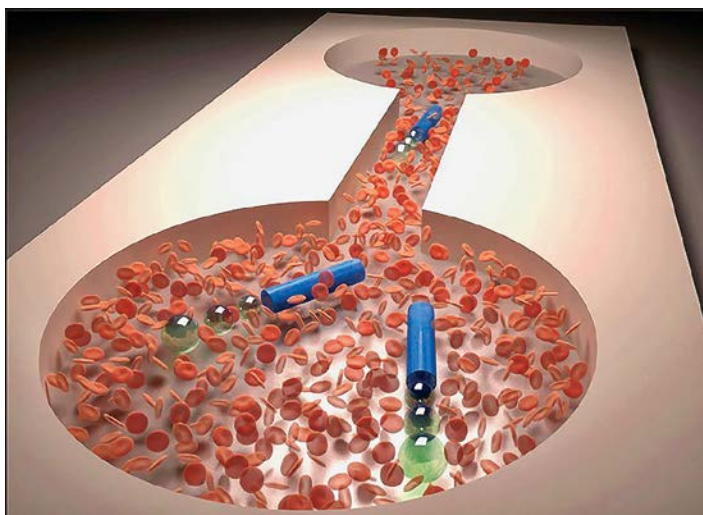


Figura 5. Microbots moviéndose en un dispositivo microfluídico, los cuales podrían usarse en conjunto para obtener diagnósticos clínicos más precisos (Soler *et al.*, 2013).

la propulsión, o el uso de proteínas motoras, como la kinesina, que permite mover sistemas nanométricos a través de microtúbulos, o encontrar el punto de entrada de una célula.

SUMINISTRO DE ENERGÍA

La implementación del suministro de energía en un robot de escala pequeña está relacionada con su tamaño y especificaciones de comportamiento. Por ejemplo, los milibots pueden tener el suministro de energía integrado, utilizando materiales piezoeléctricos, aleaciones de efecto térmico de memoria o polímeros. Existen diversas opciones para el suministro de energía en microbots que operan en un entorno líquido. Estos microbots pueden ser impulsados mediante fuerzas generadas de manera remota, como las obtenidas con el uso de bobinas magnéticas externas, o métodos de autopropulsión usando biomateriales como células o bacterias.

La conversión de energía del medio ambiente en energía eléctrica usando materiales piezoeléctricos, triboeléctricos o flexoeeléctricos son una alternativa para suministrar energía a los robots a escala pequeña. El concepto consiste en la conversión de energía ambiental para impulsar pequeños dispositivos eléctricos y electrónicos con el objetivo de que sean autosuficientes. Por ejemplo, un milibot puede convertir la energía mecánica de

las vibraciones del entorno en energía eléctrica. Un robot a escala pequeña operando en el cuerpo humano podría alimentar sus celdas de energía utilizando la temperatura natural del paciente, etcétera.

APLICACIONES

Las aplicaciones de los milibots incluyen instrumentación científica, manufactura y medicina. Robots en esta escala pueden ser utilizados para estudiar nuevos materiales o muestras biológicas. Además, los milibots pueden ser empleados para fabricar una gran cantidad de pequeños robots móviles, cumpliendo uno de los objetivos previstos por Feynman para estas tecnologías. En medicina, estos robots pueden ser como una cámara encapsulada en una píldora, que puede tomar muestras de objetos como un tumor, u otras anomalías en el cuerpo humano. Existen robots en esta escala capaces de manipular y reparar el tracto intestinal.

Los microbots (Figura 5) tienen aplicación en la medicina y pueden funcionar como herramientas para cirugía no invasiva, suministro de fármacos de manera guiada e ingeniería de tejidos. Este tipo de robots podría ser utilizado para realizar el concepto de “fábrica en chip”, en el que podrían participar en el armado de microestructuras complejas. Estos microbots también podrían realizar



© Angela Arziniaga. De la serie *Estoica patria mía XXVII*. Daguerrotipo mercurial.

labores de mantenimiento para las microestructuras complejas y repararlas. Otras aplicaciones pueden ser la vigilancia y seguridad de la información, donde el tamaño de estas máquinas las vuelve casi indetectables.

Los nanobots son una alternativa para el tratamiento de diferentes tipos de cáncer, considerando sistemas de nanopartículas capaces de suministrar medicamentos en partes específicas del cuerpo humano, sin afectar las células sanas. Otros sistemas de nanobots elaborados con componentes del ADN podrían reparar cromosomas dañados. Finalmente, los sistemas robóticos podrían ser usados para remover contaminantes del agua.

REFERENCIAS

- Adam G, Chowdhury S, Guix M, Johnson BV, Bi C and Cappelleri D (2019). Towards Functional Mobile Microrobotic Systems. *Robotics* 8(3):69. <https://doi.org/10.3390/robotics8030069>.
- Flynn A (1988). Gnat robots: a low-intelligence low-cost approach. *IEEE Technical Digest on Solid-State Sensor and Actuator Workshop* 1(1):63-66. <https://doi.org/10.1109/solsen.1988.26434>.
- Jacquot de Rouville, HP, Kammerer C and Rapenne G (2018). From the Synthesis of Nanovehicles to Participation in the First Nanocar Race-View from the French Team. *Molecules* 23:612. <https://doi.org/10.3390/molecules23030612>.
- Paprotny I and Bergbreiter S (2014). Small-Scale Robotics: An Introduction. *Small-Scale Robotics. From Nano-to-Millimeter-Sized Robotic Systems and Applications* 1(1):1-15. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55134-5_1.
- Soler L, Martínez-Cisneros C, Swiersy A, Sánchez S and Schmidt OG (2013). Thermal activation of catalytic microjets in blood samples using microfluidic chips. *Lab on a Chip* 22:4299. <https://doi.org/10.1039/C3LC50756D>.
- Vizsnyiczai G, Frangipane G, Maggi C, Saglimbeni F, Bianchi S and Di Leonardo R (2017). Light controlled 3D micromotors powered by bacteria. *Nature communications* 8:15974. <https://doi.org/10.1038/ncomms15974>.
- Wyss Institute. (2013). RoboBees: Autonomous flying microrobots. <https://wyss.harvard.edu/technology/robobees-autonomous-flying-microrobots/>.
- Wyss Institute. (2017). HAMR: Versatile crawling microrobots. <https://wyss.harvard.edu/technology/hamr-versatile-crawling-microrobot/>.

Gerardo Mora Aquino
Universidad del Valle de México
A480043591@my.uvm.edu.mx
Agustín Leobardo Herrera May
Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología
leherrera@uv.mx

Nanoestructuras en el diagnóstico no invasivo de la detección de compuestos orgánicos volátiles

Julián **Hernández Torres**
Teresa **Hernández Quiroz**
Daniela **Guzmán Castillo**

Actualmente, uno de los retos de la ciencia y la tecnología es incrementar y mejorar nuestra esperanza de vida, por lo que es indispensable desarrollar herramientas para detectar enfermedades en una etapa temprana y que, además, sean no invasivas. Cuando un médico realiza un diagnóstico, usualmente ya le realizó al paciente una serie de pruebas, que pueden clasificarse como invasivas o no invasivas. Las pruebas invasivas se realizan introduciendo en el cuerpo un instrumento o una aguja. Usualmente este tipo de procedimientos son molestos o incómodos, pero muchas veces necesarios. A diferencia de las pruebas invasivas, las no invasivas no causan molestia al realizarse. La desventaja de la mayoría de las pruebas actuales es el tiempo de espera para obtener el resultado, son costosas y frecuentemente causan molestias al paciente. Es por ello que la búsqueda de herramientas sencillas, no invasivas y rápidas, son de suma importancia para poder detectar enfermedades a tiempo.

La Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, 2021) reportó este año que el 71 % de las muertes en el mundo son producto de enfermedades no transmisibles, entre ellas, la principal causa de muerte

son las enfermedades cardiovasculares, después el cáncer, las enfermedades respiratorias y, por último, la diabetes.

Estas enfermedades si no se diagnostican y tratan a tiempo pueden ocasionar daños permanentes o incluso la muerte, por esta razón, es importante desarrollar dispositivos capaces de realizar diagnósticos clínicos no invasivos de manera eficaz, y esto se puede lograr con el análisis de biomarcadores (marcadores biológicos).

Los biomarcadores se definen como una

molécula biológica que se encuentra en la sangre, otros líquidos o tejidos del cuerpo, y cuya existencia es un signo de un proceso normal o anormal, de una afección o de una enfermedad. Un marcador biológico se utiliza a veces para determinar la respuesta del cuerpo a un tratamiento para una enfermedad o afección (National Cancer Institute, 2021).

Los biomarcadores sirven como herramienta de diagnóstico para la identificación de aquellos pacientes con una enfermedad o condición anormal, un ejemplo de biomarcadores para la detección de enfermedades son los análisis volatolómicos, es decir, un análisis de compuestos orgánicos volátiles (COV).

¿QUÉ SON LOS COV?

Los compuestos orgánicos volátiles son sustancias químicas orgánicas que contienen carbono y oxígeno, y se encuentran en toda la materia viva.

Se ha reportado que el cuerpo humano produce alrededor de 2,577 compuestos volátiles, que se clasifican en diferentes grupos químicos, como: ácidos, alcoholes, aldehídos, alcanos, alquenos, aromáticos, amidas, aminas, ésteres, éteres, cetonas, nitrilos, organosulfuros y terpenos, entre otros (Broza *et al.*, 2018).

Los COV preceden de diferentes fuentes, por ejemplo, en el aliento se pueden encontrar 874



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Guerra mental y raíces V*. Impresión a la calotipia, 2020.

compuestos, en la saliva 360, en la piel 500, en la sangre 80, en la orina 283 y en las heces 480. Es por eso que, dada la cantidad de COV en el cuerpo humano, detectarlos es de utilidad para obtener información acerca de la actividad metabólica (Hakim *et al.*, 2012).

Los COV que emite el cuerpo humano se originan de los subproductos del metabolismo, por lo cual, si una persona está enferma, dicho metabolismo se ve alterado. Durante este proceso, la producción de los COV se ve afectada y sus cambios pueden detectarse, constituyendo biomarcadores no invasivos que permiten detectar la alteración del metabolismo relacionada con una enfermedad en particular (Haick *et al.*, 2014).

¿CÓMO SE DETECTAN LOS COV?

Durante los últimos años se ha puesto mayor interés en analizar el aliento humano ya que, como se mencionó, el aire exhalado contiene información biológica (34 % de COV), es por ello que puede convertirse en una opción para diagnosticar de manera no invasiva diversas patologías. El análisis dependerá del tipo de COV y de su concentración, ya que normalmente se encuentran en cantidades muy pequeñas, del orden de partes por



© Angela Arziniaga. De la serie *Guerra mental y pájaros en la cabeza III*. Impresión a la calotia, 2020.

billón (ppb) e incluso más bajas. Existen diversas patologías que se pueden detectar por COV del aliento. Por ejemplo, se ha reportado que, al detectar amoníaco en un paciente, en una concentración mayor a 10,000 ppb, se relaciona con una enfermedad renal crónica (Davies *et al.*, 2014).

En el caso de pacientes con asma, exhalan más de 1 ppm de óxido nítrico, mientras una persona saludable emite entre 0.2 a 1 ppm (Gouma y Kalyanasundaram, 2008). La diabetes, por otro lado, produce más de 1.8 ppm de acetona, mientras que, en personas saludables, las concentraciones son de 0.3 a 0.9 ppm (Deng *et al.*, 2004).

Similarmente, la detección del cáncer de pulmón se puede hacer de primera instancia por medio del aliento, al detectar etanol a una concentración de 27 a 5,380 ppb (Rudnicka *et al.*, 2014), aunque otro COV que está relacionado con este cáncer es el isopropanol, en concentraciones de 81.2 a 329 ppb (Chien *et al.*, 2017).

El diagnóstico no invasivo de los compuestos orgánicos volátiles provenientes del aliento se realiza mediante un mecanismo de detección selectiva que se hace con un sensor químico.

Dicho sensor debe ser selectivo, es decir, debe ser capaz de detectar un tipo de COV, y debe ser sensible a bajas concentraciones.

Un sensor químico es un dispositivo que convierte una señal química en una señal útil para el análisis. Estos sensores se componen principalmente de un receptor (material selectivo y sensible químicamente) y un transductor (sistema de detección física) fisicoquímico.

El procesamiento de la señal se realiza cuando el sistema convierte la información química (la concentración de COV) en una señal eléctrica, óptica, piezoeléctrica, etcétera. La parte de mayor importancia de un sensor es el material receptor, ya que debe ser selectivo a uno o a cierto número de COV, además de que debe ser sensible a concentraciones muy bajas de estos compuestos. Por ello, el reto actual es fabricar materiales que sean muy selectivos y sensibles a un tipo de COV.

LOS NANOMATERIALES EN LA AYUDA DE LA DETECCIÓN DE LOS COV

La nanotecnología se refiere a la manipulación de la materia a una escala por debajo de los 100 nm (1×10^{-9} m). Tan solo el diámetro del cabello humano mide aproximadamente de 70,000 nm a 100,000 nm (0.007 cm a 0.01 cm). Los materiales pueden ser manipulados y fabricados con diversas morfologías a escalas nanométricas, y tienen en una de sus dimensiones una escala menor a 100 nm. Por ello, a cualquier estructura que tenga estas dimensiones se le antepone el prefijo “nano”, y se le denomina nanoestructura (por ejemplo: nanotubos, nanohilos, nanocolumnas, nanopartículas, etc.).

La importancia de fabricar estructuras cada vez más pequeñas es que sus propiedades (ópticas, eléctricas, magnéticas, etc.) tienden a mejorar radicalmente, dándoles un gran potencial para diversas aplicaciones, en especial para la fabricación de materiales receptores a los COV. Por ello, la investigación actual para la detección de COV está orientada a implementar heteroestructuras, es decir,



© **Angela Arziniaga**. De la serie *El génesis y las nuevas ideas XXXIII*. Impresión giclée.

combinación de nanoestructuras con diferentes tipos de materiales (metálicos, semiconductores y metales nobles), para tener un material más selectivo.

En cambio, para mejorar la sensibilidad, se busca incrementar el área superficial disminuyendo el tamaño de las nanoestructuras. Esta reducción en el tamaño de las estructuras traería como consecuencia una disminución en los dispositivos, un menor consumo energético, y por ende, una disminución en los costos, haciéndolos viables en un futuro no lejano.

REFERENCIAS

Broza YY, Vishinkin R, Barash O, Nakhleh MK and Haick H (2018). Synergy between nanomaterials and volatile organic compounds for noninvasive medical evaluation. *Chemical Society Reviews* 47:4781-4859.

Chien PJ, Suzuki T, Tsujii M, Ye M, Toma K, Arakawa T, Iwasaki Y and Mitsubayashi K (2017). Bio-sniffer (gas-phase biosensor) with secondary alcohol dehydrogenase (S-ADH) for determination of isopropanol in exhaled air as a potential volatile biomarker. *Biosensors and Bioelectronics* 91:341-346. z

Davies SJ, Španěl P and Smith D (2014). Breath analysis of ammonia, volatile organic compounds and deuterated water vapor in chronic kidney disease and during dialysis. *Bioanalysis* 6:843-57.

Deng C, Zhang W, Zhang J and Zhang X (2004). Rapid determination of acetone in human plasma by gas chromatography-mass spectrometry and solid-phase microextraction with on-fiber derivatization. *J Chromatogr B Analyt Technol Biomed Life Sci* 805:235-40.

Gouma PI and Kalyanasundaram K (2008). A selective nanosensing probe for nitric oxide. *Applied Physics Letters* 93:244102.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Mi cuerpo es una jaula XIII*. Impresión a la albúmina, 2021.

Haick H, Broza YY, Mochalski P, Ruzsanyi V and Amann A (2014). Assessment, origin, and implementation of breath volatile cancer markers. *Chem Soc Rev* 5:1423-49.

Hakim M, Broza YY, Barash O, Peled N, Phillips M, Amann A and Haick H (2012). Volatile organic compounds of lung cancer and possible biochemical pathways. *Chemical Reviews* 112:5949-5966.

Rudnicka J, Walczak M, Kowalkowski T, Jezierski T and Buszewski B (2014). Determination of volatile organic compounds as potential markers of lung cancer by gas chromatography-mass spectrometry versus trained dogs. *Sensors and Actuators, B: Chemical* 202:615-621.

National Cancer Institute (2021). Biomarker. Recuperado de: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/biomarker>.

World Health Organization (2021). Noncommunicable diseases. 2021, de World Health Organization Sitio web: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases?fbclid=IwAR0XtfNVvClqT_Ma0DTvFsTMtIW_uRmzZV-miv5OmDKsUZ-j51jlZOPwqizk.

Julián Hernández Torres
Teresa Hernández Quiroz
Daniela Guzmán Castillo
Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología
Universidad Veracruzana
[dani.guzman18@gmail.com](mailto:danii.guzman18@gmail.com)

Postbióticos microbianos y sus efectos en la salud

Verónica Miroslava **Martínez Ortiz**
Elizabeth **Bautista Rodríguez**
Beatriz **Pérez Armendáriz**

El consumo de probióticos representa una nueva alternativa contra enfermedades y a la no dependencia a los antibióticos. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, un probiótico es un organismo vivo que al suministrarse en adecuadas cantidades se le atribuyen beneficios a la salud. Los probióticos se han utilizado de forma segura para el tratamiento de enfermedades del sistema gastrointestinal (SGI), resaltando los efectos benéficos en los comensales (Hernández *et al.*, 2020). Una propuesta interesante es el consumo de productos fermentados (sólidos o líquidos) como el yogur, bebidas tradicionales como tepache, aguamiel y pulque, estas bebidas fermentadas y sus moléculas, consistentes en polisacáridos y oligosacáridos no digeribles como inulina o fructanos, sirven como sustrato que se conoce como prebiótico. El contenido de organismos probióticos en estos productos y la función simbiótica (prebiótico y probiótico) que estos productos ofrecen, proporcionan una gran cantidad de sustancias benéficas, denominadas postbióticos. Un postbiótico es un metabolito producido o secretado por un probiótico o bien una molécula liberada posterior a la lisis bacteriana que influye a la respuesta fisiológica en el hospedero. Los postbióticos se consideran sustancias bioactivas que puede generar

beneficios a la salud y bienestar de quienes los consumen, mejorando las funciones inmunomoduladoras, inmunoestimuladoras, neuroreguladoras y antimicrobianas, entre otras (Wegh *et al.*, 2019).

MICROORGANISMOS Y LA PRODUCCIÓN DE POSTBIÓTICOS

Los postbióticos pueden incluir muchos metabolitos diferentes (Figura 1), tales como ácidos orgánicos, ácidos grasos de cadena corta (AGCC) como butirato, acetato y propionato; proteínas funcionales (enzimas), polisacáridos extracelulares (EPS), vesículas extracelulares (EV), paredes celulares (LPS), ácido gamma aminobutírico (GABA), vitaminas, péptidos ribosomales (bacteriocinas), entre otros (Hongpatarakere *et al.*, 2012). De acuerdo con Hernández *et al.* (2020):

El uso de moléculas postbióticas se ha convertido en una estrategia prometedora para tratar diversas enfermedades inflamatorias, estas moléculas imitan los efectos terapéuticos útiles de los probióticos y evitan el riesgo de administrar microorganismos vivos a un huésped con un sistema inmunitario deteriorado.

Figura 1. Tipos de sustancias descritas como postbióticos secretados por diversos microorganismos probióticos.



Los postbióticos, para distinguirlos de los probióticos, no necesitan para mantener su eficiencia la colonización en el huésped, donde se requiere mantener microorganismos viables en rangos de 1×10^8 - 1×10^{10} UFC/mL o g (Hernández *et al.*, 2020). Los postbióticos también se consideran xenobióticos, que se definen como sustancias ajenas a un organismo sujetas al proceso de liberación, absorción, distribución, metabolismo y excreción (LADME), experimentando en cada paso modificaciones bioquímicas.

MECANISMOS DE LA ACCIÓN POTENCIAL DE LOS POSTBIÓTICOS

Los postbióticos poseen un mecanismo de acción similar a los probióticos al ejercer modificaciones en el pH intestinal e inhibir la proliferación de microorganismos patógenos oportunistas transferidos por alimentos. El postbiótico es un metabolito secundario bioactivo que ejerce este efecto sin depender de la presencia de la célula viva, esto explica cómo los postbióticos pueden estimular y modular la respuesta inmunológica del huésped, lo que implica tanto la respuesta inmune como la adquirida, facilitando la entrega de los ingredientes activos a nivel intestinal, mejorando con ello su vida útil y simplificando su transporte (Xiao *et al.*, 2002). Hernández *et al.* (2020) mencionan que los postbióticos son una alternativa más fácil de controlar que los probióticos, desde el punto de vista del metabolito, debido principalmente a alteraciones que puedan ser mutaciones o contaminaciones de otras cepas de microorganismos.

EFFECTO DEL POSTBIÓTICO SOBRE EL SISTEMA INMUNE

El término inmunomodulación se refiere a la capacidad de ajustar las funciones del sistema inmune de un organismo. La inmunidad innata, denominada natural o nativa, es la primera línea de defensa contra agentes extraños; ejemplo de ello son el ácido gástrico, las enzimas lagrimales y la piel. Después de este primer mecanismo de defensa surge la inmunidad adaptativa o inmunidad

Receptor tipo <i>Toll</i>	Estructura reconocida
TLR4	Lipopolisacáridos (LPS)
TLR2	Lipoproteínas, ácido lipoteicoico y peptidoglucano
TLR5	Flagelina
TLR3, TLR7, TLR8	ARN bacteriano
TLR9	Reconoce sitio CpG (citocinas con residuos de G)

Tabla 1. Receptores tipo *Toll* asociados a reconocimiento de moléculas de origen bacteriano.

adquirida, un tipo de sistema de defensa específica que es mediada principalmente por una categoría de células conocidas como linfocitos B y T. La respuesta inicial ante un patógeno está relacionada con el sistema inmunológico innato y consta de una serie de receptores de reconocimiento de patrones capaces de asociarse con microorganismos. Esto se produce por la presencia de patrones como receptores. Los TLR (*Toll-like receptors*) reconocen patrones moleculares asociados a patógenos (PAMP), los cuales inician una respuesta rápida. Tras la activación se generan cascadas de señalización que dan lugar a la liberación de citocinas proinflamatorias, que a su vez activan macrófagos y neutrófilos, eliminando así a los patógenos. Los diferentes tipos de receptores TLR puede reconocer a una estructura o molécula específica (Tabla 1). En conjunto, la activación de los TLR modula el perfil de citocinas (moléculas de señalización) en las células inmunes (Mantziari *et al.*, 2020).

EXOPOLISACÁRIDOS (EPS) Y VESÍCULAS EXTRACELULARES (EV) COMO POSTBIÓTICOS

Otros dos productos obtenidos por procesos fermentativos con importancia en la salud son los EPS y las EV. Hay dos tipos de polímeros EPS: homopolisacáridos (HoPS) y heteropolisacáridos (HePS), que difieren en el tipo de monómeros que los constituyen. Entre los beneficios que ejercen

los EPS como sustancias postbióticas están sus efectos antioxidantes, cardioprotectores, antiulcerosos y su capacidad para disminuir los niveles de colesterol (Das *et al.*, 2014).

PAPEL DE LOS ÁCIDOS AGCC CON ACTIVIDAD POSTBIÓTICA

Los ácidos orgánicos, como los AGCC y otros ácidos orgánicos, principalmente acetato, propionato y butirato, actúan contra las bacterias patógenas al interferir con la estructura de la membrana citoplasmática y el transporte de nutrientes (Mantziari *et al.*, 2020).

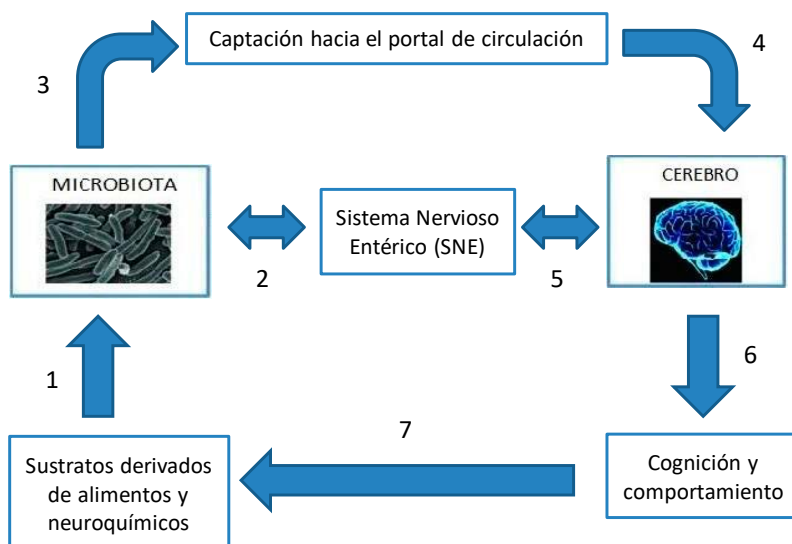
El acetato y el propionato se utilizan a nivel hepático o en tejido periférico como moléculas energéticas; por su parte, el butirato equilibra la microbiota intestinal, reforzando la integridad de la mucosa y el epitelio del intestino, presenta actividad antiinflamatoria e inmunomoduladora, además se ha reportado que tiene un efecto antitumoral en el colon, está asociado a la regulación del apetito, mejora el control de glucosa y el metabolismo de las grasas (Wegh *et al.*, 2019).

La generación de AGCC se debe a que las bacterias probióticas asimilan prebióticos, que nutren a grupos seleccionados de microorganismos que habitan en el intestino” (Hernández *et al.*, 2015), de acuerdo a la World Gastroenterology Organisation (WGO). Por lo tanto, la cantidad de AGCC depende de la dieta: si es rica en vegetales la cantidad de fibra promueve la generación de butirato intestinal; una alimentación baja en vegetales genera un déficit y en consecuencia se asocia a inflamación, disbiosis, alergias y otros trastornos intestinales (Manrique *et al.*, 2017).

POSTBIÓTICOS CON EFECTOS NEUROTRANSMISORES

Los probióticos desempeñan un papel beneficioso en el tratamiento de diferentes patologías, incluida la salud mental, a través del eje conocido como microbiota-intestino-cerebro (Figura 2).

Figura 2. Mecanismo de acción del GABA sobre el sistema nervioso central. 1) Suministro de nutrientes utilizados por la microbiota. 2) La microbiota produce sustancias postbióticas de efecto neurotransmisor que actúan sobre sistema nervioso entérico. 3) Absorción y distribución mediada por la circulación de estas sustancias postbióticas a nivel sistémico. 4) Interacción con receptores específicos de GABA en cerebro. 5) Estimulación asociada con el eje intestino-microbiota-cerebro. Modificación de esquema propuesto por Lyte M. (2014).



Género / Especie	Postbiótico
<i>Bifidobacterium infantis</i>	Serotonina
<i>Lactacaseibacillus rhamnosus</i>	GABA
<i>Escherichia sp, Bacillus sp, Saccharomyces sp.</i>	Noradrenalina
<i>Candida sp, Stresptococcus sp, Escherichia sp, Enterococcus sp.</i>	Serotonina
<i>Bacillus sp, Serratia sp.</i>	Dopamina
<i>Lactobacillus sp.</i>	Acetilcolina

Tabla 2. Sustancias neurotransmisoras producidas por la microbiota asociada al intestino y el postbiótico asociado a algunos grupos microbianos (Bettler *et al.*, 2004; Lyte, 2014).

Los postbióticos que actúan en el sistema nervioso central (SNC) son neurotransmisores como serotonina, acetilcolina y GABA. Específicamente *Lactacaseibacillus rhamnosus* produce GABA un neurotransmisor relacionado con la fisiopatología de la depresión (Tabla 2). En modelos murinos se ha demostrado que estos neurotransmisores inhiben o excitan regiones del sistema nervioso central como la corteza cerebral y el sistema límbico. Ante dichos hallazgos, es necesario realizar investigaciones exhaustivas para determinar los

mecanismos de acción de los postbióticos, como tratamientos de trastornos psicológicos, psiquiátricos o neurológicos. El estudio del papel de los postbióticos neurotransmisores en el eje microbiota-intestino-cerebro se sigue estudiando, y son una alternativa viable al participar en el neurodesarrollo, la neuromodulación y en trastornos de conducta en que la alimentación es un punto crucial (Castañeda *et al.*, 2020).

INTERACCIÓN Y EFECTOS DE LOS POSTBIÓTICOS

A NIVEL INTESTINAL

El uso de postbióticos como moléculas que ejercen efectos benéficos en la salud es ejemplo de posibles aplicaciones que en los últimos años son materia de estudio en el área médica y farmacológica. Existen diversos tipos de moléculas postbióticas por conocer y aún falta entender sus mecanismos para considerar cualquier potencial utilidad. También es de interés conocer los mecanismos biológicos a nivel intestinal (Figura 3), que son fundamentales para que estas funciones se lleven a cabo, así como el mecanismo en el epitelio intestinal y en el lumen.

En la luz tienen un efecto local sobre la inmunomodulación, propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas, mientras que sobre el epitelio intestinal tienen efecto sobre la unión estrecha y sobre la

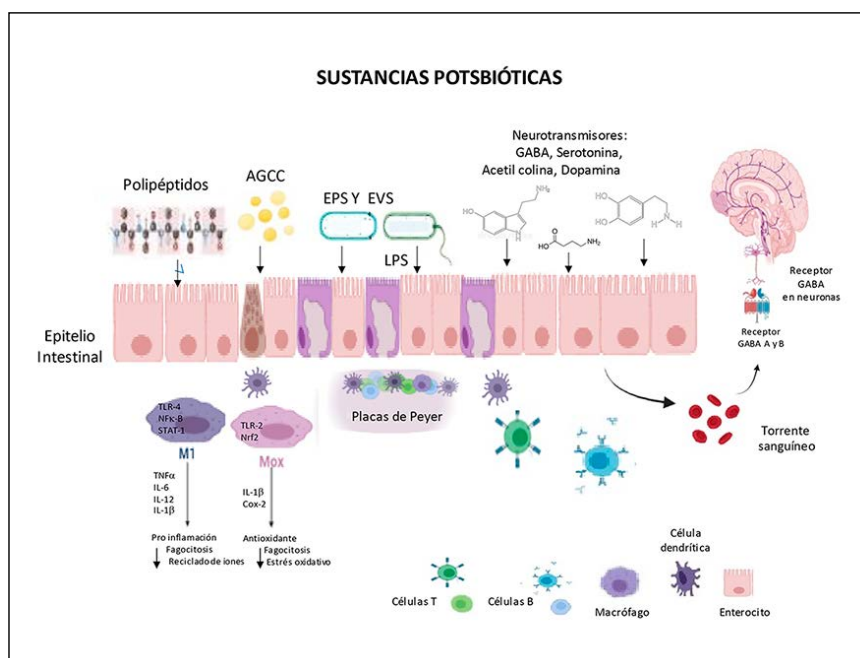


Figura 3. Posible mecanismo biológico de los postbióticos a nivel intestinal y sus efectos benéficos. Las sustancias postbióticas al interactuar con las células epiteliales del intestino, una vez que cruzan el lumen, ejercen el efecto bioactivo sobre su célula o tejido blanco de acuerdo a su propia naturaleza bioquímica. Creada con [Biorender.com](https://www.biorender.com).

actividad de la mucina; esta molécula actúa como barrera entre el epitelio y el lumen, protegiendo la superficie del intestino delgado por la acción de enzimas digestivas y la abrasión por partículas de alimento y patógenos. En el lumen tienen un efecto sistémico de tipo antioxidante, antihipertensivo, antiobesogénico y antiproliferativo (Koleilat, 2020).

CONCLUSIONES

El consumo de productos fermentados que contienen probióticos y postbióticos es una alternativa viable para promover la salud mediante la alimentación adecuada que permita ejercer efectos en la salud.

La cantidad de sustancias postbióticas secretadas por cada microorganismo probiótico es diversa, y resulta difícil establecer los efectos específicos particulares.

Los postbióticos como xenobióticos, están sujetos a un proceso LADME, lo que ejerce los efectos benéficos en los hospederos, y aunque solo algunas se han mencionado en esta investigación, la probabilidad de encontrar otras sustancias

bioactivas marca una pauta interesante para potencializar los beneficios.

REFERENCIAS

- Bettler B, Kaupmann K, Mosbacher J and Gassmann M (2004). Molecular structure and physiological functions of GABA (B) receptors. *Physiological Reviews* 84(3):835-67. PMID: 15269338.
- Castañeda GC (2020). Microbiota intestinal y trastornos del comportamiento mental. *Revista Cubana de Pediatría* 92(2), e1063. <https://orcid.org/0000-0001-9925-5211>.
- Das D, Baruah R and Goyal A (2014). A food additive with prebiotic properties of an α-d-glucan from *Lactobacillus plantarum* DM5. *International Journal of Biological Macromolecules* 69:20-26.
- Hernández A, Coronel RC, Monge Zamorano M y Quintana Herrera C (2015). Microbiota, Probióticos, Prebióticos y Simbióticos. *Pediatra Integral Órgano de expresión de la Sociedad Española de Pediatría Extrahospitalaria y Atención Primaria* XIX(5):337-354 Recuperado de <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2015-06/microbiota-probioticos-prebioticos-y-simbioticos/>.
- Hernández A, Coronel RC y Gil VJM (2020). Novedades en probióticos: evidencias, indicaciones y seguridad. *Pediatra Integral Órgano de Expresión de la Sociedad Española de Pediatría Extrahospitalaria y Atención Primaria* XXIV(3):151-165. Recuperado de <https://www.pediatriaintegral.es/category/publicacion-2020-05/>.



© **Angela Arziniaga**. *Andrea, muchacha malabarista*. Colodión húmedo.

Hongpattarakere T, Cherntong N, Wichienchot S., Kolida S and Rastall RA (2012). *In vitro* prebiotic evaluation of exopolysaccharides produced by marine isolated lactic acid bacteria. *Carbohydrate Polymers* 87(1):846-852.

Koleilat A (2020). Probiotics as immune modulators in prevention of intestinal infection. Vol 5, Num (5). *Hilarispublisher*. Recuperado de <https://www.hilarispublisher.com>.

Lyte M (2014). Microbial endocrinology. *Gut Microbes* 5(3):381-389.

Mantziari A, Salminen S, Szajewska H y Malagón-Rojas JN (2020). Postbióticos contra patógenos comúnmente involucrados en enfermedades infecciosas pediátricas. *Microorganismos* 8(10):1510.

Manrique D y González E (2017). Ácidos grasos de cadena corta (ácido butírico) y patologías intestinales. *Nutrición Hospitalaria* 34 (Supl.4):58-61.

Roshchina VV (2010). Evolutionary considerations of neurotransmitters in a microbial, plant, and animal cells. Freestone (eds.), *Microbial Endocrinology*, Interkingdom Signaling in Infectious Disease and Health (Chapter 2, pp. 17-52) New York, USA: Springer.

Wegh CAM, Geerling SY, Knol J, Roeselers G and Belzer C (2019). Postbiotics and Their Potential Applications in Early Life Nutrition and Beyond. *International Journal of Molecular Sciences* 20:4673.

Xiao SD, Zhang DZ, Lu H, Jiang SH, Liu HY, Wang GS, Xu GM, Zhang ZB, Lin GJ and Wang GL (2002). Multicenter randomized controlled trial of heat-killed *Lactobacillus acidophilus* LB in patients with chronic diarrhea. *Chinese Journal of Digestive Diseases* 3:167-171.

Verónica Miroslava Martínez Ortíz

Elizabeth Bautista Rodríguez

Beatriz Pérez Armendáriz

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

veronicamiroslava.martinez@upaep.edu.mx

El mejor lugar para cantar:

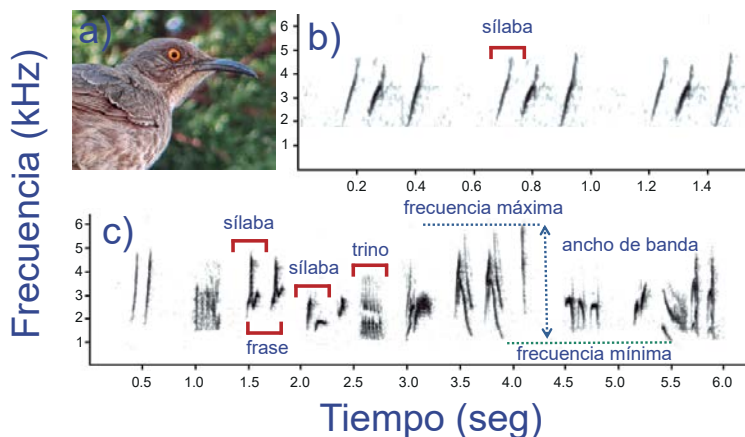
hipótesis de adaptación acústica en aves

Christian Daniel **Morán Titla**
Clementina **González**

¿POR QUÉ CANTAN LAS AVES?

El origen de los cantos en el ser humano podría ser incierto, incluso la finalidad del canto también lo puede ser; sin embargo, a lo largo de la historia el canto ha jugado un papel importante en la cultura de distintas sociedades con fines religiosos o festivos. El canto en el ser humano está provisto de un mensaje que será expresado por un intérprete. El intérprete puede ser el mismo autor o algún otro músico y las características de ese canto serán tan complejas como sea la cultura, tiempo y espacio en el que se realiza. Algunas personas tendrán preferencia por la letra de la canción, por la armonía o quizá solo por el ritmo. Sin embargo, la interpretación del canto de un ave nos resulta más compleja, puesto que no se conoce “el idioma ave”. Para poder entender o interpretar el mensaje que transmiten las aves a través de sus cantos, a partir de la década de 1970 varios investigadores se han dedicado a realizar indagaciones exhaustivas, a través de la observación y la experimentación, para comprender los procesos biológicos y evolutivos involucrados en el uso del sonido por las aves. Más tarde, la investigación que ha resultado del estudio del canto en aves ha sido aplicada a otros grupos biológicos donde la comunicación

Figura 1. Espectrogramas de un llamado (b) y un canto (c) de un cuillacoche pico curvo macho (*Toxostoma curvirostre*; a), obtenidos con el software Raven. La escala de grises para cada elemento representa su amplitud o intensidad. Se muestran distintos tipos de sílabas de frecuencias moduladas como los trinos (conjuntos de un mismo tipo de elemento o nota con cortos espacios de tiempo entre ellas). Las medidas espectrales más usadas son la frecuencia máxima, mínima y ancho de banda en Hz (c). Fotografía de Christian D. Morán Titla.



acústica es importante (por ejemplo, murciélagos, cetáceos, anuros, insectos, etc.).

El contexto en el cual las aves cantan es importante porque nos puede dar información acerca de las funciones del canto. De manera general las vocalizaciones en aves se clasifican en dos tipos: llamados y cantos (Figura 1). Ambos tipos de vocalizaciones están conformadas por unidades de sonido conocidas como sílabas (similar al lenguaje humano), las cuales pueden ser simples o complejas; es decir, pueden estar conformadas por uno o varios elementos que son las unidades más pequeñas de una vocalización, con frecuencias moduladas o tonos puros, con elementos repetidos a gran velocidad (trinos), o sin ellos (Figura 1).

En general, los llamados son sonidos de corta duración formados por una o pocas sílabas simples o medianas en complejidad (Figura 1a), o por sonidos mecánicos. Los sonidos mecánicos son aquellos que no son producidos vocalmente, sino por el roce de alguna parte del cuerpo con otra (e. g. saltarines) o con el aire (e. g. algunos colibríes) o por el golpeteo del pico con algún objeto (e. g. aquellos sonidos producidos por la mayoría de los pájaros carpinteros). Los llamados son producidos tanto por machos como por hembras a lo largo del año, generalmente son innatos en todos los grupos de aves y normalmente pueden relacionarse con funciones específicas como vuelo, amenaza, alarma, forrajeo o contacto con parientes u otros

miembros de la misma especie (Catchpole y Salter, 2008). Los cantos, por otro lado, están compuestos por una serie de sílabas y frases (arreglo de sílabas) y son generalmente más largos y más complejos que un llamado (Figura 1c).

Hasta ahora se sabe que los cantos son aprendidos solamente en tres grupos de aves: aves canoras (oscinos), pericos y colibríes. En la mayoría de las aves canoras los cantos son producidos únicamente por los machos regulados por la testosterona. Sin embargo, las hembras de varias especies también cantan y algunas especies lo hacen en parejas, formando duetos elaborados (Mitchell *et al.*, 2019). Por ejemplo, en la matraca nuca canela (*Camphylorhynchus rufinucha*), el macho canta y cuando la hembra responde a ese canto con su propio canto entonces es considerado un dueto y así forman una pareja.

En muchas partes del mundo, pero principalmente en las zonas templadas, el canto de las aves constituye uno de los sonidos más característicos que indica el retorno de la primavera. Siempre hay algún canto a través de todo el año, pero en la primavera los machos de la mayoría de las especies pueden observarse cantando a medida que ocupan y defienden, de otros machos, sus territorios reproductivos. Si son exitosos en atraer hembras, tiene lugar el apareamiento, la anidación y finalmente la reproducción. Esto sugiere que el canto de los machos funciona principalmente, tanto para atraer hembras, como para repeler machos rivales (Marler y Slabbekoorn, 2004).

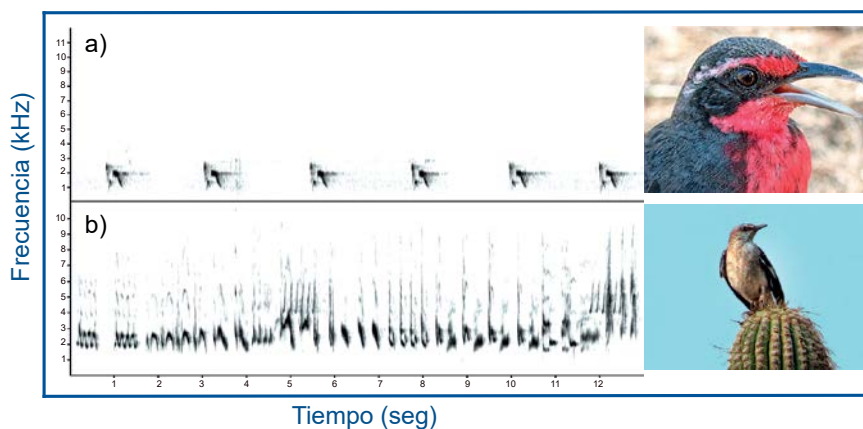


Figura 2. Espectrogramas pertenecientes a la tanager pecho rosa (*Rhodinocichla rosea*), cuyos machos suelen tener cantos relativamente simples y plumajes muy coloridos y vistosos (a), comparados con los de especies con plumajes poco vistosos como los del cenizote norteño (*Mimus polyglottos*) que emite cantos muy variables y de gran complejidad (b). Fotografías de Clementina González (a) y Christian D. Morán Titla (b).

Existen estudios que han demostrado, para algunas especies, que existe una relación negativa entre la coloración del plumaje y la complejidad de canto. Es decir, una especie con un plumaje pardo, poco vistoso, tendrá cantos muy complejos (Figura 2b). Por el contrario, aves con plumajes vistosos suelen tener cantos más simples (Figura 2a). También se ha observado que los machos de algunas especies que emiten cantos relativamente simples, realizan danzas o despliegues aéreos, junto con el canto, como parte del cortejo, como se ha observado en el papamoscas cardenalito (*Pyrocephalus rubinus*), tordo ojos rojos (*Molothrus aeneus*), semillero brincador (*Volatinia jacarina*) y en varios colibríes como el zumbador canelo (*Selasphorus rufus*).

PROPIEDADES DEL SONIDO Y CARACTERÍSTICAS DEL CANTO EN AVES

El sonido puede definirse como la propagación de ondas mecánicas producidas por la vibración de un cuerpo a través de un medio. El sonido consta de tres propiedades principales: amplitud o intensidad, medida en decibeles (dB); frecuencia, medida en Hertz (Hz) o kilohertz (kHz); y tiempo, medido en segundos (s) o milisegundos (ms). Estas propiedades, entre otras, nos ayudan a distinguir auditivamente los distintos elementos que conforman nuestro entorno y nos ayudan a ubicar el lugar donde nos encontramos o la hora del día. Por ejemplo, al conversar con otra persona usamos

modulaciones en nuestra manera de hablar y eso implica subir o bajar el volumen (amplitud), subir o bajar tonos (más agudos o más graves) según sea la intriga de la conversación (frecuencia) y la duración de la conversación (tiempo). Esta capacidad para modular el sonido nos permite comunicarnos eficazmente. Existen diversas maneras de comunicarnos acústicamente, no solo con la voz, sino también con silbidos o de manera mecánica. Con las distintas formas acústicas que tenemos para comunicarnos podemos hacer claras diferencias entre lo que implica un cortejo (recitar un poema o cantar una canción), una conversación o alertar con sonidos clave. Estas capacidades de modular el sonido para una comunicación eficaz y las distintas formas de comunicación acústica también las poseen algunos animales, entre ellos, las aves.

Para poder estudiar los cantos en las aves y cualquier otra señal acústica, es necesario medirlos. Esto se hace a partir de los espectrogramas, que son representaciones visuales del sonido y a partir de los cuales se pueden tomar distintas medidas de frecuencia, amplitud y duración. La generación de los espectrogramas y la medición de los cantos se hace con ayuda de un programa informático especializado después de haber realizado grabaciones en el campo. Las características o medidas más usadas son la frecuencia mínima, frecuencia máxima, frecuencia pico y ancho de banda, las cuales miden la variación en el tono de

los cantos (Figura 1). Las características temporales más usadas son la duración del canto, el tiempo entre cantos o entre sílabas y tasa de canto (número de cantos en función del tiempo). La amplitud es un poco más difícil de cuantificar porque varía dependiendo de la distancia a la cual se realicen las grabaciones.

Las propiedades del sonido de los cantos de las aves nos ayudan a identificar a las especies, incluso ciertas propiedades pueden corresponder a determinados grupos de aves. Por ejemplo, las palomas (familia Columbidae) emiten cantos de bajas frecuencias (graves), con sílabas largas, simples (sin modulaciones de frecuencia) y de baja intensidad. Los saltaparedes (familia Troglodytidae) emiten cantos muy diversos, pero algunas propiedades que los caracterizan son trinos y sílabas con modulaciones de frecuencia en un rango aproximado de 1 a 10 kHz, según sea la especie y generalmente son intensos.

Las perlitas (familia Polioptilidae), algunos colibríes (familia Trochilidae), gorriones (familia Passerellidae) y reinitas o chipes (familia Parulidae), son ejemplos de especies con cantos muy agudos, ya que su rango de frecuencia se encuentra por encima de los 7 kHz. Otras especies como los cuiclaques, cenizos y mulatos (familia Mimidae) se caracterizan por imitar el canto de otras especies, lo cual puede ser un problema al momento de identificar su canto justo por imitar a otras especies; sin embargo, también presentan patrones vocales que pueden identificarse en un momento de atenta observación y escucha. Algunas especies emiten cantos monofónicos; es decir, que las sílabas del canto son únicas en el tiempo, mientras que muchas otras especies pueden emitir cantos bifónicos, en los que puede haber más de dos sílabas simultáneas.

Las propiedades del sonido que presenta cada especie de ave son, en parte, resultado de su historia evolutiva, pero también resultado de ciertas restricciones como la talla corporal, ya que organismos pequeños emitirán sonidos agudos, mientras

que organismos grandes emitirán sonidos graves, el tamaño y grosor del pico, o resultado de procesos adaptativos como, por ejemplo, al tipo de hábitat en el que viven (ver más abajo).

FACTORES QUE MODIFICAN LAS PROPIEDADES DEL SONIDO

Como se mencionó anteriormente, el sonido se propaga a través de un medio. Existen tres medios por los que puede propagarse el sonido: sólido, líquido y gaseoso. Es común pensar que solo por el medio gaseoso (aire) se propaga el sonido, sin embargo, bajo el agua y a través de un medio sólido también es posible percibir la transmisión de señales acústicas. De hecho, el transmisor de sonido más veloz es el medio sólido debido a su cohesión molecular, ya que mientras más cercanas sean las partículas de un material, más veloz será la propagación de sonido; sin embargo, se pierden más propiedades. El sonido puede perder o modificar sus propiedades según sean las condiciones ambientales en las que sea propagado por dos causas principales: la atenuación y degradación.

La atenuación es el decremento en la amplitud o intensidad de la señal (energía de la señal) por el incremento de la distancia de propagación o por obstáculos que absorben el sonido (Forrest, 1994). Mientras más lejos se encuentre un emisor de un receptor, o si existen obstáculos entre estos, el sonido llegará con menor intensidad. Por ejemplo: supongamos que se quiere contar un secreto a un amigo que se encuentra a 30 cm de distancia, pero hay personas cerca, entonces el mensaje debe ser transmitido con una amplitud (volumen) baja. Sin embargo, si tu amigo se encuentra a 5 m de ti y usas la misma intensidad de sonido, es muy probable que no te pueda escuchar, ya que el sonido perderá intensidad por la distancia. También puede haber un efecto de la atenuación si se usa un cubre bocas al contarle el secreto a tu amigo, aun si se encuentra a poca distancia. La degradación o distorsión se define como la suma de cambios estructurales que las señales acústicas acumulan por la reflexión del sonido en ciertos

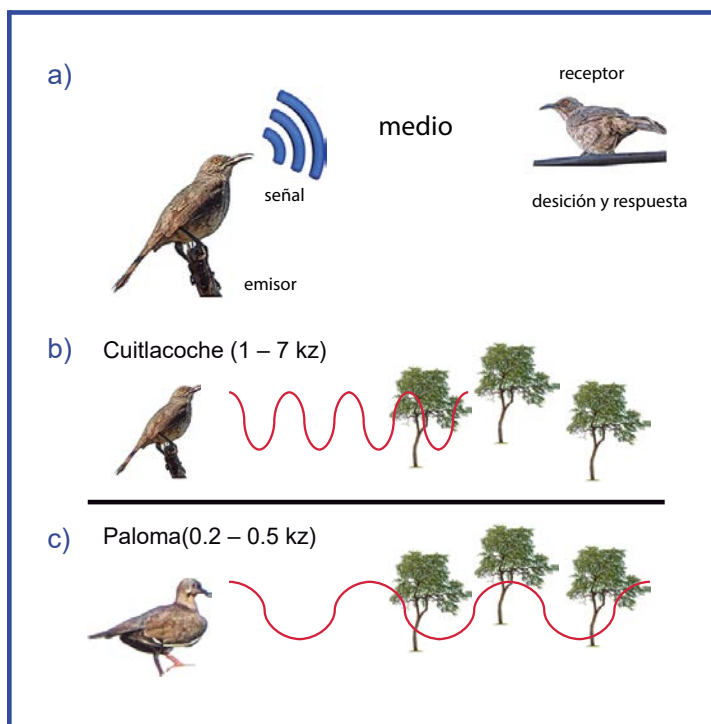


Figura 3. Esquema que muestra la forma en que se transmite el canto de las aves. La comunicación es la forma en que dos individuos interactúan, y una señal acústica depende de cuatro elementos principales: emisor, mensaje, medio y receptor (a). En rojo están representadas las ondas emitidas por las vocalizaciones de las aves a través de un bosque. Las ondas de frecuencias altas (b) tienen mayor probabilidad de chocar en un obstáculo y ser degradadas, mientras que las frecuencias bajas tienen menor probabilidad de ser degradadas (c) y se transmitirán mejor.

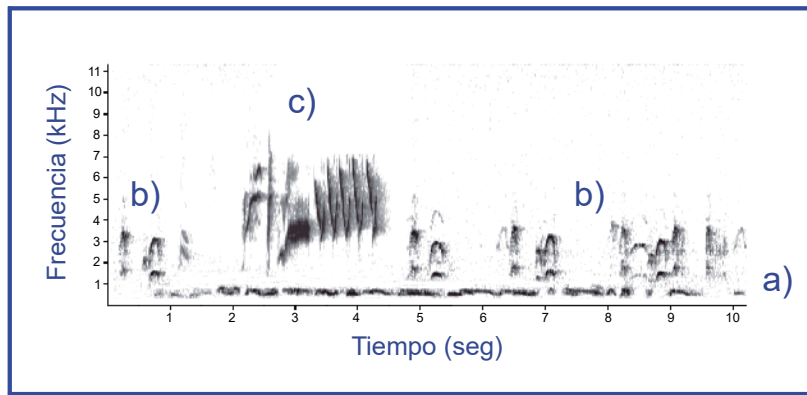
obstáculos que producen ecos o reverberaciones (Morton, 1986). Por ejemplo, si al intentar contar un secreto a 30 cm con la misma intensidad que en el ejemplo anterior, pero justo en ese momento pasa un automóvil tocando el claxon, no se logrará escuchar el mensaje debido a que esa otra señal acústica degradó las propiedades de la voz. También puede ocurrir la degradación si te encuentras platicando con tu amigo en una casa vacía donde se producirá eco. La atenuación y degradación son efectos inherentes al medio por el que se propague el sonido. La atenuación depende tanto de la distancia de emisión del sonido como de los objetos que puedan absorberlo y la degradación depende tanto de los elementos sonoros externos al mensaje como de los objetos que provoquen interferencias. Los sonidos agudos (de alta frecuencia), al tener una mayor cantidad de ondas o ciclos por segundo, tienen mayor probabilidad de chocar con un obstáculo y degradarse que un sonido grave (de bajas frecuencias) (Figura 3). Es más probable que los sonidos graves, al tener menos ciclos por segundo y por lo tanto frecuencias más amplias, evadan los obstáculos en el ambiente, reduciendo su degradación.

Entonces la degradación y la atenuación no solo dependen de las características del ambiente, sino también de las características del sonido emitido. Igual que en la comunicación humana, la atenuación y degradación juegan un papel importante en la forma en que se comunican las aves en la naturaleza, ya que dependiendo de las propiedades que cada especie tenga para cantar, junto con las características del hábitat, será el sitio óptimo para cantar.

SEÑALES FAVORECIDAS POR EL HÁBITAT

El hábitat es cualquier lugar en el que un organismo o comunidad de organismos pueden vivir y cuenta con una estructura física que puede modificar la forma en que se propaga el sonido. Algunos hábitats cuentan con estructuras bióticas o abióticas que pueden degradar las señales por absorción del material en el que se refleja el sonido (Figura 3). Para darnos una idea de cómo se degrada el sonido, según sea el material, imaginemos a un cuarteto de cuerdas tocando en un estudio de grabación.

Figura 4. Fragmento de una grabación hecha con una grabadora autónoma Audiomoth del paisaje sonoro de una mezquitera de Zapotitlán Salinas, Puebla mostrando parte de la comunidad acústica. Se muestran las vocalizaciones simultáneas de una paloma de alas blancas (*Zenaida asiatica*; a), de un luis bienteveo (*Pitangus sulphuratus*; b) y de un saltapared cola larga (*Thryomanes bewickii*; c).



En el estudio las paredes están cubiertas por materiales que absorben el sonido, si no existiera esta cubierta y las paredes de concreto estuvieran desnudas, el sonido de los instrumentos se reflejaría y se generarían repeticiones de ese sonido (ecos), los cuales no son deseados para una grabación. Las cubiertas normalmente están hechas de materiales porosos como el hule espuma, uncel, madera o cartón, que reducen la velocidad con que se refleja el sonido, por lo que minimizan el eco; sin embargo, al mismo tiempo este material absorbe el sonido y lo ensordece (lo atenúa). Por el contrario, si el cuarteto toca en un parque o en un estadio, a poca distancia ya no se escuchará, para lo cual será necesario utilizar micrófonos para amplificar el sonido. En el caso del estudio de grabación, los ecos no son deseados y también se necesita atenuar el sonido, entonces se modifica el medio de propagación, sin embargo, en la naturaleza las aves no pueden modificar el medio de propagación. Los distintos hábitats que podemos encontrar en la naturaleza, como bosques o selvas que cuentan con suficientes árboles de follaje denso y suelo lleno de hojarasca, matorrales espinosos rodeados de grandes cactus columnares, o bien, sitios más abiertos como un desierto o un pastizal, pueden ser una analogía de cómo se transmite el sonido en un estudio de grabación en comparación con un sitio abierto.

El rango auditivo de las aves va desde los 50 Hz hasta los 20 kHz con una mayor sensibilidad entre 1

y 5 kHz (Dooling, 1982). En este rango, las frecuencias bajas son menos degradadas que las altas por la absorción de la vegetación y por efectos atmosféricos (Figura 3; Marten y Marler, 1977). Debido a esto, muchas especies de aves que cantan a frecuencias altas repiten frecuentemente las sílabas para lograr que el sonido llegue hasta su receptor.

HIPÓTESIS DE ADAPTACIÓN ACÚSTICA

Y ENSAMBLES DE ESPECIES

De acuerdo con las propiedades físicas del sonido y con la estructura del hábitat que revisamos en secciones anteriores, se ha considerado al hábitat como uno de los factores que incide en la evolución de los cantos de las aves. El hábitat influye en la manera en que se agrupan las especies de aves y conllevan a la formación de comunidades acústicas. Una comunidad acústica se define como el conjunto de especies que habita un sitio y se comunican acústicamente (Figura 4). Debido a los patrones de degradación de sonido que pueden ocurrir en los distintos hábitats, la hipótesis de adaptación acústica propone que los cantos con frecuencias bajas, cortos, anchos de banda y largos intervalos de tiempo entre sílabas, deberían ser más comunes en hábitats con vegetación densa, comparado con lo que sucede en hábitats más abiertos (Figura 5). Por ejemplo, en una comunidad acústica que se encuentre en un bosque de mezquite o un bosque tropical, donde la vegetación es muy densa, dominarán especies que se caractericen por emitir cantos de bajas frecuencia

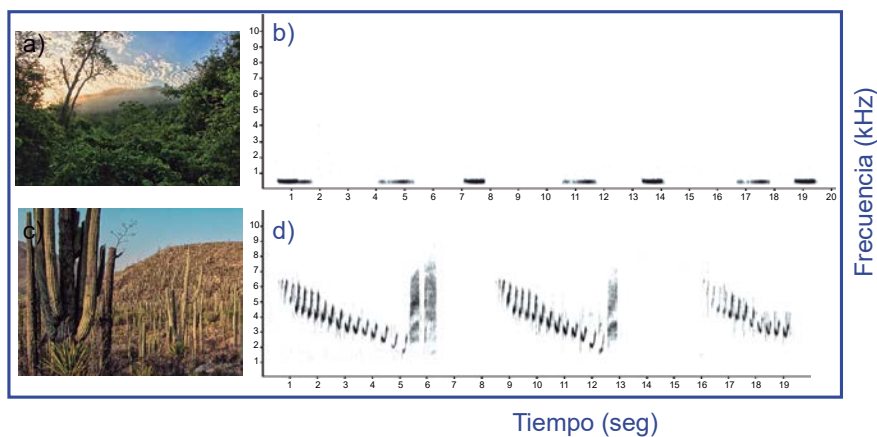


Figura 5. Los distintos tipos de hábitat favorecen la selección de cantos según sean las condiciones acústicas. En un bosque tropical caducifolio (a), donde la vegetación es densa se favorecen cantos de frecuencias bajas o cantos de amplios anchos de banda. Se muestra una vocalización de la paloma arroyera (*Leptotila verreauxi*) que tiene frecuencias muy bajas (b). En áreas abiertas como las zonas desérticas dominadas por cactus columnares (c), se favorecen vocalizaciones de frecuencias más altas y que tienden a ser repetitivas. Se muestra una vocalización del saltapared barranqueño (*Catherpes mexicanus*) que se caracteriza por tener sílabas repetidas de frecuencia descendente (d). Fotografías de Clementina González (a) y Christian Morán Titla (c).

tales como las palomas, trogones, momotos y tinamús o que abarquen amplios anchos de banda (ver más abajo), en contraste con hábitats más abiertos donde dominarán especies que emitan cantos agudos como los gorriones y los chipes (Figura 5). Sin embargo, estas especies también pueden estar en hábitats de follaje denso, pero a diferencia de las palomas y otros grupos, estos realizan sus cantos desde la copa de los árboles para evitar la degradación del sonido. Las especies que tienen cantos con amplios anchos de banda (abarcen un mayor rango de frecuencia) como los saltaparedes o mímidos, les permite vivir en una variedad de hábitats con diferentes características sin que se degraden o atenúen sus sonidos de manera importante. Esta es una manera de comprender la presencia o ausencia de ciertas especies o grupos de especies en ciertos hábitats.

El espacio acústico, también conocido como nicho acústico, es un recurso definido como el espacio espectral y temporal disponible para realizar una vocalización. De acuerdo a la disposición del espacio acústico, las aves pueden cantar o no, competir con otras especies o ser desplazadas, por lo que la composición de la comunidad acústica depende también de la interacción entre especies. De acuerdo con el proceso de adaptación acústica surge la hipótesis de que ambientes maduros

(aquellos que no han sido modificados durante un largo tiempo) presentarán especies con cantos bien distribuidos en el espacio acústico, donde la competencia por el espacio es mínima (Figura 4). Mientras que ambientes inmaduros (aquellos que están bajo constante modificación como los campos de cultivo) mostrarán mayor competencia por el espacio acústico, es decir es más probable que se traslapen los cantos. El traslape de los cantos implica que dos individuos canten al mismo tiempo y que sus propiedades sean similares, de esta manera es como puede describirse la competencia acústica. Sin embargo, diversas investigaciones han mostrado cómo las distintas especies tienen diversas estrategias para evitar la competencia y por lo tanto el traslape de señales, como por ejemplo: cantar en momentos del día en que otras aves no lo hacen (los tapacaminos suelen cantar en horas muy tempranas del día, antes del amanecer, siendo la única especie que aprovecha ese espacio acústico), realizar cantos en lugares donde otras aves no lo hacen, cantar de manera alternada (esto es un comportamiento poco común) o a distintas frecuencias (Figura 4). Por otro lado, en un medio altamente urbanizado las presiones sobre los sonidos de las aves no son solo las características



© Angela Arziniaga. *Chato y los zapatitos de oro*. Colodión húmedo, ambrotipo.

físicas del hábitat y la competencia entre especies, sino también la actividad antropogénica que provoca altos niveles de ruido que pueden reducir la eficacia al momento de cantar. En este caso, las estrategias de canto son distintas; por ejemplo, algunas aves han modificado sus cantos haciéndolos más agudos con la finalidad de evitar el ruido (que generalmente es de bajas frecuencias), haciéndolos más largos o emitiéndolos con mayor intensidad para aumentar la probabilidad de ser escuchados.

CONCLUSIÓN

Como hemos descrito en este trabajo, los cantos en las aves cumplen con funciones fundamentales para su persistencia y han sido moldeados a lo largo de la evolución de los diversos grupos en respuesta a distintos factores como el hábitat. De tal manera que el estudio de las comunidades acústicas es importante para poder entender de qué manera la degradación y modificación que sufren actualmente los hábitats naturales afectan a

las especies. A través del monitoreo acústico podemos estimar el número de especies en un ecosistema y determinar el grado de perturbación que está sufriendo a través de variables como el grado de traslape del nicho acústico entre las especies que lo conforman o la detección de sonidos de origen antropogénico. Actualmente se han desarrollado dispositivos de grabación autónoma que facilitan la recopilación de información acústica del ambiente en cualquier momento del día, por lo que el monitoreo de la biodiversidad y el estudio de las comunidades acústicas es ahora más eficiente. La información acústica, su recopilación por dispositivos, su procesamiento computacional y su interpretación biológica son actualmente elementos potenciales para estimar la biodiversidad de los ecosistemas, por lo que se ha puesto especial atención en su aplicación para programas de conservación. El estudio del sonido en los distintos ecosistemas es una manera de comprender la naturaleza y también de buscar su conservación.

REFERENCIAS

- Catchpole CK and Slater PJB (2008). *Bird Song: biological themes and variations*. 2nd ed. Cambridge (UK): Cambridge University Press.
- Dooling RJ (1982) Auditory perception in birds. *Acoustic Communication in Birds*, Vol. 1 (eds D.E. Kroodsma & E.H. Miller), pp. 95-130. New York: Academic Press.
- Forrest TG (1994) From sender to receiver: propagation and environmental effects on acoustic signals. *Am Zool* 34(6): 644-654.
- Mitchell LR, Benedict L, Cavar J, Najari N and Logue DM (2019). The evolution of vocal duets and migration in New World warblers (Parulidae). *Auk* 136(2):1-8.
- Marler P and Slabberkoorn H (2004). *Nature's music: the science of birdsong*. Elsevier San Diego, CA: Academic Press.
- Marten K and Marler P (1977) Sound transmission and its significance for animal vocalization. I. Temperate habitats. *Behav Ecol Sociobiol* 2(3):271-290.
- Morton ES (1986) Predictions from the ranging hypothesis for the evolution of long distance signals in birds. *Behaviour* 99(1/2):65-86.

Christian Daniel Morán Titla
Clementina González
Instituto de Investigaciones
sobre los Recursos Naturales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
christianbiotitla@gmail.com
clementina.gonzalez@umich.mx

Un vino con una menor huella de carbono en Baja California

Josué A. **López Leyva**

El vino, el fruto de la vid, es un elemento e icono muy importante en muchas culturas alrededor del mundo que actualmente muchas personas disfrutan en el ambiente gastronómico y de recreación.

En México, particularmente en el estado de Baja California, se producen excelentes vinos de calidad internacional. De hecho, muchos de ellos han ganado prestigiosos premios internacionales. La producción del vino, de manera general, permanece casi de forma artesanal, aunque existen algunas tecnologías y materiales novedosos que se han agregado al proceso para mejorar la eficiencia de los diversos procesos y, por lo tanto, la calidad final del vino (Municio, 2014).

Por otra parte, el concepto de sustentabilidad también ha llegado a los territorios de la producción de vino, donde se requiere el uso consciente de los recursos naturales. Por ejemplo, debido a la gran sequía actual en el estado de Baja California (y en otras regiones del país), el uso eficiente del agua ha venido a ser un aspecto trascendental en la proyección de producción de vinos para años futuros.

Lo anterior está relacionado con la llamada huella hídrica del vino (Miranda-Escolar y Fernández-Moruco, 2020). Además, la huella de carbono también es considerada como un elemento importante en la gestión integral de la sustentabilidad empresarial.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Cuerpo verdadero VII*. Impresión a la albúmina, 2021.



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Cuerpo verdadero VI*. Impresión a la albúmina, 2021.

HUELLA DE CARBONO DEL VINO

De manera particular, la huella de carbono es un indicador ambiental que tiene el objetivo de cuantificar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI, por sus siglas) expulsados al medio ambiente por un proceso industrial, durante la prestación de un servicio, o al final del proceso para la creación de un producto particular, en este caso, el vino. Si bien es cierto que existen varios GEI, en nuestro caso solo consideraremos las emisiones de dióxido de carbono (CO_2).

Aunado a lo anterior, la huella de carbono también se puede calcular en relación con todas las actividades que realiza una organización, en nuestro caso, una empresa vinícola, que respaldan la producción de un producto o servicio (el vino) (Borrregaard, 2009).

Pensemos en el proceso de cultivo de la uva como materia prima para la producción del vino. Desde las primeras etapas se requieren diversas acciones e insumos para que la uva nazca, crezca y se desarrolle de manera adecuada para que alcance los grados Brix (concentración de azúcares) adecuados para un vino de calidad.

En paralelo, existen muchas posibilidades de eventos catastróficos que pueden ocurrir, de manera que las plantas de uva se vean fuertemente afectadas y, en ocasiones, demeriten su calidad, y en casos extremos no den frutos. Todo lo anterior implica acciones e insumos, entre los que podemos mencionar el uso de vehículos motorizados basados en combustibles fósiles para aplicaciones particulares (por ejemplo, fumigación), el uso de agua de riego mediante bombas eléctricas, el uso de equipos y sistemas informáticos que requieren energía eléctrica, entre otros. Lo mencionado implica la generación de dióxido de carbono en cada actividad, desde las primeras hasta las últimas etapas.

UNA COPA DE VINO MÁS SUSTENTABLE

Al final del proceso se obtiene el vino de manera industrializada o semiindustrializada para después llevarlo a la botella, y a continuación, a la copa. Hasta aquí podemos mencionar, de manera cuantitativa, que una unidad de medición de vino, ya sea caja de 12 botellas, botellas de menos de un litro o copa de vino estándar, genera implícitamente una cantidad específica de dióxido de carbono (generalmente expresada en kilogramos o

toneladas de CO₂) que se inyecta de manera forzada al medio ambiente.

Con el objetivo de clarificar la idea anterior, dependiendo del tipo de uva y vino (Cabernet Sauvignon, Cabernet Franc, Syrah, Tannat, Malbec, Bonarda, Petit Verdot, Merlot, Carmenere, Sangiovese, Tempranillo, Marselan, Pinot Noir, Carignan, Cinsaut, entre otras) y de los procesos, infraestructura primaria, sistema de iluminación y climatización, etc., una copa de vino puede equivaler a 0.123 kg de CO₂ de contaminación inherente al proceso productivo, lo cual equivale aproximadamente a una videoconferencia en alta calidad durante tres horas con seis participantes (0.15 kg de CO₂).

¿Qué significa lo anterior? Cada vez que una persona degusta de un vino, sin importar la calidad del mismo, dicha persona está participando de la contaminación ambiental debido a que la cadena de producción completa, que involucra procesos primarios y secundarios, deja una huella de carbono variable.

INICIATIVAS DIVERSAS

Varias empresas vinícolas del estado de Baja California han realizado proyectos vinculados con el área de Ingeniería en Energías Renovables de CETYS Universidad, campus Ensenada, para definir, monitorear y disminuir la huella de carbono de los vinos producidos en la región. Las empresas mencionadas son: Château Camou, Las Nubes, y Clos de Tres Cantos.

La reducción de la huella de carbono de los vinos producidos por dichas empresas se planteó, de manera inicial, en función de la eficiencia energética relacionada con todos los procesos primarios y secundarios involucrados en la producción de vino. El trabajo colaborativo entre academia y empresa implica una actividad importante para mejorar la competitividad de los vinos regionales, pero además, establece retos importantes en cuanto a la dinámica de trabajo y entregables particulares que ambas partes puedan entender y aceptar con el objetivo de reducir la huella de



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Cuerpo verdadero III*. Impresión a la albúmina, 2021.

carbono de los vinos producidos por cada empresa en particular.

¿EFICIENCIA ENERGÉTICA Y VINO?

Con el objetivo de reducir la producción de dióxido de carbono relacionado con el proceso de producción del vino, las empresas mencionadas aplicaron el estándar internacional de administración de energía, ISO-50001.

Dicho estándar se fundamenta en el ciclo Planear-Hacer-Checkar-Actuar (por su acrónimo en inglés, PDCA, Plan-Do-Check-Act). De esta manera, los proyectos vinculados primeramente analizaron el proceso completo de producción de vino (etapa Planear), desde las etapas iniciales hasta que la copa de vino es degustada por una persona. Obviamente, dicho análisis es exhaustivo, pero necesario para rastrear las contribuciones de contaminantes al medio ambiente. Una vez analizado el proceso y su contribución de contaminantes,

también se analiza la eficiencia de los sistemas que requieren algún tipo de energía (gasolina, diésel, biomasa, térmica, eléctrica) y se realiza un diagnóstico integral de las cargas eléctricas (lámparas, motores, computadoras, compresores, etc.) y subprocesos que, debido a la ineficiencia en el uso de la energía, aportan significativamente a la producción de dióxido de carbono.

Hasta el momento ha habido importantes hallazgos relacionados con los principales actores que aportan a la contaminación ambiental. Sin embargo, la simple descripción de los hallazgos no implica una solución y mucho menos un proceso de mejora continua.

Para ello, se continúa con la etapa Hacer, la cual implica la definición de equipos de trabajo, acciones y metas particulares para propiciar la eficiencia energética y, por lo tanto, la reducción del dióxido de carbono relacionado con el vino. Ahora, las etapas Checar y Actuar son iniciadas en orden, con el objetivo de verificar el cumplimiento adecuado de las metas y, en caso de ser necesario, realizar adecuaciones pertinentes a lo planeado inicialmente (Branco, 2017).

MEDIDAS DE ABSORCIÓN NATURAL

La eficiencia energética es solamente uno de los elementos para lograr la disminución de dióxido de carbono en el ambiente.

Sin embargo, la infraestructura artificial y natural de las mismas empresas vinicultoras también apoyan fuertemente a la disminución y absorción natural del CO₂.

Por ejemplo, las mismas plantas de uva (y toda la vegetación circundante) representan un sistema natural de absorción de dióxido de carbono. Por lo tanto, una empresa vinicultora puede tratar de atacar desde diferentes frentes la huella de carbono del vino. Por una parte, aplicando la ISO-50001 en sus procesos primarios y secundarios, y por otra, propiciando la arquitectura bioclimática y el

cuidado a la vegetación (Curiel-Sanchez y Camacho-Ixta, 2019).

UN VINO MÁS SUSTENTABLE

Finalmente, la sustentabilidad está presente en la producción de vino por medio del uso eficiente de energía. Una empresa hipotética puede iniciar con un indicador interno de sustentabilidad por cada litro de vino producido de, por ejemplo, 0.753 kg de CO₂, pero después de realizar las acciones relacionadas con la ISO-50001, y considerando un periodo de tiempo prudente y adecuado; dicho indicador se puede reducir a 0.321 kg de CO₂ por litro.

Lo anterior implica trabajo en equipo, una estructura organizacional sólida y una cultura de sustentabilidad integral por parte de todos los integrantes de las empresas vinicultoras.

Además, esto impone un modelo de los clientes presentes y futuros, es decir, ahora los clientes no solamente evaluarán la calidad y presentación del vino que consumen, sino también el impacto ambiental de la copa de vino que están degustando. ¿Utopía? No lo sabemos, pero sin duda es un modelo de sustentabilidad integral en el cual toda la sociedad debe de colaborar.

R E F E R E N C I A S

- Bucio L Borregaard N (2009). Una huella para el vino chileno. *Observatorio Económico* 36:2-3.
- Branco P (2017). ISO 50001 Norma Mundial para a Eficiência Energética. *Neutro à Terra* 12.
- Curiel-Sanchez FG y Camacho-Ixta IA (2019). Propuesta de materiales termoaislantes para desarrollo de casa-habitación adecuada a cambios climáticos con eficiencia energética. *Revista de Arquitectura y Diseño* 1-5.
- Miranda-Escolar B y Fernández-Morueco R (2020). Vino, turismo e innovación: las Rutas del Vino de España, una estrategia integrada de desarrollo rural. *Studies of Applied Economics* 29:129.
- Municio AM (2014). Ciencia y Cultura del Vino. *Arbor* CLXXIX: 495-512.

Josué A. López Leyva
Colegio de Ingeniería
CETYS Universidad
josue.lopez@cetys.mx

¿El corazón como órgano del amor? Del mito a la realidad

Jorge Eduardo **Duque Parra**
John **Barco Ríos**
Jose Hoover **Vanegas García**

La existencia de ideas tradicionales durante siglos no
garantiza su veracidad.

B. Spinoza

CONCEPTO CARDIOCÉNTRICO SOBRE EL AMOR EN LA ANTIGÜEDAD

Desde hace mucho tiempo el ser humano ha utilizado distintas expresiones para proponer el origen de sus sentimientos, involucrando uno de sus órganos corporales como eje central y receptáculo de sus manifestaciones afectivas: el corazón. Una de esas expresiones refiere que para la mayoría de los antiguos médicos egipcios –entre 3,000 y 2,500 a.n.e– el corazón era el lugar de asiento del conocimiento, que su declinar se atribuía a la coagulación de la sangre en las cavidades cardíacas (Duque Parra, 2002). En esta cultura se le daba al corazón gran importancia, no lo extraían del cuerpo del faraón, porque consideraban que era esencial para él en su forma futura; en cambio, el cerebro era extraído y desechado con finas herramientas que abordaban el interior del cráneo (López-Rosetti, 2007). Ellos pensaban que el corazón era el lugar y fuente de nuestros pensamientos y sentimientos, por lo que creían que su dios Anubis,

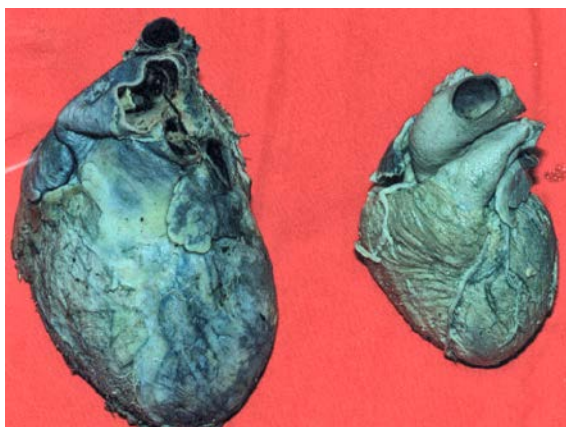


Figura 1. Corazón humano de tamaño normal (el de menor tamaño, a la derecha) y corazón patológico con cardiomegalia (el de mayor tamaño, a la izquierda). Por tener el corazón de mayor tamaño, ¿se puede certeramente inferir que se amaría más?, ¿o que las personas de baja sensibilidad poseen un corazón pequeño y duro, mientras que las generosas poseerían uno grande y blando?

podía examinar el corazón durante una ceremonia y al ser pesado podía ser consumido por el demonio Ammit (Loukas *et al.*, 2016). Por tanto, en el antiguo Egipto se tenía una visión cardiocéntrica vinculada con los sentimientos.

En la antigua cultura griega el corazón era considerado de manera similar, como la casa del alma, el centro de la mente, de la lógica y del pensamiento (Mavrodi y Paraskevas, 2014).

Uno de los abanderados de estas ideas fue el filósofo Aristóteles (384-322 a.n.e), que compartió esas ideas egipcias y, en relación al cerebro, lo describió como una víscera quieta, fría y sin sangre, con la restringida función de segregar un fluido reductor del calor generado en el corazón (Canguilhem, 1997), designándolo como el centro de la mente, suponiendo que las personas de baja sensibilidad tenían un corazón pequeño y duro, mientras que las generosas uno grande y blando (Mora, 2004) (Figura 1).

Él, interesado en investigar la sensibilidad del cerebro, probó la reacción que provocaba en los animales al tocarlo directamente y no vio respuesta alguna, lo cortó y tampoco vio que sangrara, por lo que concluyó que este componente encefálico es insensible y le negó toda participación en la

actividad mental y en lo afectivo, declarando al corazón como el asiento de las sensaciones, contradiciendo a su maestro Platón (427-347 a.n.e), quien sin pruebas experimentales propias se había inclinado a considerar al cerebro como el órgano de la ideación. Previamente a estos filósofos, Alcmeón de Crotona (500-450 a.n.e) se opuso a esas creencias, de que era el corazón el determinante principal de la conducta y la actividad mental, mientras que la mayoría de sus contemporáneos situaba las sensaciones en el corazón (Chorover, 1985).

Posteriormente, en contraposición de la creencia general y de acuerdo con Alcmeón, el médico Galeno de Pérgamo (129-200) estaba convencido de que el cerebro era el órgano responsable de generar pensamientos y representar las sensaciones (Tomasello y Germano, 2009), aspecto antagónico a las notas del emperador romano Nerón (37-68) en las que se indica:

El gran problema para todo hombre es, en efecto, el de buscar, con el máximo de probidad espiritual, cuál es la ley moral que lo gobierna, y, descubierta esta ley, practicarla con todo el valor de su corazón... En los pliegues más recónditos del corazón humano es donde debemos buscar las razones de este odio que no se vio desarmado por la victoria (San Ybars, 1945).

Vínculos similares sobre el corazón se anotan en la epopeya latina *La Eneida*, escrita por Publio Virgilio Marón (70 a.n.e-19) allí aparece: “El niño después de colgarse al cuello de Eneas, inundando de ternura el corazón de su supuesto padre” (Virgilio, 1994). Similarmente, el emperador y filósofo Marco Aurelio Antonino Augusto (121-180) escribió:

Llega hasta lo hondo del corazón de cada uno, y permite que todos puedan penetrar hasta el interior del que tú tienes... Es preciso que estos sentimientos salgan del corazón (Marco Aurelio, 1945).

También, el pueblo judío antiguamente tenía pensamiento similar, esto se extracta de notaciones

del historiador Claudio Josefo (37-100): “habiendo el rey oído esto, no teniendo sosegado su corazón aun de la sospecha pasada ni pasado aún el dolor” (Josefo, 1985).

Por otra parte, los mesoamericanos consideraban al corazón como el órgano más noble del cuerpo, tanto así que lo ofrendaban a los dioses y en textos sobre mitología de América Central y Suramérica se cita:

[...] así vivió el joven sus días, con una gran pena en el corazón, recordando a la hermosa muchacha estrella que había sido su esposa (Gifford, 1987).

Quizá esta creencia cardiocéntrica fue influenciada también por los conquistadores españoles, que concebían al corazón como el órgano de la conciencia. Es así como el misionero franciscano Bernardino de Sahagún (1499-1590), en su obra titulada *Historia general de las cosas de la Nueva España*, al describir sus vivencias con la comunidad de los nahuas (México), comenta que el ser humano siente con su corazón, que en su corazón se desatina y que el desmayo es un amortecimiento del corazón (de Sahagún, 1829).

En Europa se tenían iguales consideraciones sobre el querer con el corazón, así el escritor William Shakespeare (1564-1616), en su obra *El mercader de Venecia*, anota:

Abráseme el vino las entrañas, antes que el dolor y el llanto me hielan el corazón... Cálmate, amor; ten sosiego: temple los ímpetus del alma, y dame el gozo con tasa, porque si no, el corazón estallará de alegría (Shakespeare, 2012).

También el filósofo francés Blaise Pascal (1623-1662) expresa algunos razonamientos profundos que tienen como sustento el corazón, como se puede apreciar en algunos de sus siguientes aforismos:

[...] qué injusto e irrazonable es el corazón del hombre que encuentra mal que se le obligue a hacer ante un hombre lo que sería justo.

Si están enojados en lo íntimo de su corazón por hallar bastante luz, que no lo disimulen.

Yo digo que el corazón ama al ser universal naturalmente, y así mismo naturalmente, según se entregue en cada caso; y se endurece contra el uno o contra el otro, a su elección.

Conocemos la verdad no solo por la razón, sino aún por el corazón; de este segundo modo es como conocemos los primeros principios, y es en vano que el razonamiento, que ahí no tiene parte, intente combatirlos.

Sobre estos conocimientos de corazón y del instinto es menester que se apoye la razón, y que en ellos funde todo su discurso.

El corazón siente que hay tres dimensiones en el espacio, y que los números son infinitos; y la razón demuestra después que no hay dos números cuadrados tales que uno sea doble del otro (Pascal, 1984).

MENTALIDAD CARDIOCÉNTRICA INCLUSO EN CIENTÍFICOS DE RENOMBRE Y EN LA CULTURA POPULAR DEL MUNDO

Incluso el gran neurohistólogo español, Santiago Felipe Ramón y Cajal (1852-1934) anota algo que dista de ser ajeno a su juvenil visión del cerebro como órgano radical del “alma”:

Zaragoza es algo mío, muy íntimo, que llevo embebido en mi corazón y en mi espíritu, y palpita en mi carácter y en mis actos” (Sánchez Ron, 2006),

[...] impregnemos de emoción y simpatía las cosas observadas, hagámoslas nuestras, tanto por el corazón como por la inteligencia (Ramón y Cajal, 1954).

El renombrado físico teórico estadounidense Richard Feynman (1918-1988) vinculó al corazón con la lógica, indicando que esta no lo es todo... pues “uno necesita su propio corazón para seguir una idea” (Feynman, 2000). Además, en la cultura popular la tradición de diversos pueblos del orbe asimilan que se quiere con el corazón y no con el cerebro, por ejemplo, en Bélgica se dice: “Cuan-to más noble el corazón menos erguida la cabeza”; en Madagascar: “Que vuestro corazón no se confíe de las riquezas”; en Arabia:

No pronuncies ni una sola palabra sin haber pe-dido consejo a tu corazón, pues es mejor para un hombre dar un paso en falso en su corazón que darlo con su lengua.

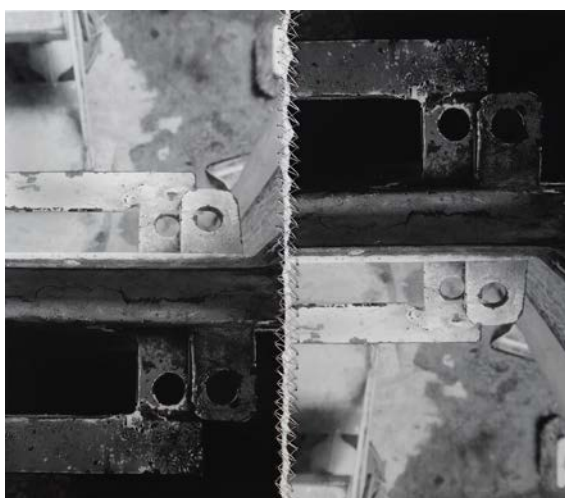
“El corazón ve antes que el ojo”, “Cuando el ojo no ve, el corazón no se apena”, “Un ciego de la vista es preferible a un ciego del corazón”; en Afganistán: “Donde va el corazón, los pies le si-guen”; en Armenia: “El hombre tiene tres orejas: dos a ambos lados de la cabeza y la tercera en el corazón”. En China: “Las reflexiones que descien-den al fondo del corazón llegan más lejos que si fueran al fin del mundo” (Acerete, 1974), así como el viejo adagio de igual origen: “Cuando conoce-mos a un hombre vemos su rostro, pero no su co-razón” (Wu, 1962), y en la expresión latina *sursum corda*: arriba los corazones, se empleaba por los católicos al principio de la misa, y hoy se traduce por levantemos el corazón (Gil, 2015).

REFLEXIONANDO UN POCO MÁS SOBRE SI EN VERDAD QUEREMOS CON EL CORAZÓN

La biología del amor es catalizada por el ejemplo social (Vaillant, 2011) y lo amoroso, como complejo evento neurobiológico, depende de la confianza, de la creencia, del placer y de las actividades de recompensa vinculadas con la actividad encefálica, en especial de una de sus partes: el sistema límbico –componente emocional–, encargado de

generar y controlar nuestras emociones. Un com-ponente importante de este sistema límbico es el hipotálamo, el cual libera sustancias como la fe-niletanolamina, que a su vez lleva a la liberación de dopamina, oxitocina (Vaillant, 2011; Esch y Ste-fano, 2005), serotonina, noradrenalina, vasopresi-na, endorfinas (Esch y Stefano, 2011), sustancias que vinculadas a vías autorregulatorias promue-ven señalizaciones nerviosas relacionadas con el amor materno, el amor romántico, el amor sexual y el apego con otras actividades. Esto nos da idea de que el amor más bien depende del encéfalo y no del corazón. El amor, como una de las emocio-nes humanas, es una actividad alegre y útil que genera bienestar (Esch y Stefano, 2011), aspecto demostrado en estudios de neuroimagen. La ge-neración de este tipo de sentimientos involucra también la corteza frontal anterior medial y la cor-teza anterior del cíngulo (Hutcherson *et al.*, 2015), componentes encefálicos. Estos procesos fuerte-mente empáticos también incluyen otras regiones del sistema nervioso central como la ínsula, el nú-cleo caudado, la amígdala y el núcleo accumbens (Song *et al.*, 2015). De lo anterior se extrae, a mane-ra de síntesis, que el fenómeno emocional genera-do por el amor desencadena una serie de efectos gratificantes que alteran el comportamiento del in-dividuo, todo ello mediado por mecanismos neu-robiológicos y principios moleculares propios del encéfalo (Esch y Stefano, 2011), no del corazón.

Estos conocimientos han permitido descartar al corazón como generador de cualquier influen-cia de tipo emocional, por lo que este se limita a actuar como bomba contráctil para impulsar la sangre (Standring, 2008). También es importante señalar que el corazón cumple, además, con una función glandular, ya que algunas de sus células producen y secretan adrenomedulina, una sustan-cia vasodilatadora que participa en el control del tono de los vasos sanguíneos (Lima *et al.*, 2011; Krzeminski, 2016). Así mismo, el corazón produce la sustancia llamada polipéptido natriurético atrial (Nagai-Okatani *et al.*, 2017; Pillarisetti *et al.*, 2014), que es liberado como respuesta al estiramiento de sus cavidades cuando hacemos ejercicio físico.



© **Angela Arziniaga.** De la serie *Ciudad ideal II y III.*
Impresión giclée intervenida.

CONCLUYENDO: QUEREMOS CON EL CEREBRO, NO CON EL CORAZÓN

A pesar de los enormes conocimientos actuales que se tienen sobre la estructura, fisiología y áreas de especialización cerebral, y sobre el hecho de que el origen de las emociones tiene su asiento en el sistema límbico, es común escuchar a las personas expresar un sentimiento profundo hacia alguien cuando le dicen: “te quiero con todo mi corazón”, expresión arraigada en la cultura mundial por generaciones y que ha calado tanto en el conocimiento popular, que las personas del común lo dan como una verdad absoluta, como si este sentimiento y otros tantos por el estilo, fueran generados por este órgano. De ahí que el impacto

que generan los sentimientos de recompensa o de dolor motiva a que las personas lleven su mano al pecho, como señal de que tales sentimientos se originaran de allí. Las discrepancias de correspondencia de los sentimientos entre el corazón y el cerebro predominan en el conocimiento popular y se manifiestan en anotaciones poéticas contra anotaciones científicas, como la del poeta británico John Keats (1795-1821), el cual se quejaba de que Isaac Newton había destruido la poesía del arco iris al explicarlo, y además decía: ¿será que le faltaba corazón?. De allí que, por implicaciones más generales, la ciencia se considera como la aguafiestas de la poesía: seca y fría, melancólica, arrogante y carente de todo aquello que un joven romántico podría desear (Dawkins, 2002), pero la ciencia nos puede generar un complemento, y no necesariamente lo que deseamos con intensidad que fuese.

R E F E R E N C I A S

- Acerete JC (1974). *Proverbios, adagios y refranes*. Barcelona: Editorial Bruguera.
- Canguilhem G (1997). El cerebro y el pensamiento. *Rev Col Psicol.* 5:18-29.
- Chorover SL (1985). *Del génesis al genocidio*. Barcelona: Ediciones Orbis.
- Dawkins R (2002). *Destejiendo el arco iris. Ciencia, ilusión y el deseo de asombro*. Barcelona: Tusquets Editores.
- Duque Parra JE (2002). Elementos neuroanatómicos y neurológicos asociados con el cerebro a través del tiempo. *Rev Neurol.* 34 (3):282-6.
- Esch T and Stefano GB (2011). The neurobiological link between compassion and love. *Med Sci Monit.* 17(3):RA 65-75.
- Esch T and Stefano GB (2005). The Neurobiology of Love. *Neuro Endocrinol Lett.* 26(3):175-92.
- Feynman RP (2000). *El placer de descubrir*. Barcelona: Crítica.
- Gifford D (1987). *Guerreros dioses y espíritus de la mitología de América Central y Sudamérica*. Madrid: Anaya.
- Gil J (2015). *300 historias de palabras. Cómo nacen y llegan hasta nosotros las palabras que usamos*. Madrid: Espasa Calpe.
- Hutcherson CA, Seppala EM and Gross JJ (2015). The neural correlates of social connection. *Cogn Affect Behav Neurosci.* 15(1):1-14.
- Josefo F (1985). *Guerra de los judíos y destrucción del templo y ciudad de Jerusalén*. Barcelona: Ediciones Orbis.
- Krzeminski K (2016). The Role of Adrenomedullin in Cardiovascular Response to Exercise. A Review. *J Hum Kinet.* 14(53):127-42.
- Lima MM, Torres C, Rosa F, Romero-Vecchione E, Guerra E y Zepa J (2011). Adrenomedulina: ¿Más que una simple hormona? *Rev Venez Endocrinol Metab.* 9(9):4-11.



López-Rosetti S (2007). *El cerebro de Leonardo*. Buenos Aires: Grupo Editorial Lumen.

Loukas M, Youssef P, Gielecki J, Walocha J, Natsis K and Tubbs S (2016). History of Cardiac Anatomy: A Comprehensive review from the Egyptians to today. *Clinical Anatomy*. 29:270-84.

Marco Aurelio (1945). *Los doce libros*. Editorial Tor.

Mavrodi A and Paraskevas G (2014). Morphology of the heart associated with its function as conceived by ancient Greeks. *Int J Cardiol*. 1; 172 (1):23-8.

Mora F (2004). *Esplendores y miserias del cerebro*. Madrid: Fundación Santander Hispano.

Nagai-Okatani C, Kangawa K and Minamino N (2017). Three molecular forms of atrial natriuretic peptides: quantitative analysis and biological characterization. *J Pept Sci*. 10.1002/psc.2969.

Pascal B (1984). *Pensamientos*. Madrid: Sarpe.

Pillarisetti J, Reddy N, Biriá M, Ryschon K, Nagarajan D, Murray C, et al. (2014). Elevated brain natriuretic peptide level in patients undergoing atrial fibrillation ablation: is it a predictor of failed ablation or a mere function of atrial rhythm and rate at a point in time? *J Interv Card Electrophysiol*. 40:161-8.

San Ybars L (1945). *Nerón su vida y su época*. Buenos Aires: Editorial Claridad.

Sánchez Ron JM (2006). *Ramón y Cajal. Vida, pensamiento y obra*. Barcelona: Planeta DeAgostini.

Shakespeare W (2012). *El mercader de Venecia*. Madrid: Alianza Editorial.

Song H, Zou Z, Kou J, Liu Y, Yang L, Zilverstand A, et al. (2015).

Love-related changes in the brain: a resting-state functional magnetic resonance imaging study. *Front Hum Neurosci*. 13(9):1-13.

Stardring S (2016). *Gray's anatomy. The anatomical basis of clinical practice*. Londres: Elsevier.

Tomasello F and Germano A (2009). The anatomic location of the soul from the heart, through the brain, to the whole body, and beyond: a journey through western history, science, and philosophy. *Neurosurgery*. 65(4):633-43.

Vaillant GE (2011). The Neuroendocrine System and Stress, Emotions, Thoughts and Feelings. *Mens Sana Monogr*. 9(1):113-28.

Virgilio P (1994). *La Eneida*. Bogotá: Panamericana.

Wu KC (1962). *China en llamas*. Buenos Aires: Ediciones Selectas.

de Sahagún B (1829). *Historia general de las cosas de Nueva España*. México: Imprenta del Ciudadano Alejandro Valdés.

Ramón y Cajal S (1954). *Obras literarias completas*. Madrid: Aguilar.

Jorge Eduardo Duque Parra
Departamento de Ciencias Básicas
Programa de Medicina
Universidad de Caldas. Manizales, Colombia
Departamento de Ciencias Biomédicas
Programa de Medicina
Universidad de Manizales, Colombia
jduqueparra@yahoo.com.mx

John Barco Ríos
Departamento de Ciencias Básicas
Programa de Medicina
Universidad de Caldas. Manizales, Colombia

Jose Hoover Vanegas García
Universidad Autónoma de Manizales, Colombia

Plantas medicinales con efectos en modelos de ansiedad y depresión en ratones

Ángel Josabad **Alonso Castro**
Deisy **Gasca Martínez**
Clara Alba **Betancourt**

Se estima que hay más de 400 millones de personas en el mundo que padecen algún trastorno mental, tales como la ansiedad y la depresión, que ocasionan discapacidad física y mental, pérdida de productividad laboral y pueden ocasionar una muerte prematura (OMS, 2017).

Más de 250 millones de personas presentan un diagnóstico de depresión y de ansiedad. En muchos casos se pueden padecer ambas afecciones al mismo tiempo (OMS, 2017). En México se estima que aproximadamente el 20 % de la población adulta presenta al menos un trastorno mental en algún momento de su vida (Valencia, 2018). La ansiedad y la depresión tienen una prevalencia del 14.3 % y 7.2 %, respectivamente, entre la población mexicana (Medina *et al.*, 2003). Su frecuencia es mayor en las mujeres que en los hombres, y en mayor proporción la edad de inicio de estos trastornos es a los 21 años (Medina *et al.*, 2003). Como resultado, uno de cada diez pacientes mexicanos con ansiedad y depresión buscan apoyo o atención médica (Valencia, 2018).

Esto representa un grave problema de salud debido a que el estado de salud mental repercute en la vida cotidiana de cada persona y en su entorno. Además, muchos de

estos pacientes recurren a otro tipo de alternativas como son las plantas medicinales.

MODELOS ANIMALES PARA EVALUAR EFECTOS ANSIOLÍTICOS Y ANTIDEPRESIVOS DE FÁRMACOS

La ansiedad ha sido ampliamente estudiada en roedores; algunos modelos se basan en respuestas condicionadas (aprendidas y/o entrenadas); un ejemplo de este tipo de modelos son las pruebas de conflicto de Vogel (Vogel *et al.*, 1971). Otros modelos buscan medir la respuesta conductual o fisiológica ante estímulos estresantes o nuevos, y son considerados como modelos de respuestas no condicionadas (no requieren entrenamiento). Aquí, el objetivo principal es evaluar la ansiedad ante situaciones específicas en que el roedor es expuesto a situaciones que le son estresantes, como un espacio abierto, alto o a luz intensa (Bourin *et al.*, 2007). En nuestros estudios se han usado ratones macho de la cepa Balb/c con un peso aproximado entre 24 y 32 gramos y entre 5 y 8 semanas de edad. Cada grupo experimental contiene de 5 a 7 ratones. Los grupos de estudio consisten en: a) un grupo vehículo, en el cual los ratones reciben solamente solución salina, b) un control positivo que corresponde a fármacos de referencia como el clonazepam (ansiolítico) a una dosis de 1.5 mg/kg o la fluoxetina (antidepresivo) a una dosis de 20 mg/kg, y c) el grupo experimental, que consiste en evaluar los compuestos obtenidos de plantas medicinales a dosis entre 1 a 100 mg/kg. Todos los tratamientos son administrados en forma oral a los ratones.

A continuación se describen algunas de las pruebas que usamos en nuestro grupo de investigación para evaluar los patrones de actividad exploratoria espontánea en animales expuestos a ambientes desconocidos que, invariablemente, incluyen áreas de seguridad. Como ejemplo de este tipo de tareas conductuales utilizamos el campo abierto, la transición luz-oscuridad y el laberinto en cruz elevado, en las que evaluamos los efectos

neurofarmacológicos de extractos de plantas medicinales y compuestos de origen natural. Estas pruebas conductuales tienen una duración aproximada de entre 5 y 7 minutos, los animales no sufren ningún daño, y antes de iniciar cada experimento enviamos los protocolos a comités de ética para tener la aprobación correspondiente.

LABERINTO EN CRUZ ELEVADO

El laberinto en cruz elevado (LCE) es reconocido como uno de los modelos experimentales de ansiedad más utilizados para el bioensayo de fármacos ansiolíticos (Pellow, 1986). Sus inicios están en las investigaciones de Montgomery (1952) sobre conductas exploratorias en callejones abiertos y cerrados. Este modelo, basado en la libre exploración que muestran los roedores ante un ambiente novedoso, permite a través de su arquitectura elegir entre dos zonas distintas: un par de brazos abiertos (expuestos, con facilidad de caer al vacío), y un par de brazos cerrados (zona de resguardo), además de un área central, este aparato está elevado a 40 cm del suelo. El animal es colocado en el centro del aparato y se le permite explorar las zonas por cinco minutos. Se evalúa el número de entradas y el tiempo en cada uno de los brazos, expresados en porcentaje. Con estos valores se determina el comportamiento de ansiedad en ratones. Entre mayor sea el porcentaje de entradas y el tiempo en brazos abiertos, mayor será la posibilidad de que el extracto natural o el compuesto administrado estén produciendo un efecto ansiolítico, es decir, está disminuyendo el estrés en los animales. Por el contrario, si el animal decide permanecer en los brazos más protegidos (cerrados) indica que su nivel de ansiedad es mayor (Polanco *et al.*, 2011).

TRANSICIONES LUZ-OSCURIDAD

Este modelo se basa en la aversión natural de los roedores a espacios iluminados (Crawley y Goodwin, 1980). La experimentación se realiza en una caja de dos compartimentos blanco-negro, en un tiempo determinado, generalmente cinco minutos,

en los cuales el animal explora libremente el compartimento oscuro que le brinda protección y el compartimento iluminado en donde el animal está desprotegido. Un índice de actividad ansiolítica en los ratones se observa cuando hay un incremento en el tiempo de permanencia en el compartimento iluminado y cuando hay un mayor número de entradas en el compartimento iluminado (Bourin *et al.*, 2007).

CAMPO ABIERTO

La prueba de campo abierto fue creada por Hall (1934), y en este contexto es una prueba ampliamente utilizada para evaluar las conductas que se producen al colocar el animal en un espacio abierto nuevo, encerrado por una barrera transparente que no le permite escapar. El comportamiento de ansiedad es provocado por la agorafobia (el espacio es muy grande en relación con su hábitat natural), de forma tal que se desencadena ansiedad por el miedo al espacio abierto en que se ve obligado a permanecer. La mayoría de los roedores presenta una tendencia a pasar la mayor parte del tiempo en cercanía a las paredes, lo que denota un estado muy ansioso en ellos. Además, la inmovilidad inicial en un campo abierto es un índice de ansiedad, por lo que la latencia para moverse una distancia determinada (o moverse a través de un número determinado de cuadrados) también se puede utilizar para evaluar el miedo y la ansiedad. Los parámetros que se miden en esta prueba son la distancia recorrida, el tiempo en movimiento y, en particular, el número de cruces por la zona central (zona de ansiedad por ser la más expuesta o abierta) y el tiempo de duración en la misma (Gould *et al.*, 2009). Si el extracto natural o el compuesto presentan efectos ansiolíticos, los animales permanecerán más tiempo en la zona central.

PRUEBA DE SUSPENSIÓN DE LA COLA

Esta prueba se basa en el método de Steru *et al.* (1985) y simula un comportamiento de depresión, en el cual los animales son impuestos a un estado

de depresión aguda provocada por su inmovilidad mediante la suspensión de la cola durante seis minutos. Se coloca un pedazo de cinta adhesiva en el extremo de la cola del ratón y se suspende al ratón a 40 cm del suelo. Al inicio del estudio, el animal trata de escapar mediante la realización de movimientos enérgicos y luego, al cabo de unos minutos, se queda estático. En esta prueba se cuantifica el tiempo de inmovilidad de los roedores. Si el extracto o compuesto presenta efectos antidepresivos, los animales estarán más tiempo en movimiento.

COMPUESTOS DE PLANTAS MEDICINALES CON EFECTOS ANSIOLÍTICOS Y ANTIDEPRESIVOS INVESTIGADOS EN NUESTRO GRUPO DE TRABAJO

La medicina tradicional mexicana cuenta con el registro aproximado de 50 plantas usadas para trastornos mentales (López-Ruvalcaba y Estrada-Camarena, 2016). De estas especies, el 60 % cuenta con estudios preclínicos y el 8 % cuenta con estudios clínicos (López-Ruvalcaba y Estrada-Camarena, 2016). Los estudios clínicos proveen información sobre la eficacia y seguridad de una planta medicinal, mientras que los estudios preclínicos proporcionan información preliminar para realizar un estudio clínico. Por lo cual, solo las plantas con estudios clínicos podrían ser usadas en seres humanos.

Entre las plantas de México usadas para el tratamiento empírico de la depresión y la ansiedad se encuentran la *Salvia tilifolia* (Adewusi *et al.*, 2011, Tene *et al.*, 2007), la *Senna septemtrionalis* (Gonzalez-Eli-zondo *et al.*, 2004), y la *Agastache mexicana ssp. mexicana* (López-Ruvalcaba y Estrada-Camarena, 2016), todas ellas nativas de México. De estas plantas identificamos y obtuvimos, mediante técnicas de cromatografía de gases y líquidos, resonancia magnética nuclear, etc., el diterpeno tilifodiolido (de la *Salvia tilifolia*), el poliol cíclico D-pinitol (de la *Senna septemtrionalis*) y el flavonoide gardenin A (de la *Agastache mexicana ssp. mexicana*) (Figura 1).

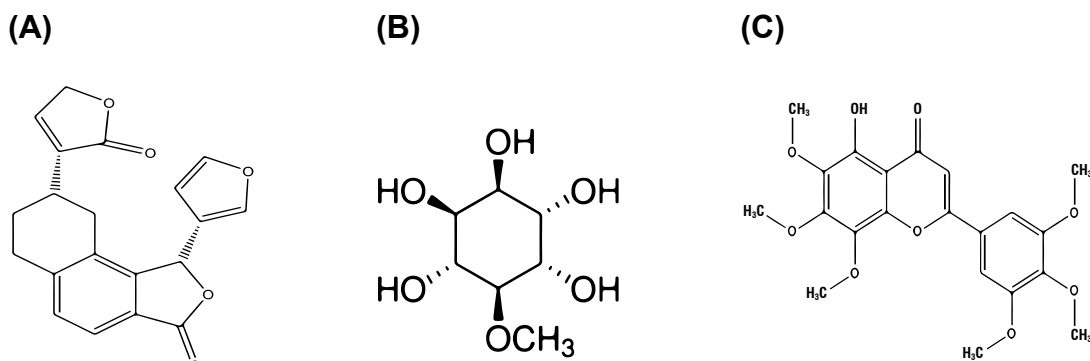


Figura 1. Estructuras químicas de tilifodiolido (A), D-pinitol (B) y gardenin A (C).

El tilifodiolido se ha aislado solamente de otras especies del género *Salvia*. Además de nuestros reportes, no hay otros estudios sobre los efectos farmacológicos de este compuesto. El D-pinitol se obtiene de muchas plantas, incluidas muchas leguminosas, y presenta también efectos antidiabéticos. La gardenin-A se ha obtenido de varias plantas medicinales y se ha reportado que presenta efectos antioxidantes y vasorrelajantes.

De los tres compuestos analizados, la gardenin-A (25 mg/kg) mostró los mejores efectos antidepresivos al disminuir en un 62 % el tiempo de inmovilidad de los roedores en la prueba de suspensión de la cola. El efecto antidepresivo inducido por estos tres compuestos se vio inhibido cuando se administró a los ratones el fármaco yohimbina, el cual es un inhibidor de los receptores α_2 de la noradrenalina. Estos resultados sugieren que el sistema noradrenérgico sería la vía por la cual actúan estos compuestos vegetales. La noradrenalina es un neurotransmisor cuyas concentraciones se encuentran disminuidas en el cerebro de pacientes con depresión (Ortega *et al.*, 2008).

Nuestro trabajo no concluye que estos compuestos incrementen la concentración de noradrenalina en el cerebro de los roedores, solo dieron resultados preliminares que sugieren que pudieran estar actuando sobre el sistema regulado por la noradrenalina. Cada uno de estos compuestos incrementó, con respecto al grupo vehículo (es

decir, sin ningún tratamiento), el tiempo y el número de entradas en los brazos abiertos en el laberinto en cruz elevado. Asimismo, estos compuestos incrementaron el tiempo y el número de entradas en el compartimento iluminado en el modelo de transiciones luz-oscuridad, y aumentaron el número de cruces y el tiempo de permanencia en la zona central en el campo abierto. De estos tres compuestos, la gardenin-A (25 mg/kg) mostró los mejores efectos ansiolíticos, lo cual se tradujo en incrementar en 2.5 veces, con respecto al grupo vehículo, el tiempo y número de entradas en los brazos abiertos. La gardenin-A (25 mg/kg) incrementó en 2 y 2.5 veces el tiempo de permanencia y el número de entradas en el compartimento iluminado. Finalmente, este mismo compuesto a una dosis de 25 mg/kg incrementó en 1.6 veces el número de cruces y el tiempo de permanencia en la zona central en el campo abierto (Alonso-Castro *et al.*, 2020).

Adicionalmente, usamos un modelo de convulsiones en el cual se administró pentilentetrazol, un fármaco que a una dosis 90 mg/kg ocasiona convulsiones en ratones. Gardenin-A (25 mg/kg) inhibió las convulsiones en ratones en un 62 %. Los efectos ansiolíticos y anticonvulsivantes mostrados por gardenin-A se vieron inhibidos cuando se presentó la administración previa en los ratones de bicuculina 0.7 mg/kg (Alonso-Castro *et al.*, 2020). Este resultado sugirió que los efectos ansiolíticos y anticonvulsivantes del D-pinitol se asociaron con la participación del sistema GABAérgico. GABA (ácido



© **Angela Arziniaga**. De la serie *Astilleros Unidos de Veracruz III*. Impresión a la plata, 1983.

gamma-aminobutírico) es un neurotransmisor que inhibe la actividad neuronal. En los procesos convulsivos existe una actividad neuronal exacerbada que se traduce en convulsiones debido a que no hay GABA suficiente para regular al cerebro en su actividad neuronal (Aroniadou-Anderjaska *et al.*, 2007). En el caso de la ansiedad, los niveles de GABA se pueden encontrar disminuidos, lo cual se traduce en un estado de alerta constante como puede ser insomnio, sudoración, intranquilidad, etcétera (Aroniadou-Anderjaska *et al.*, 2007). GABA es un blanco terapéutico muy importante para

disminuir la actividad cerebral aumentada en la ansiedad y durante las convulsiones que se producen en enfermedades como la epilepsia. De igual manera que para la noradrenalina, nosotros no determinamos si los compuestos probados incrementan la concentración de GABA en los roedores. Los resultados solo sugieren que estas sustancias pudieran actuar a través de este neurotransmisor.

Además, es importante señalar que ninguno de estos compuestos alteró la coordinación motora en ratones, ni indujo sedación y tampoco afectaron las capacidades locomotoras en los ratones, como producir un efecto de relajación muscular. Estas son reacciones adversas que se presentan con el uso de fármacos ansiolíticos y antidepresivos (Wintz, 1998). La actividad ansiolítica y antidepresiva mostrada por estos compuestos fue muy similar a la mostrada por fármacos de referencia como son el clonazepam y la fluoxetina, respectivamente.

La importancia de nuestro trabajo radica en que estos compuestos, principalmente la gardenin-A, pueden ser una alternativa de tratamiento para esta clase de enfermedades que afecta en gran manera

© **Angela Arziniaga**. De la serie *Astilleros Unidos de Veracruz II*. Impresión a la plata, 1983.



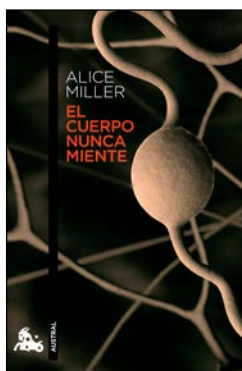
a la población mundial. La información obtenida es, por el momento, a nivel preclínico; nuestros datos actuales no significan que estos compuestos ya se pueden usar en seres humanos. Aún necesitamos saber el tiempo que cada uno de estos compuestos tarda en ser metabolizado por el organismo y el tiempo que va a permanecer dentro del mismo (estudios farmacocinéticos); también necesitamos conocer si causan algún efecto tóxico en el organismo. Experimentos que se están llevando a cabo actualmente en nuestro grupo de investigación evaluarán y explicarán a profundidad los mecanismos moleculares por los cuales estos compuestos ejercen sus efectos en los modelos de ansiedad y depresión en roedores. Asimismo, estamos cuantificando diversos neurotransmisores en el cerebro de ratones tratados con los compuestos de origen vegetal.

REFERENCIAS

- Adewusi EA, Moodley N and Steenkamp V (2011). Antioxidant and acetylcholinesterase inhibitory activity of selected southern African medicinal plants. *S Afr J Bot* 77(3):638-644.
- Alba-Betancourt C, Sánchez-Recillas A and Alonso-Castro AJ *et al.* (2019). Antidiarrheal, vasorelaxant, and neuropharmacological actions of the diterpene tilifodiolide. *Drug Develop Res* 80(7):981-991.
- Alonso-Castro AJ, Alba-Betancourt C and Rocha-González E *et al.* (2019). Neuropharmacological effects of D-pinitol and its possible mechanisms of action. *J Food Biochem* 43(12):e13070.
- Alonso-Castro AJ, Gasca-Martínez D, Cortez-Mendoza LV *et al.* (2020). Evaluation of the neuropharmacological effects of Gardenin A in mice. *Drug Develop Res* 81(5):600-608.
- Aroniadou-Anderjaska V, Qashu F and Braga MF (2007). Mechanisms regulating GABAergic inhibitory transmission in the basolateral amygdala: implications for epilepsy and anxiety disorders. *Amino Acids* 32(3):305-315.
- Bourin M, Petit-Demoulière B, Dhonnchadha BN *et al.* (2007). Animal models of anxiety in mice. *Fundam Clin Pharmacol* 21(6):567-574.
- Crawley JN and Goodwin FK (1980). Preliminary report of a simple animal behaviour for the anxiolytic effects of benzodiazepines. *Pharmacol Biochem Behav* 13(2):167-170.
- González-Elizondo M, López-Enríquez IL, González-Elizondo MS *et al.* (2004). Plantas Medicinales del Estado de Durango y Zonas Aledañas. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango, p. 210. México: Instituto Politécnico Nacional.
- Gould TD, Dao DT and Kovacsics CE (2009). The Open Field Test. In: Gould T. (Ed.), *Mood and Anxiety Related Phenotypes in Mice. Neuromethods*, vol 42. Totowa, NJ: Humana Press.
- Hall CS (1934). Emotional behavior in the rat: I. Defecation and urination as a measure of individual differences in emotionality. *J Comp Psychol* 18(3):385-403.
- López-Rubalcava C and Estrada-Camarena E (2016). Mexican medicinal plants with anxiolytic or antidepressant activity: Focus on preclinical research. *J Ethnopharmacol* 186:377-391.
- Montgomery KC (1952). Exploratory behavior and its relation to spontaneous alternation in a series of maze exposures. *J Comp Physiol Psychol* 45(1):50-57.
- Organización Mundial de la Salud (OMS) Mental, 2017. Consultado en: http://www.who.int/mental_health/world-mental-health-day/2017/es/.
- Ortega JE, Callado LE y Meana JJ (2008). El sistema noradrenérgico en la neurobiología de la depresión. *Psiquiatría Biológica* 15(5):162-174.
- Pellow S (1986). Anxiolytic and anxiogenic drug effects in a novel test of anxiety: are exploratory models of anxiety in rodents valid? *Methods Fin Exp Clin Pharmacol* 8(9):557-565.
- Polanco LC, Vargas-Irwin C y Góngora ME (2011). Modelos animales: una revisión desde tres pruebas utilizadas en ansiedad. *Suma Psicológica* 18:141-148.
- Medina ME, Borges G, Lara C *et al.* (2003). Prevalencia de trastornos mentales y uso de servicios: Resultados de la Encuesta Nacional de Epidemiología Psiquiátrica en México. *Salud Mental* 26:1-16.
- Steru L, Chermat R, Thierry B *et al.* (1985). The tail suspension test: a new method for screening antidepressants in mice. *Psychopharmacology*, 85(3):367-370.
- Tene V, Malagón O, Finzi PV *et al.* (2007). An ethnobotanical survey of medicinal plants used in Loja and Zamora-Chinchipe, Ecuador. *J Ethnopharmacol* 111(1):63-81.
- Valencia M (2018). Remisión y recuperación funcional. En: *Depresión, trastornos bipolar y esquizofrenia*. APM Ediciones y Convenciones en Psiquiatría, 978- 607-8512-88-1.
- Vogel JR, Beer B and Clody DE (1971). A simple and reliable conflict procedure for testing anti-anxiety agents. *Psychopharmacologia* 21(1):1-7.
- Wintz CJ (1998). Nursing management of psychotropic drug reactions. *Nurs Clin North Am* 33(1):217-231.

Ángel Josabad Alonso Castro
Clara Alba Betancourt
Departamento de Farmacia
División de Ciencias Naturales y Exactas
Universidad de Guanajuato, México
angeljosabad@ugto.mx
Deisy Gasca Martínez
Unidad de Análisis Conductual
Instituto de Neurobiología
Universidad Nacional Autónoma de México
Campus Juriquilla, Querétaro, México

Libros



LA CIENCIA DE LA LARGA VIDA

VALENTÍN FUSTER Y JOSEP CORBELLA

Planeta

Barcelona, 2021

El prestigioso cardiólogo Valentín Fuster, Director General del Instituto Cardiovascular del hospital Mount Sinai de Nueva York y del Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares (CNIC) en España, nos ofrece las claves para cumplir años y mantenerse en plena forma física y mental.

La edad solo es un número. Unas personas envejecen más rápidamente que otras; unos suben ochomiles con ochenta años mientras otros son incapaces de subir al monte pasados los cuarenta.

En la isla griega de Icaria la gente vive de media diez años más que en el continente y lo mismo pasa en Okinawa, donde llegan a centenarias tres veces más personas que en el resto de Japón.

Y es que envejecer y cumplir años son dos cosas distintas y, aunque todos celebramos los cumpleaños a un mismo ritmo, no todos envejecemos a la par. Valentín Fuster, a pesar de ser una eminencia, un médico de reputación mundial, nada puede hacer para frenar nuestra edad cronológica.

Lo que sí puede hacer, y en este libro da prueba de ello, es ayudarnos a ralentizar, frenar incluso,

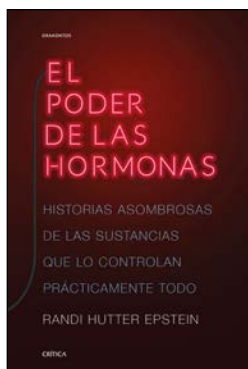
nuestro envejecimiento, incorporando a nuestra vida ejercicios, rutinas y actividades, físicas y mentales, que retrasen al máximo desde los cambios más superficiales –las arrugas, por ejemplo– hasta los celulares y neuronales.

La ciencia de la larga vida nos descubre cuáles son los secretos de la longevidad y cómo se debe actuar para mantenerse siempre activo física, intelectual y emocionalmente. Es el arte de vivir más, pero, sobre todo, de vivir mejor. Mucho mejor.

El trabajo de Valentín Fuster se centra en la investigación traslacional puntera encaminada a comprender, prevenir y tratar la enfermedad cardiovascular a nivel mundial.

La misión del doctor Fuster es integrar la investigación con la promoción de la salud a través de la educación de la población.

Para ello ha asumido la presidencia de la nueva Fundación Internacional denominada Science, Health and Education (SHE).



EL PODER DE LAS HORMONAS
HISTORIAS ASOMBROSAS DE LAS SUSTANCIAS QUE LO CONTROLAN PRÁCTICAMENTE TODO

RANDI HUTTER EPSTEIN

Crítica

Barcelona, 2021

Esta es la historia de nuestra relación con las hormonas. Con nuestra sexualidad, nuestros deseos y nuestros cambios de humor. Es la historia de todo aquello que hace que nosotros seamos nosotros.

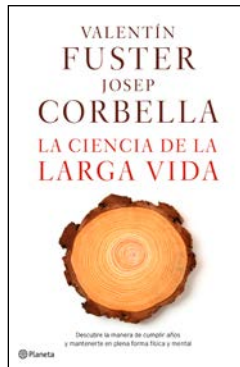
Metabolismo, comportamiento, sueño, cambios de humor, sistema inmunitario, pubertad o sexo: estas son solo algunas de las cosas de nuestro cuerpo que controlan las hormonas. Armada con una gran dosis de ingenio y curiosidad, Randi Hutter Epstein nos lleva de viaje a través de la historia de estos potentes químicos: desde un sótano lleno de cerebros en el siglo XIX hasta una clínica de hormonas del siglo XXI en Los Ángeles.

Repleto de anécdotas fascinantes, nuevas investigaciones médicas y detalles humorísticos, *El poder de las hormonas* nos presenta a los principales científicos que cambiaron nuestro conocimiento sobre esos desequilibrios hormonales que nos aquejan.

En el camino, Epstein explora funciones de las hormonas como la leptina, la oxitocina, el estrógeno o la testosterona, arrojando luz sobre la ciencia de la endocrinología que tanto nos afecta y de la que nos queda tanto por saber.

La doctora Randi Hutter Epstein es escritora médica, profesora adjunta en la Escuela Superior de Periodismo de la Universidad de Columbia y conferenciante a tiempo parcial en la Universidad de Yale.

Sus artículos han aparecido en *The New York Times*, *The Washington Post*, *The Daily Telegraph*, *The Guardian*, *Parents* y *More*, entre otros periódicos y revistas. Es autora de *¿Cómo se sale de aquí?: una historia del parto* (2010).



EL CUERPO NUNCA MIENTE

Alice Miller

Tusquets

Barcelona, 2020

Nadie ha profundizado hasta los últimos recovecos de la psique humana como Alice Miller.

El cuarto mandamiento –“Honrarás a tu padre y a tu madre”, heredado de la moral tradicional– nos exige que honremos y queramos a nuestros padres, pero oculta una amenaza. El que quiera seguirlo pese a haber sido despreciado o maltratado por sus padres solo podrá hacerlo reprimiendo sus verdaderas emociones. Sin embargo, el cuerpo a menudo se rebela, con graves enfermedades, contra esta negación y esta falta de reconocimiento de los traumas infantiles no superados. Alice Miller nos permite comprender estos mensajes que nos envía el alma y así liberarnos de los síntomas e, incluso, de los traumas.

Alice Miller nació en Lviv, Polonia, en 1923, y murió en Saint-Rémy-de-Provence, Francia, en 2010.

Estudió filosofía, psicología y sociología en Basilea. Tras el doctorado, se formó en Zúrich como psicoanalista, profesión que ejerció durante veinte años, antes de publicar, su ensayo *El drama del niño dotado*, en 1979.

Psicoanalista y terapeuta de fama internacional, Alice Miller es autora de obras fundamentales sobre las consecuencias del maltrato en la infancia, como *El saber proscrito*, *La llave perdida*, *El cuerpo nunca mente*, *Salvar tu vida* y *Por tu propio bien*, títulos que pronto aparecerán sucesivamente en la Biblioteca Alice Miller.



© **Angela Arziniaga.** De la serie *Ensayo para un ritual IX*. Daguerrotipo mercurial.



© Angela Arziniaga. De la serie *Imágenes oníricas VII*. Arte objeto, quimigrafía, Polaroid.

