

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



CIENCIA Y CULTURA

# 1 elementos

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA • No. 105 • Vol. 24 • enero - marzo 2017 • \$40.00



7 52435 06402 6  
EXHIBIR HASTA EL 31-MARZO-2017

Sobre el lenguaje Raúl Dorra Justicia ambiental, justicia ecológica... Edwin Cruz Rodríguez Descubriendo las matemáticas José Antonio González Oreja La vida en ocho patas... Irma Gisela Nieto-Castañeda y Gerardo Trujano-Huerta Las plantas y los endófitos Héctor Godínez Álvarez El gran telescopio milimétrico... Leopoldo Noyola Detección de fugas de hidrocarburos... Ernesto A. Elvira Hernández y Agustín L. Herrera-May Obra fotográfica Daniel Machado





# S U M A R I O

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**rector,** José Alfonso Esparza Ortiz  
**secretario general,** René Valdiviezo Sandoval  
**vicerector de investigación y estudios de posgrado,** Ygnacio Martínez Laguna

## ELEMENTOS

[www.elementos.buap.mx](http://www.elementos.buap.mx)

revista trimestral de ciencia y cultura  
número 105, volumen 24, enero-marzo de 2017

**director,** Enrique Soto Eguibar

**subdirector,** José Emilio Salceda

**consejo editorial,** Beatriz Eugenia Baca, María Emilia Beyer Ruiz,  
María de la Paz Elizalde, Enrique Vergara,

Jesús Mendoza Álvarez, Francisco Pellicer Graham,

Leticia Quintero Cortés, José Emilio Salceda,

Enrique Soto Eguibar, Gerardo Torres del Castillo

**edición,** José Emilio Salceda y Enrique Soto Eguibar

**obra gráfica,** Daniel Machado

**1°, 2° y 4° de forros,** © Daniel Machado. De la serie S. T, 2013

**diseño y edición gráfica,** Mirna Guevara

**corrección de estilo,** Leopoldo Noyola e Ileana Gómez

**redes sociales,** Leopoldo Noyola y Mirna Guevara

**administración y logística,** Lorena Rivera e Ileana Gómez

**impresión,** El Errante Editor, S. A. de C.V.

**redacción,** 14 Sur 6301, Ciudad Universitaria

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

**email:** [esoto2424@yahoo.com](mailto:esoto2424@yahoo.com)

Revista registrada en Latindex ([www.latindex.unam.mx](http://www.latindex.unam.mx)),  
miembro de la Federación Iberoamericana de Revistas Culturales,

afiliada a CiteFactor-Directory of International Research Journals

Certificados de licitud de título y contenido 8148 y 5770

ISSN 0187-9073



**ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**  
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



© Daniel Machado. De la serie Piernas y Bandoneón, 2013.



Sobre el lenguaje 3

Raúl Dorra

Justicia ambiental, justicia ecológica  
y diálogo intercultural 9

Edwin Cruz Rodríguez

Descubriendo las matemáticas 17

José Antonio González Oreja

La vida en ocho patas  
¿quiénes son las arañas? 23

Irma Gisela Nieto-Castañeda y Gerardo Trujano-Huerta

¿Tiene la testosterona un  
efecto inmunosupresor? 29

J. Jaime Zúñiga-Vega, Víctor Arguez e Israel Solano-Zavaleta

Daniel Machado 35

Obra fotográfica

Las plantas y los endófitos:  
cómo sobrevivir en las regiones  
áridas y semiáridas 39

Héctor Godínez Álvarez

El gran telescopio milimétrico y la  
última aventura en Épsilon Eridani 45

Leopoldo Noyola

Detección de fugas de hidrocarburos  
usando aviones no tripulados 55

Ernesto A. Elvira Hernández y Agustín L. Herrera-May

Ciencia a tiempo 59

Libros 61

La sofocación del saber 64

Walter F. Otto



# Sobre el lenguaje

**Raúl Dorra**

## **EL LENGUAJE EN PERSPECTIVA**

Como quien despeja su campo de operación, comenzaré diciendo que estas reflexiones se situarán en el lenguaje en cuanto lenguaje. Por ello entiendo el conjunto de procedimientos mediante los cuales se constituye y socializa el sujeto humano; y de modo más específico entiendo el lenguaje verbal. Así, no me referiré a los soportes neurofisiológicos del lenguaje cuyo conocimiento ha crecido de modo exponencial aunque –y a pesar de que mi ignorancia a ese respecto es también muy cuantiosa– no podría dejar de tener en cuenta que el límite entre un campo y otro es una línea, si se quiere un espacio o intervalo, siempre problemático. Ese límite es –para mí y de eso me propongo hablar– un enigma fundamental.

En 1956, en un ensayo titulado “Two aspects of language and two types of aphasic disturbances” (aparecido en 1973 como “Dos aspectos del lenguaje y dos tipos de trastornos afásicos”)<sup>1</sup> el célebre lingüista ruso Roman Jakobson, apoyándose en pruebas con enfermos, postuló que existe un tipo de afasia que afecta la capacidad de selección (olvidos léxicos) y otro que afecta la capacidad de asociación (olvidos sintácticos) por lo cual las clasificó como afasia metafórica y afasia metonímica, respectivamente. Jakobson había observado que ciertos afásicos, ante una palabra dada (por ejemplo nombre o verbo), no podían encontrar otras que la reemplazaran mientras que ciertos otros afásicos no podían encontrar los nexos

entre palabras (preposiciones) o acertar con las conjugaciones verbales adecuadas. Lo interesante de este estudio, para Jakobson, es que mostraba que se podía ver la afasia como un problema lingüístico. Desde luego, tal estudio de ningún modo significó para los lingüistas el descubrimiento de la incesante relación entre funciones cerebrales y funciones verbales. Hay una rica tradición al respecto. El impacto que causó el ensayo de Jakobson sobre la afasia se debió a la precisión con que incursionó en aquellas relaciones y correlaciones, y sobre todo al hecho de que le daba una base material, por decirlo así, a su propia teoría del lenguaje. En efecto, Jakobson, un lingüista y un filólogo "puro" atraído por la poesía folklórica rusa y preocupado por darle a los estudios literarios un estatuto científico, venía postulando que el lenguaje se asienta sobre dos ejes, precisamente el eje de la asociación y el de la combinación: que hablar es seleccionar y combinar. Para componer la frase *El perro cojea porque está herido* el hablante debe seleccionar cada término dentro del conjunto de opciones que le ofrece la lengua en que se desempeña. Así, en lugar de *el* pudo haber seleccionado *este, ese, mi, etc.*, y en lugar de *perro*, *can, animal, mascota, etc.* Además debe combinar cada término con los otros. Así, si *perro* es un sustantivo masculino y singular, tienen que adecuarse a él las demás funciones verbales que expresan el género y el número como artículos, adjetivos, pronombres, verbos conjugados, etc. Por mi parte, si yo evoco este ensayo es porque, según mi modo de ver, al mostrar una íntima relación muestra también una íntima diferencia entre los procesos neuronales que soportan y condicionan el ejercicio del lenguaje, y los procesos verbales que constituyen el lenguaje en cuanto tal.

Varios años menor pero de cualquier manera contemporáneo de Jakobson, Noam Chomski, discutiendo con los conductistas, incorporó la lingüística al conjunto de las ciencias cognitivas y consolidó la noción de mentalismo. De modo paralelo al desarrollo de las llamadas neurociencias,

la lingüística, estudiada desde una cierta perspectiva, ha sido incorporada al espacio ocupado por disciplinas que se dedican a la cognición y se reclaman como ciencias positivas. Por cierto, parece fácil afirmar que la lingüística integra ese conjunto y por ello inferir que también su objeto de estudio, el lenguaje verbal, forma parte de una unidad de nivel superior y de capacidad englobante. ¿Pero desde dónde se realiza esta afirmación sino –obligadamente– desde, y solo desde, el lenguaje verbal, lenguaje en que, por otra parte, se expresan las demás ciencias?

Si la lingüística como disciplina tiene límites, algo diferente ocurre con su objeto de estudio, el lenguaje verbal. A mediados del pasado siglo Émile Benveniste sostuvo que el lenguaje verbal es el único sistema que puede hablar de todos los demás y también de sí mismo. A esta propiedad la llamó Principio de Interpretancia. El lenguaje verbal interpreta a los demás lenguajes o sistemas y se vuelve sobre sí mismo para autoconocerse, como se muestra en las presentes reflexiones. Las ecuaciones aritméticas o las frases musicales o los tejidos celulares no se refieren a algo diferente de ellos y no hablan, tampoco, de sí mismos, o lo hacen restringidamente. Son interpretados y estudiados por sus respectivas disciplinas –la matemática, la teoría musical, la fisiología– pero para ello deben recurrir al lenguaje. Curioso o sorprendente objeto de estudio, el lenguaje hace posible y aun engloba a la disciplina que da cuenta de él.

El núcleo del lenguaje es una estructura pronominal que reúne a las personas expresadas en *yo* y en *tú*, y se extiende hasta el *él*, al que el mismo Benveniste caracterizó como la no-persona, digamos el referente, aquello de lo que se habla. *Yo* le habla a *tú* acerca de *él*, que se sitúa fuera de ambos. Lo que transita de *yo* a *tú* para hablar de él puede pensarse como un discurso, un discursar de la palabra. A este tránsito o discurso se agrega el flexivo *me*, que es un pliegue que permite al *yo* volverse sobre sí mismo introyectándose: "yo me digo". En el momento en que digo "yo" me desdoble, me hago consciente de mí, me oigo hablar, me veo mirándome. En el momento



© Daniel Machado. De la serie Streamline in red, 2012.

en que digo "me" me vuelvo hacia mí y cierro el ciclo dando pie a que se abra de nuevo de manera incesante. Continuamente expandida en el ejercicio discursivo de la palabra, esta estructura de base puede explicar la propiedad que tiene el lenguaje verbal para hablar de lo que se sitúa fuera de él y también de lo que sitúa en su propia interioridad. Eso que Benveniste llamó la Interpretancia, el Principio de Interpretancia.

#### EL LENGUAJE EN ABISMO

Pero avancemos otro poco. ¿En qué momento crea o inventa el hombre el lenguaje si es que lo crea o inventa? ¿Hay un sujeto humano antes del lenguaje? Preguntas como estas me hacen pensar en el libro XI de las *Confesiones* de San Agustín,

donde su autor se dedica a responder a aquellos que preguntan qué hacía Dios antes de la creación de los cielos y la tierra. Tal pregunta, según San Agustín, carece de sentido. Y si hubiera que contestarla habría que decir que Dios no hacía nada. No se puede hablar de un "antes" del mundo, no se puede pensar así porque, según él, el tiempo, el antes y el después, fueron creados al crear el mundo pues el tiempo es propio de la naturaleza humana. ¿Cómo decir, también, que antes de la creación del mundo no había antes? Pensando en el lenguaje, hay aspectos importantes de la respuesta de San Agustín que se podrían recoger y otros en los que se podría diferir. La relación de Dios con el mundo, no solo para San Agustín sino



© Daniel Machado. De la serie Ongaku Lucky Hole, 2013.

para cualquier creyente, es la de creador a creatura y por lo tanto de anterioridad. Pero para los lingüistas modernos, sobre todo los que se ubican en la tradición inaugurada a comienzos del siglo pasado por Ferdinand de Saussure, la relación sería de simultaneidad: el hombre y el lenguaje forman una estructura dialéctica, la relación no se mueve en una sola dirección sino entre ida y retorno: ambos son a la vez productor y producto.

Saussure, por cierto, no se entregó a este tipo de especulaciones pero dejó la puerta abierta para que gentes como yo lo hiciera. Él no habló de lenguaje sino de lengua, entendiendo con ese término lo que aquí estamos llamando lenguaje. Así, definió a la lengua como un sistema de signos, y al signo como una estructura compuesta de dos elementos heterogéneos por su naturaleza e interdependientes por su función: el significante, de naturaleza acústica y el significado, de naturaleza

intelectiva (en francés, el trazo sonoro “cheval”, se reúne con el concepto “caballo”, según ejemplifica el lingüista de Ginebra). Esta teoría de tipo estructuralista lo llevó a oponerse a la corriente historicista que tenía como objeto de estudio el cambio lingüístico, es decir, las transformaciones operadas a lo largo del tiempo por uno o varios elementos verbales. Saussure, por su parte, comparó la lengua con el juego de ajedrez: no importa que las piezas sean de marfil o de madera, lo que importa son las relaciones que mantienen entre sí, las reglas de juego. Así, el cambio o la desaparición de un elemento modifica al conjunto, esto es, al sistema. No se trata, pues, de estudiar cambios parciales sino el funcionamiento de todo el sistema en un determinado estado o en un proceso de transformación. En cualquier estado los elementos guardan entre sí relaciones sincrónicas. El sistema siempre está completo porque algo significa si, y sólo si, se opone a otro elemento significativo con el que mantiene una relación

de contrariedad solidaria. El sí no adquiere sentido sino en tanto se opone al *no*; aquí estamos ante una oposición fuerte; entre ambos términos podemos situar el *quizá* que se opone a ambos según una oposición débil. Así, tenemos dos grados de oposiciones en una figura que es a la vez binaria y triádica. Esta figura, en acción, permite que el sistema, aun en sus transformaciones, se autorregule y se complete sin cesar; se mueva entre la diacronía y la sincronía.

Saussure, dije, comparó a la lengua –lo que aquí vengo llamando lenguaje– con el juego de ajedrez. Sin embargo a la semejanza podría oponérsele una diferencia también fundamental. El ajedrez, así como todos los juegos, ha sido inventado por el hombre. Sus reglas fueron creadas y siempre pueden ser modificadas tras una deliberación. Es un sistema operado desde afuera. El lenguaje no fue creado ni inventado y no tiene un afuera. Es una institución social que no depende de deliberaciones particulares sino de su propio ejercicio, una convención autoinstituida y en la que el individuo está de hecho inmerso como en su medio natural. Más que inmerso, podríamos decir que está constituido por el lenguaje. Desde luego el lenguaje no es estático sino que está siempre transformándose. Pero aquí hace falta una aclaración que incide en la selección terminológica. Saussure pensó en términos de lengua y yo opté por lenguaje. Digamos ahora que el lenguaje es una propiedad abstracta y general que se especifica en lenguas nacionales o en familias de lenguas. Ferdinand de Saussure, como gran conocedor de lenguas antiguas y modernas por su erudición de comparatista, prefirió hablar en términos de lengua para sustentar su teoría lingüística. Prefirió ir de lo particular a lo general y, más específicamente, recurrir a su propia lengua, el francés, para hallar los ejemplos que necesitaba. El francés, como el español, forma parte de la familia de las lenguas neolatinas. Son pues, resultado de una larga transformación. (Dicho sea de paso, esto es lo que ha inclinado a generaciones de lingüistas a pensar que el estudio de una lengua debe ser histórico). Sin embargo, si se examinara cualquier estado en que se

encuentre una lengua, se observará que su carácter de sistema no se ha alterado. La lengua se transforma pero permanece el sistema y por eso Saussure prefiere pensar la transformación como diacronía, no como historia. Para los propósitos de esta reflexión, podríamos postular, ahora, que el lenguaje es la propiedad general y la lengua un resultado específico; que la lengua se modifica y el lenguaje se conserva; y aun: que la lengua se modifica porque necesita mantenerse en los límites fijados por el lenguaje, esto es, se modifica para preservar su propio sistema.

¿Qué hay antes del lenguaje? ¿Es admisible decir que nada? Decir que *nada* no es sugerir que todo lo que no sea lenguaje es irreal o imaginario. Decir nada significa decir que eso que hay, que hay afuera, es algo que no podemos comprender porque para comprenderlo necesitaríamos el socorro del lenguaje. (Mi propio cuerpo, por ejemplo, aunque persiste allá toma su forma aquí; claro que también es un puente, un continuo pasaje entre mi yo y el mundo). Entonces postular, como aquí postulamos, que hombre y lenguaje son a la vez productor y producto supone aceptar que ambos están en el origen, y que ese origen es un desprendimiento, un salto, una quiebra o, si se quiere, una discontinuidad. Se suele hablar de una discontinuidad entre el hombre y la naturaleza. Pero hablar de naturaleza (pájaro, árbol, roca; o reino animal, vegetal y mineral; o tejidos, células) es recurrir a nombres y hacer clasificaciones operadas en general por el lenguaje y especificadas en una lengua; es, en suma, encontrar nuevamente lo que creíamos haber dejado atrás. En rigor, pensadas así las cosas no habría más que asumir la paradoja y decir que todo es naturaleza; naturaleza humana, humanizada por el lenguaje.

Una lengua es, entre otras cosas y como acabamos de ver, un sistema de clasificaciones: árbol, hoja, nido o flor son objetos y a la vez clases de objetos. Hablamos distinguiendo clases, estableciendo cuadrículas para ver, y también analizar,

los objetos del mundo. El mundo es eso que nos muestra el lenguaje. La realidad, que no lo real. Así, el lenguaje es el reino del hombre pero también su exilio. La consciencia que nos crea la palabra es también la consciencia de nuestro límite. Una consciencia, se diría, trágica. No podemos ver sino lo que él nos muestra, lo que quiere decir que posee una fuerza centrípeta que nos mantiene siempre en su órbita.

Varias líneas más arriba habíamos dicho que la estructura de base del lenguaje nos permite movernos entre lo que se sitúa fuera de él y lo que está instalado en su interioridad; ahora debemos corregir o modificar diciendo que esos lugares de referencia (lo que está fuera vs lo que está dentro) o bien han sido establecidos por el propio lenguaje o bien representan un modo de hablar; estrictamente, el lenguaje conforma un espacio móvil que funciona como una cinta de moebius; esto es, nos posibilita una perspectiva que permite observarlo sin salirse de él. Ahora mismo estoy haciendo eso (y corriendo el riesgo de que no sea sino un ejercicio ilusorio). El afuera no es un afuera absoluto sino un pliegue, eso que opera un retorno cuando se pone en actividad la función metalingüística, función que pertenece al lenguaje y a la vez permite observarlo.

Las manifestaciones artísticas, y en especial las de ruptura, diversas formas de la afectividad, estados como la locura o la desesperación son muchas veces intentos por romper el límite y situarse, como pensó Roland Barthes de la literatura, verdaderamente en las afueras del lenguaje. Decir lo indecible, ir más allá, expresar lo inexpressable. Hasta ahí, hasta ese desborde, se puede quizá llegar pero no permanecer. O permanecer al precio de perder la consciencia. Mientras esas expresiones tiran hacia allá, abren y disgregan, el lenguaje nos trae hacia aquí, nos reúne, nos hace gregarios. Organizado sobre estructuras sintácticas, lo que más tiene la facultad de congregarse es el lenguaje en su modalidad lógica. A esta modalidad recurrimos para establecer acuerdos,

para explicarnos y explicar, para despejar dudas y suspender caprichos. Es la modalidad de estas reflexiones, la modalidad de los discursos científicos, filosóficos, académicos; el lenguaje, también, del buen vecino, el que no quiere exaltaciones ni pleitos. Quisiéramos, tal vez, otra cosa, la palabra del poeta, la del vidente o la del enamorado. Este que ahora habla, yo, que soy lo que soy porque he sido formado en la poesía, habituado a sentir que con ella se llega siempre más allá, no puedo sin embargo más que reconocer que también siempre debo volver a la modalidad lógica. Dicho en términos gramaticales, la modalidad lógica es transitiva, mientras las otras modalidades de la expresión verbal son –unas menos y otras más– intransitivas. Así, regresa a mi memoria un verso final de César Vallejo: “...entonces...claro... entonces...¡ni palabra!”

Última observación: frente a posturas tan radicales como la que aquí expongo se pueden esperar objeciones que encarezcan la vigencia expresiva de los lenguajes no verbales, especialmente el lenguaje visual, tan característico de nuestra cultura y con tanto protagonismo en la comunicación, esto es, en la socialización. No faltará quien vuelva sobre una frase que afirma, al parecer, una verdad que se quiere irrefutable: una sola imagen vale más que mil palabras. Afirmación, claro está, contundente y ruidosa. Afirmación sin embargo construida sobre el esquema sintáctico de la frase, es decir, tomada de la verbalidad. Con el riesgo de ser reiterativo, uno pregunta, se pregunta: ¿cuánto puede hablar una imagen de sí misma y de la palabra, cuánto puede argumentar en su defensa sin recurrir al lenguaje verbal?

## NOTAS

<sup>1</sup> En: Roman Jakobson and Morris Halle, *Fundamentals of Language*, Mouton, La Haya, 1956. En español: *Fundamentos del lenguaje*, Madrid, Ciencia Nueva, 1967.

**Raúl Dorra**  
**Programa de Semiótica y Estudios de la Significación**  
**BUAP**  
[rauldorra@yahoo.com.mx](mailto:rauldorra@yahoo.com.mx)

# Justicia AMBIENTAL, justicia ECOLÓGICA y diálogo intercultural

**Edwin Cruz Rodríguez**

La justicia ambiental está basada en el reconocimiento exclusivo del ser humano como sujeto de derecho y propende por garantizar el derecho humano a un ambiente sano; en cambio, la justicia ecológica erige a la naturaleza como un sujeto de derecho y tiene por objeto su protección en forma independiente de los derechos humanos. Por ello reviste especial importancia el reconocimiento de los derechos de la naturaleza en la Constitución Política de Ecuador que plantea, entre otras cosas, un desplazamiento desde la justicia ambiental hacia la justicia ecológica. En su artículo 71 establece que “la naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos”. Consecuentemente, el artículo 72 de dicha Constitución reconoce el derecho de la naturaleza a la “restauración”, en forma independiente de la obligación del Estado y los particulares de indemnizar a individuos y colectividades que dependan de los sistemas naturales afectados. Mientras la justicia ambiental está basada en el antropocentrismo de la tradición jurídica occidental, la justicia ecológica se sustenta en una concepción biocéntrica que asigna a la naturaleza un valor intrínseco o immanente independiente de las valoraciones subjetivas (Gudynas, 2009: 51).

Este artículo reconstruye ambas perspectivas y defiende la necesidad del diálogo intercultural tanto para la comprensión como para la implementación de la justicia ecológica. El argumento central es que la justicia ecológica implica necesariamente una perspectiva intercultural que permite, de un lado, comprender los aspectos en que diverge de la justicia ambiental y aquellos en que ambas formas de justicia son complementarias, y de otro, comprender las diversas formas de relacionarse y de representar la naturaleza que han desarrollado numerosos grupos culturales.

## LA JUSTICIA AMBIENTAL

La especificidad material del derecho ambiental es objeto de diversas controversias basadas en la polivocidad del concepto de “medio ambiente”. No obstante, la justicia ambiental está comprendida dentro de los derechos humanos, lo cual le confiere un carácter antropocéntrico que la distingue de la justicia ecológica.

Para Stutzin (1985: 102), el derecho ambiental nació con un “conflicto de doble personalidad”, pues en una visión restringida se enfoca en proteger el medio ambiente humano, pero en su versión ampliada se preocupa por la totalidad del mundo natural. Por una parte, existe una concepción restrictiva que considera que el derecho ambiental no tiene especificidad ni autonomía, sino que queda subsumido en otras ramas o áreas del derecho, como el derecho administrativo (Bottassi, 1997: 84-85). Por otra, hay una concepción expansiva que tiende a desfigurar los límites de otras áreas del derecho, conllevando problemas de operatividad en materias y tipos de sanciones (Franco, 2010: 25).

No obstante, el derecho ambiental ha ganado terreno en distintas formas jurídicas. De acuerdo con Zaffaroni (2011: 63), se manifestó en el derecho penal con figuras como la “tutela penal del medio ambiente” o “derecho penal del medio ambiente”, así como en una buena cantidad de declaraciones

internacionales, cercanas al campo del derecho internacional de los derechos humanos. Empero, ya se trate de concepciones restrictivas o expansivas, el derecho ambiental reviste un fundamento antropocéntrico, pues está orientado primordialmente a garantizar el bienestar humano, tomando la protección a la naturaleza como un medio para conseguir ese fin.

Para Cafferata (2007: 72), el derecho ambiental: “es el conjunto de normas que regulan relaciones de derecho público o privado tendentes a disciplinar las conductas en orden al uso racional y conservación del ambiente, en cuanto a la prevención de daños, para lograr el mantenimiento del equilibrio natural, lo que redundará en una optimización de la calidad de vida”.

Sobre todo, el fundamento antropocéntrico del derecho ambiental radica en que el sujeto de derechos continúa siendo el ser humano. Como arguye Zaffaroni (2011: 64-65), el derecho ambiental reconoce el medio ambiente en tanto “bien jurídico” y de esa forma lo asocia con el concepto de “bienes colectivos” o con los derechos humanos. Aunque es un bien jurídico de una naturaleza particular, porque muchas veces la afectación a los seres humanos que supone el daño ambiental no está en el presente, sino que se proyecta hacia las generaciones futuras, ello no obsta para desvincularlo de la referencia a los derechos humanos.

El derecho ambiental está llamado a operar en dos niveles, ambos ligados a la vulneración de los derechos humanos (De los Ríos, 2007). Primero, en aquellos casos en que existen daños ambientales que pueden afectar inmediata y directamente seres humanos. Segundo, cuando la gravedad del daño radica en la afectación del medio ambiente, ocasionando un daño indirecto o mediato sobre los seres humanos. Este último tipo de casos, propiamente dicho, del que se ocupa el derecho ambiental, basado en el principio precautorio que permite salvaguardar el derecho de generaciones posteriores a satisfacer sus necesidades, pues los anteriores en muchas ocasiones aparecen tipificados en normas relativas a la salud pública (Abidin y Lapenta, 2007: 13).

## LA JUSTICIA ECOLÓGICA

El reconocimiento constitucional de derechos a la naturaleza se traduce en el abandono del enfoque antropocéntrico en que se funda el derecho ambiental, para abrazar una perspectiva biocéntrica, donde el objetivo es proteger la vida misma más que una especie en particular (Ávila, 2011: 226). Además, la obligatoriedad de restauración integral de la naturaleza supone una orientación biocéntrica que no se agota en proteger el bienestar de los seres humanos.

La justicia ambiental asume la naturaleza como un objeto más que como un sujeto, pues tiene como meta proteger el medio ambiente en tanto que los daños a él causados puedan afectar a los seres humanos. La naturaleza es un medio para asegurar el bienestar de los seres humanos, no un fin en sí misma. Los derechos a un ambiente sano están comprendidos dentro de los derechos humanos. En cambio, desde la perspectiva biocéntrica, no es suficiente reconocer la naturaleza como un bien jurídico al servicio de los seres humanos, es preciso reconocerla como sujeto de derechos (Stutzin: 1985: 102). Así, si bien los derechos de la naturaleza comprenden los seres humanos, pues los hombres y mujeres son parte de la naturaleza, tienen valor independientemente de las representaciones subjetivas sobre la naturaleza (Acosta, 2011: 353).

Mientras la justicia ambiental es una justicia intergeneracional, pues mediante el principio precautorio incluye en la comunidad política del presente a las generaciones futuras, con el objeto de que el aprovechamiento de los recursos naturales no comprometa la satisfacción de sus necesidades, los derechos de la naturaleza suponen un pacto de convivencia que no solo comprende los miembros humanos de la comunidad, sino también un contrato entre estos y el medio ambiente natural (Ramírez, 2010: 62).

Así, en el marco de la justicia ecológica, la naturaleza es concebida como una persona jurídica especial, puesto que no se trata de una ficción creada por el sistema jurídico, sino que tiene una

existencia concreta y de ella depende la vida en el planeta: “se trata de una persona jurídica de Derecho Público que puede asimilarse a una Fundación para la Vida, la cual ha sido creada por sí misma (o ha sido creada, si se quiere, por un Creador) para hacer del planeta Tierra la morada de un universo de seres vivientes” (Stutzin: 1985: 105).

Esa perspectiva biocéntrica implica una igualdad básica entre todas las especies con independencia de los criterios de utilidad, juicio estético o valor, pues se asume que todos los organismos vivos tienen un papel que cumplir en los ciclos de la biósfera (Acosta, 2012: 115). Sin embargo, no supone una visión purista de la naturaleza que acabe con actividades como la agricultura y la pesca. Según Gudynas (2011: 261), los derechos de la naturaleza no conllevan una prohibición al aprovechamiento del medio ambiente. Al contrario, las distintas especies, incluyendo los seres humanos, pueden beneficiarse de su entorno natural. Pero sí implican condicionamientos a ese aprovechamiento, pues no se permite que se destruyan los ecosistemas ni se extingan las especies. Por lo tanto, el medio ambiente puede aprovecharse respetando sus ciclos vitales y su capacidad de resiliencia.

Como toda persona jurídica, la naturaleza requiere unos representantes que velen por sus derechos (Stutzin, 1985: 107). Como lo establece la Constitución ecuatoriana, cualquier persona natural o jurídica puede acudir ante las autoridades para demandar su cumplimiento. La novedad radica, según Gudynas (2011: 276), en que “esos defensores no deberán demostrar que talar los árboles significa una pérdida económica o afecta la propiedad privada, sino que podrán defenderlos desde la necesidad de asegurar la sobrevivencia y permanencia como especie”.

Ello se expresa en una justicia distinta, en la obligación de restauración que instituye la Constitución. Mientras la justicia ambiental trata de precautelar los derechos humanos frente a los daños ambientales que los afecten, la justicia ecológica se enfoca en asegurar la supervivencia de las especies y



sus ecosistemas (Gudynas, 2011: 273-274). Estos principios se justifican porque no todo el daño que se hace a la naturaleza afecta de forma inmediata a los seres humanos, aunque sí puede hacerlo en el futuro en tanto que existe un grado considerable de imprevisibilidad cuando se modifican los ambientes naturales (Stutzin, 1985: 102). Por consiguiente, los mecanismos de sanción, compensación y reparación entre seres humanos que se privilegian en la justicia ambiental, no son suficientes para la protección de la naturaleza ni para asegurar la pervivencia de la vida en el planeta. Por eso, si bien toda afectación a la naturaleza afecta finalmente a los seres humanos, la justicia ecológica tiene como fin la restauración de los ecosistemas afectados, más que la indemnización o la reparación a los seres humanos como afectados por el daño ambiental. La justicia ecológica no impone sanciones como multas o compensaciones materiales propias de la justicia ambiental, puesto que por sí mismas no garantizan la restauración de los ecosistemas afectados. Más bien, “el criterio de justicia en este caso se centra en asegurar que las especies vivas puedan seguir sus procesos vitales, y

no en las compensaciones económicas” (Gudynas, 2011: 274). Así pues, la reparación debería consistir en la *restitutio in integrum* y, si no es posible, es necesaria una reparación protectora equivalente a los beneficios que el mundo natural tendría de no haberse producido el daño (Stutzin, 1985: 113).

Todo ello se traduce en limitaciones a la propiedad territorial en el ámbito del derecho civil: los propietarios no pueden perjudicar la biodiversidad ni la supervivencia de las especies. Pero además, el patrimonio sobre el mundo natural deja de ser absoluto y ahora está condicionado por el papel que las especies vivas desempeñan en la naturaleza, de manera análoga a la forma como la propiedad está limitada por una función social en los Estados sociales de derecho (Stutzin: 1985: 107). Asimismo, implica una tensión con los derechos de propiedad intelectual cuando se refieren al patentamiento de especies vivas, pues ante la ley estas tienen la calidad de sujetos de derechos, no de objetos propiedad de seres humanos (Zaffaroni, 2011: 135).

#### EL DIÁLOGO INTERCULTURAL

Los derechos de la naturaleza son un ejemplo de lo que Santos (2012: 39) denomina “híbridos jurídicos”:



© Daniel Machado. De la serie Homeless de Shibuya, 2008.

“conceptos o procedimientos en los que es posible identificar la presencia de varias culturas jurídicas”. En este caso, el concepto de derecho proviene de la cultura occidental, mientras que la naturaleza como sujeto, reconocida por la Constitución como Madre Tierra o Pacha Mama, tiene un origen indígena.

Para anular el abismo insalvable entre los dos enfoques en discusión, el antropocéntrico de la justicia ambiental y el biocéntrico de la justicia ecológica, se requiere un diálogo intercultural que reconozca que la naturaleza también es una construcción social. Las formas de concebir la naturaleza están mediadas por la cultura como entramado simbólico y, por ende, varían de una cultura a otra. Como argumenta Escobar (2000: 118), estos significados se expresan en usos y prácticas con el medio ambiente natural que pueden ser distintos a los de la sociedad moderna occidental. Los imaginarios locales de naturaleza contienen distintas concepciones de los seres humanos, de las otras entidades sociobiológicas e incluyen la dimensión espiritual.

Tales imaginarios pueden cuestionar los límites entre la cultura y la naturaleza, y entre lo terrenal y lo divino, afincados en la cultura moderna. Por ejemplo, de acuerdo con Atahualpa Oviedo (2012:

53), en la tradición andina no existe la idea de cosas, objetos o elementos inanimados, se considera que todo tiene vida. La dirigente indígena Nina Pacari (2009: 33-34) explica:

“Según la cosmovisión indígena, todos los seres de la naturaleza están investidos de energía que es el SAMAI y, en consecuencia, son seres que tienen vida: una piedra, un río (agua), la montaña, el Sol, las plantas, en fin, todos los seres tienen vida y ellos también disfrutan de una familia, de alegrías y tristezas al igual que el ser humano [...] en el mundo de los pueblos indígenas La Tierra no es sino *allpa-mama* que, según la traducción literal, significa madre-tierra. ¿Por qué esto de *allpa-mama*? Primero, hay una identidad de género: es mujer. Segundo, es lo más grande y sagrado, es la generadora de vida y producción; sin ella, caemos en la nada, simplemente somos la nada o no somos nadie, como dicen nuestros abuelos”

Siguiendo a Prada (2011: 228-229), las comunidades indígenas andinas asumen que la naturaleza es sagrada, no solo está viva sino que además

se le atribuye una voluntad para retirar el sustento que los seres humanos toman de ella cuando lo hacen de forma inadecuada. Por consiguiente, solo está permitido tomar de ella lo necesario para vivir, a fin de no ocasionarle daño. Así, la concepción de la naturaleza no está desligada de la cultura como en la perspectiva occidental sino, al contrario, mediada por el significado de la comunidad y la vida comunitaria. Es todo ello, en últimas, lo que fundamenta la concepción de la naturaleza como sujeto de derechos. En estas condiciones, el diálogo intercultural permitiría una labor de traducción de los distintos entramados de significado con que los diferentes grupos culturales revisitan la naturaleza y se relacionan con ella. Eso contribuiría a hacer más igualitarias las relaciones entre tales grupos, en tanto ninguna de sus concepciones jurídicas sobre la naturaleza sería impuesta sobre las otras.

Según Houtart (2011: 8), las dos posiciones provienen de matrices cognoscitivas muy distintas: la concepción andina y biocéntrica de los derechos de la Pacha Mama proviene de una matriz de pensamiento simbólico y holístico. En cambio, la visión antropocéntrica parte de un pensamiento analítico y, desde esta perspectiva, los derechos de la naturaleza funcionan como una metáfora pues, como se ha mencionado, aquí solo los seres humanos pueden ser sujetos de derecho. Empero, el diálogo entre ambos enfoques puede lograrse a partir de la “hermenéutica diatópica”, una forma de adelantar el diálogo intercultural, que implica la ubicación entre los dos lugares o *topoi* de las culturas. Es un procedimiento que responde a la pregunta de cómo entender los valores y concepciones de una cultura desde el *topos*, los valores y concepciones, de otra. Esto implica intentar situarse entre ambas, de ahí su carácter diatópico (dos lugares) (Panikkar, 1982: 77). Los derechos de la naturaleza se erigen con base en unos principios que pueden encontrarse, bajo otros símbolos, valores o significantes, en culturas distintas a las culturas indígenas andinas.

Según Santos (2002: 70), el diálogo intercultural se produce entre culturas diferentes que albergan sentidos incontrastables. Cada uno tiene entramados (*topoi*) fuertes, los cuales funcionan como lugares comunes o premisas para la argumentación y hacen posible la discusión, el intercambio de argumentos. Pero una condición para la interpretación es asumir el carácter incompleto de las culturas. Esta incompletud solo puede apreciarse desde la perspectiva del otro, pues el punto de vista propio está marcado siempre por la intención de erigir su propia identidad como la identidad de la totalidad.

En este sentido, el hermeneuta adopta una actitud de trascendencia de la propia cultura para ubicarse en el “entre” de las culturas. Según Tubino (2009: 166), “interpreta la visión del otro y, al hacerlo, la recrea desde su *topos* cultural, que no es estático sino que está simultáneamente en proceso de cambio”. Así planteada, la hermenéutica diatópica supone, concretamente, encontrar los equivalentes homeomórficos, la peculiar equivalencia funcional que desempeñan los valores en las redes de significación que forman las distintas culturas (Panikkar, 1982: 78).

Por ejemplo, mediante la hermenéutica diatópica es posible encontrar equivalentes homeomórficos para el concepto andino de Pacha Mama en la cultura occidental. Acosta (2012: 18) ha sugerido que los derechos de la naturaleza tienen antecedentes en el mundo occidental y principalmente en la ecología profunda, inspirada en teorías científicas como la “hipótesis Gaia”, que concibe el planeta Tierra como un sistema vivo, desarrollada por James Lovelock. De ello se desprende que el equilibrio vital de Gaia justifica el reconocimiento de la naturaleza como sujeto de derechos, porque todas las especies existentes tienen una función respecto a su desarrollo sistémico.

Pero la hermenéutica diatópica también brinda la posibilidad de comprender los límites y la incompletud de las concepciones que se ponen en diálogo. Por ejemplo, en la cultura occidental solo los seres humanos pueden constituirse en sujetos de derecho. Así, se privilegia el disfrute de la

naturaleza sobre la base de los derechos antes que los deberes. En cambio, desde la perspectiva andina se privilegian los deberes para con la Pacha Mama. El diálogo intercultural permite comprender que ambos horizontes de sentido son incompletos y pueden complementarse en ciertos aspectos.

Si se enfatizan solamente los derechos, no es posible salir de la perspectiva antropocéntrica e instrumental de la naturaleza que ha llevado a la actual crisis ambiental. Pero, como sugiere Gudyenas (2011: 268), si se asume radicalmente la perspectiva del deber y no del derecho sobre la naturaleza, se puede caer, antes que en una perspectiva biocéntrica donde lo central es la vida, en una visión donde se privilegie la naturaleza por encima de los derechos de los seres humanos.

Ahora bien, la forma de realizar el diálogo intercultural en el ejercicio de la justicia ecológica es mediante su institucionalización, con mecanismos tales como la conformación de tribunales con jueces de las distintas culturas implicadas y la existencia de traductores interculturales en los procesos jurídicos y judiciales, entre otros. Santos y sus

colegas (Santos, 2012: 41) sugieren que es conveniente trabajar en la composición de los tribunales constitucionales, de tal forma que reúnan expertos en los sistemas jurídicos de las distintas culturas que estén en capacidad de desarrollar un diálogo intercultural para decidir en situaciones de conflicto, así como en capacidad de traducción intercultural de los principios que guían los sistemas normativos. El resultado de estas prácticas y dispositivos puede ser la *interlegalidad*, un mayor conocimiento del funcionamiento de los horizontes de sentido en que se sustentan las distintas culturas jurídicas y su relación con la naturaleza, que promueva el mutuo aprendizaje entre ellas.

#### COROLARIO

La discusión sobre los derechos de la naturaleza reconocidos por la nueva Constitución ecuatoriana se ha polarizado en torno a dos enfoques excluyentes, el antropocéntrico, que desde la tradición jurídica occidental niega la posibilidad de reconocer la naturaleza como sujeto jurídico, y el



biocéntrico, que desde la cosmovisión indígena andina sustenta la naturaleza como un sujeto jurídico.

La cuestión fundamental no es justificar los derechos de la naturaleza a partir de los entramados de significado de las culturas indígenas o rechazarlos mediante argumentos de la tradición jurídica occidental. Ello equivaldría a imponer uno de los horizontes de sentido sobre el otro, lo cual implicaría vulnerar el principio de interculturalidad consagrado constitucionalmente.

El diálogo intercultural, mediante la hermenéutica diatópica, puede contribuir a una comprensión de los derechos de la naturaleza que trascienda esas posiciones aparentemente irreconciliables, puesto que implica partir de la incompletud del propio horizonte de sentido y abrirse al conocimiento del otro. Así se comprende que el horizonte de sentido de la cultura propia es incompleto, puede complementarse con ciertos elementos de la cultura ajena o, por lo menos, encontrar equivalentes homeomórficos que hagan posible su traducción. La institucionalización de este procedimiento va de la mano con la creación de mecanismos que faciliten el diálogo intercultural en las instancias administradoras de justicia.

## REFERENCIAS

- Abidin C y Lapenta V (2007). Derecho ambiental. Su consideración desde la teoría general del derecho. *Cartapacio de Derecho* 12:1-25.
- Acosta A (2011). Los derechos de la naturaleza. Una lectura sobre el derecho a la existencia. En Acosta A. y Martínez E. (comps.), *La naturaleza con derechos. De la filosofía a la política*. Abya Yala, Quito.
- Acosta A (2012). *Buen Vivir Sumak Kawsay. Una oportunidad para imaginar nuevos mundos*. Abya Yala, Quito.
- Ávila R (2011). El derecho de la naturaleza: fundamentos. En Acosta A. y Martínez E. (comps.), *La naturaleza con derechos. De la filosofía a la política*. Abya Yala, Quito.
- Botassi C (1997). *Derecho Administrativo Ambiental*. Ed. Platense, La Plata.
- Cafferata N (2007). Derecho, medio ambiente y desarrollo. En VVAA, *Derecho, medio ambiente y desarrollo* (pp. 65-104). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México.
- De los Ríos I (2007). Mecanismos de tutela del derecho al ambiente sano como derecho humano fundamental. En VVAA, *Derecho, medio ambiente y desarrollo* (pp. 221-230). Foro Consultivo Científico y Tecnológico, México.
- Escobar A (2000). El lugar de la naturaleza y la naturaleza del lugar: ¿globalización o postdesarrollo? En: Lander E. (comp.), *La colonialidad del saber: eurocentrismo y ciencias sociales*. CLACSO, Buenos Aires.
- Gudynas E (2011). Los derechos de la naturaleza en serio. Respuestas y aportes desde la ecología política. En Acosta A. y Martínez E (comps.), *La naturaleza con derechos*. De la filosofía a la política (pp. 239-286). Abya Yala, Quito.
- Gudynas E (2009). La dimensión ecológica del Buen Vivir. Entre el fantasma de la modernidad y el desafío biocéntrico. *Revista Obets* 4:49-53.
- Houtart F (2011). El concepto de Sumak Kawsai (buen vivir) y su correspondencia con el bien común de la humanidad. *Ecuador Debate* 84.
- Oviedo F y Atawallpa M (2012). El posmoderno Buen Vivir y el ancestral Sumakawsay. En Guillén A. y Phelan M. (eds.), *Construyendo el Buen vivir*. Pydlos, Cuenca.
- Pacari N (2009). Naturaleza y territorio desde la mirada de los pueblos indígenas. En Acosta, A. y Esperanza, M (comps.), *Derechos de la Naturaleza. El futuro es ahora*. Abya Yala, Quito.
- Panikkar R (1982). Is The Notion of Human Rights a Western Concept? *Diógenes* 30:75-102.
- Prada R (2011). El Buen Vivir como modelo de Estado y modelo económico. En Lang, M. y Mokrani, D. (eds.), *Más allá del desarrollo*. Abya-Yala-Fundación Rosa Luxemburgo, Quito.
- Ramírez R (2010). Socialismo del Sumak Kawsay o biosocialismo republicano. En Senplades (ed.), *Los nuevos retos de América Latina: socialismo y Sumak Kawsay* (pp. 55-76). Senplades, Quito.
- Santos B (2002). Hacia una concepción multicultural de los derechos humanos. *El Otro derecho* 28: 59-83.
- Santos B (2012). Cuando los excluidos tienen derechos. En Santos, B. y Grijalva, A. (eds.), *Justicia indígena, plurinacionalidad e interculturalidad en Ecuador* (13-50). Abya Yala, Quito.
- Stutzin G (1985). Un imperativo ecológico: reconocer los derechos de la naturaleza. *Ambiente y Desarrollo* 1: 97-114.
- Tubino F (2009). Aportes de la hermenéutica diatópica al diálogo intercultural sobre los derechos humanos. En Monteagudo, C. y Tubino, F. (Eds.), *Hermenéutica en Diálogo. Ensayos sobre alteridad, lenguaje e interculturalidad* (pp. 155-179). OEA-OEI-PUCP, Lima.
- Zaffaroni E (2011). La Pachamama y el humano. En Acosta, A. y Martínez, E. (comps.) *La naturaleza con derechos. De la filosofía a la política*. Abya Yala, Quito.

# Descubriendo las MATEMÁTICAS

José Antonio **González Oreja**

## PLANTEAMIENTO Y EXPECTATIVAS

*Tú y yo –todos nosotros– podemos explorar el mundo interior y el mundo exterior mucho más de lo que pensamos. Muchos de nosotros cerramos las puertas demasiado pronto. Este libro está dedicado a todos aquellos que están deseando abrir las puertas cerradas, y abrir aún más las que ya están abiertas. [S. K. Stein]*

Así da inicio *Strength in Numbers. Discovering the Joy and Power of Mathematics in Everyday Life*, el libro que Sherman K. Stein (1996) escribió para “difundir el evangelio de las matemáticas”. Y lo hizo convencido de que (casi) cualquiera puede entender y disfrutar de las matemáticas si está dispuesto a explorar –con curiosidad, diligencia e inteligencia– el mundo que nos rodea. La obra está dividida en tres secciones. La I, “Sobre las matemáticas”, muestra cómo podemos protegernos de ciertos abusos en el uso de los números,<sup>1</sup> destruye algunos mitos sobre las matemáticas y sus estudiosos, o esboza sus aplicaciones a la vida real. En la II, “De la Prepa (*Highschool*) al Kinder”, podemos encontrar algunas ideas frescas sobre el teorema de Pitágoras, el número  $\pi$  (pi), o la representación gráfica de ecuaciones. En fin, la III, “Más y más cerca”, es una invitación al cálculo.

No hace falta ser muy ducho con las matemáticas para concluir que han pasado ya 20 años desde la publicación del libro de Stein que ahora nos ocupa. Siendo así, ¿por qué prestar nuestra atención a un libro que, por decirlo suavemente, no es de los más recientes?

Elementos es una revista que está dedicada a la divulgación científica, y el texto que ahora nos ocupa ahonda, y con razón, en la necesidad de expandir el conocimiento matemático para contribuir a erradicar la falta de cultura numérica que caracteriza a nuestra sociedad. Es más, las reflexiones matemáticas de Stein no tienen fecha de caducidad, no creemos necesario que un libro sea de los más recientes para que podamos hablar de él.

En total, 32 capítulos de factura heterogénea que a veces se tornan algo repetitivos (como en las muchas explicaciones ligadas al concepto de serie), pero generalmente de lectura entretenida.

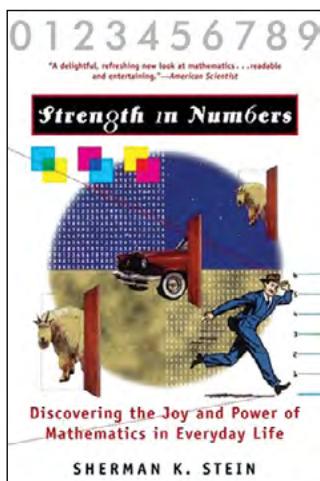
#### **SOBRE LAS MUCHAS FACETAS DE LAS MATEMÁTICAS**

Para Stein las matemáticas son como el elefante descrito por tres sabios ciegos de la India: si nuestros conocimientos matemáticos se reducen a ejecutar cálculos aritméticos, entonces las matemáticas serán solo una herramienta; pero si somos capaces de utilizarlas para describir la fuerza de gravedad o la geometría de los cromosomas, entonces serán como el lenguaje del universo; o, tras completar un curso de geometría o cálculo, podrán convertirse en un medio para desarrollar nuestras capacidades en estudios superiores. Y hay muchas otras formas de sentir al elefante que son las matemáticas: si alguna vez percibimos la belleza que albergan sus descubrimientos y razonamientos, serán para nosotros también un arte; si pensamos en sus preguntas aún sin resolver, podremos compararlas con las regiones de la Tierra que todavía no han sido exploradas.

Para el autor de *Strength in Numbers*, de entre todas las materias las matemáticas pueden ser las que mejor se enseñen... o las que peor (lo que, desgraciadamente, es mucho más frecuente). De hecho, entre las razones que explican por qué está tan extendida esa variante matemática del analfabetismo que Paulos (1988) llamó *anumerismo*, cabe

incluir la mala formación de los profesores de matemáticas. Pues, como apuntó Alsina (2008), incluso eminentes matemáticos han dejado clara su aversión a la enseñanza (como Hardy, quien dijo: “Odio enseñar”), aunque también ha habido figuras opuestas (vg., Poisson: “La vida es buena sólo por dos motivos: Para descubrir matemáticas y para enseñarlas”). En la enseñanza de las matemáticas todo debe tener sentido, pues si no comprendemos todos los pasos dados no podremos estar seguros de qué significan los símbolos con los que estamos trabajando. De la mano de un buen profesor, los estudiantes pueden realizar sus propios descubrimientos y encontrar muchos de los principios básicos que rigen el comportamiento de los números. En realidad, aprender matemáticas difiere en mucho de aprender otras ramas del saber. Cuando estudiamos, por ejemplo, la estructura del átomo, la anatomía de la célula, o la historia de Puebla en el siglo XIX, debemos confiar en quienes han generado el conocimiento; pero nada debe interponerse entre el estudiante de matemáticas y los conceptos e ideas que pretende aprehender.

En el capítulo 4 se nos advierte de algunos peligros que pueden desprenderse de la mera cuantificación; es decir, de la asociación de un único número con un concepto que puede ser de carácter multidimensional. Y nos recuerda Stein que esta es una costumbre muy extendida que puede conducir a resultados sin sentido y, quizás, dolorosos. El ejemplo de la inteligencia, “medido” muchas veces con el IQ, permite ilustrar el concepto de variable multidimensional que no puede expresarse propiamente con un simple número.



**Figura 1.** Portada. Stein SK. 1996. *Strength in Numbers. Discovering the Joy and Power of Mathematics in Everyday Life*. John Wiley & Sons, New York. 272 pp.

Creo que sigue siendo una lectura pertinente la obra de Gould (1981) sobre las formas (falaces) de “medir” la inteligencia (i.e., unidimensionalmente). Acerca del carácter multidimensional de la inteligencia, véase Armstrong (2009) o Gardner (2011). Es posible que el lector, a pesar de eso, quiera seguir poniendo a prueba su “inteligencia”; entonces, el libro de Carter (2008) es muy recomendable. En fin, para saber más sobre el origen evolutivo y el posible futuro de la inteligencia humana, ligado a un cerebro grande, véase el libro de Lynch y Granger (2008).

El capítulo 6 de *Strength in Numbers* desmiente algunas de las muchas ideas preconcebidas sobre el mundo de las matemáticas. Por ejemplo: (1) Hay un gen para las matemáticas. (2) No hay nada nuevo bajo el sol en el mundo de las matemáticas. (3) Todo lo que un matemático hace se limita a estudiar los números. (4) Los matemáticos alcanzan la cumbre de sus carreras profesionales antes de cumplir los 30 años. O, (5) no existe un Premio Nobel de matemáticas por cierto “asuntillo de faldas” entre un matemático y la esposa de Alfred Nobel. Todas estas creencias (falsas), y muchas otras, son parte del folklore que rodea no solo a las matemáticas, sino a muchas otras ramas del saber.<sup>2</sup> Contrástese con la sobria afirmación de Stein: “Cuando un teorema matemático se muestra sobre un pedazo de papel en mi escritorio, no hay nada más entre él y yo. De ahí, ningún mito espurio puede surgir y tomar vida propia”.

Más adelante, Stein explora las raíces de la invención. ¿Curiosidad o necesidad? Según Stein, lo que lleva a desarrollar grandes inventos es el impulso por responder a una pregunta, por explorar lo desconocido; i.e., la curiosidad. La Parte I se cierra con una reflexión sobre qué debería primar en la formación matemática de los estudiantes: ¿las habilidades de cálculo o la comprensión de la lógica del problema? No es una pregunta trivial, pues muchas veces se ha apostado por lo uno o lo otro, sin fundamento. Eso sí, la solución de Stein no acaba de convencerme. Para él, la forma de terminar con la vieja batalla pasa por explorar la naturaleza dual de las matemáticas y ofrecer tanto cursos dedicados al cálculo como otros enfocados al aparato conceptual y a la resolución de problemas. He sido profesor de materias relacionadas con la parte conceptual de la ecología y, también, de cursos más cuantitativos. Y lo cierto es que, una vez superado el curso teórico, los alumnos generalmente olvidaban su contenido; por lo que, para enfrentarse al aparato matemático necesario para resolver ciertos problemas, era necesario “invertir” gran cantidad de tiempo recordando sus bases conceptuales. Opino que la docencia de las matemáticas, o de cualquier otra ciencia, debería abordarse a la vez desde puntos de vista complementarios, tanto teóricos como cuantitativos.

## **PINCELADAS MATEMÁTICAS**

### **PARA TODOS LOS PÚBLICOS**

La Parte II del libro *Strength in Numbers* recorre caprichosamente ciertas áreas de las matemáticas. En el capítulo 14, Stein nos recuerda que, quien se enfrenta a un libro de matemáticas debe estar seguro de que entiende todos los pasos y debe prestar a cada uno de ellos la máxima atención, pues el estudio de las matemáticas requiere de perfección. En el capítulo 15 se enfrenta a la tarea de leer y comprender números grandes que parecen estar más allá de los límites del razonamiento. Aparecen aquí herramientas que nos facilitan



el trabajo, como la notación exponencial, y viejos conocidos, como el googol (un número grande:  $10^{100}$ ) y el *googolplex* (un número aún más grande:  $10^{\text{googol}} = 10^{10^{100}}$ ). En realidad, ambos están tan lejos del infinito como el 1... aunque ciertamente son más grandes que otros con los que estamos más o menos relacionados. Por ejemplo, el número de átomos del cuerpo humano está próximo a 1028, y el número total de partículas elementales en el Universo observable se acerca a  $10^{80}$ . Aunque no tiene mucho sentido, podemos escribir un googol sin muchos problemas. Pero tratar de escribir un *googolplex* (sin usar la notación exponencial, se entiende) es una empresa condenada al fracaso (Sagan 1980): una hoja de papel lo suficientemente grande como para poder escribir en ella explícitamente todos los ceros de un *googolplex* no cabría en el universo conocido. Cabe añadir que se han propuesto otros números grandes, como el *googolduplex*<sup>3</sup> (a.k.a., *googolplexian*, *googolplexplex*, *googolplusplex* y otras “lindezas” similares), que es considerado hoy día como el

número más grande con nombre propio:  $10^{\text{googolplex}} = 10^{10^{\text{googol}}} = 10^{10^{10^{100}}}$ . Por cierto que el número *googol* sirvió de “inspiración” a Larry Page y Serguéi Brin para dar nombre a Google, la exitosa compañía especializada en productos y servicios relacionados con Internet, dispositivos electrónicos y otras tecnologías.<sup>4</sup> Sus “cuarteles generales” en Santa Clara, California, se llaman *Googleplex* (un juego de palabras derivado de *Google* y *complex*, y una referencia al número *googolplex*). En todo caso, por encima de estos números “grandes” se encuentra la jungla infinita de números enteros, un reino que aún atesora habitantes que podrían permanecer siempre ocultos, lejos de los matemáticos más obstinados.

En el resto de la Parte II, Stein nos demuestra que todos podemos pensar de modo matemático: ordenadamente, por pasos, sin prisas por llegar al final, y con las ideas claras. Además, nos recuerda los principios básicos de las cinco operaciones que podemos hacer con dos números (si representamos por  $a$  y  $b$  dos números cualesquiera, podemos sumarlos, restarlos, multiplicarlos o dividirlos:  $a+b$ ,  $a-b$ ,  $a \times b$ ,  $a/b$ , respectivamente;



© Daniel Machado. De la serie Homeless de Shibuya, 2008.

además, si  $b$  es un número entero, podemos multiplicar  $a$  por sí mismo  $b$  veces:  $a^b$ ). Más adelante introduce el concepto de serie y nos enseña cómo determinar si la suma de sus términos es finita o infinita, animando al lector a que aplique lo aprendido. Aquellos que sigan teniendo dificultades con las fracciones harían bien en leer el capítulo 20, que nos guía a través de los números racionales. Y quienes quieran explorar el país de los números más allá del reino de las fracciones pueden atreverse con el capítulo 21 y avanzar a través de los números irracionales, como la raíz cuadrada de 2 (i.e.,  $\sqrt{2}$ ). La invitación es esta: si  $\sqrt{2}$  no tiene un número finito de posiciones decimales, ¿qué clase de bestia salvaje puede ser? Ciertos números irracionales son bien conocidos, como el que describe la relación que hay entre la circunferencia de un círculo y su diámetro:  $\pi$ . Habita también la Parte II del libro de Stein el teorema de Pitágoras, que recibe su nombre en honor al filósofo y matemático de Samos, quien vivió en los siglos VI-V AEC. Ahora bien, hay evidencias de que la relación que existe entre los tres lados de un triángulo rectángulo era conocida por sabios de

Babilonia y de China más de mil años antes de que Pitágoras diera con la prueba que pasó a la historia de las matemáticas tras ser incluida en los Elementos de Euclides. Véase, también, el capítulo “El teorema de Pitágoras” del libro de Paulos (1991). Como quiera que sea, Stein aplica el teorema a responder preguntas como esta: “Desde la cumbre de una montaña, ¿qué tan lejos puedes ver de la superficie de la Tierra?”. También aparecen las representaciones gráficas de las funciones que fueron posibles solo tras la fusión del álgebra y la geometría lograda por Descartes y Fermat en el siglo XVII. Y se cierra esta sección con un nuevo vistazo a las matemáticas del kínder, que nos lleva a cuestionar, de la mano del genial matemático Cantor, si los conjuntos de tamaño infinito son, todos, de la misma magnitud. La respuesta que dio Cantor conmocionó el mundo de las matemáticas y la lógica del siglo XX, tal y como ocurrió con el descubrimiento de los números irracionales entre los sabios de la Antigua Grecia.<sup>5</sup>

## CERCA DEL FIN

La Parte III y última de *Strength in Numbers* se centra en algunos temas más avanzados. Entre ellos, por qué hay que ser cauto al intentar dividir cero entre cero; o cómo determinar la pendiente de una curva en un punto cualquiera; o cómo obtener el área de un polígono irregular, o de una figura curva. Ya Arquímedes fue capaz de aproximar el área bajo una curva, pero la respuesta exacta tuvo que esperar a Fermat. La Parte III es, obviamente, una invitación al cálculo, el estudio matemático de las cantidades sometidas al cambio. A pesar de que el cálculo fue “inventado” de modo independiente por Newton y Leibniz en el siglo XVII, sigue siendo una rama de las matemáticas en constante aplicación en el mundo del siglo XXI.

En el capítulo 32, que cierra el libro, el autor abandona la cautela que había mantenido desde el principio al no imponer su opinión sobre ciertas demostraciones matemáticas, y presenta una prueba que califica, sin dudarlo, como bella. ¿Por qué una demostración matemática puede ser bella? En palabras del autor: primero, se trata de una explicación con un fuerte componente visual; además, es breve; y, una vez que ha captado nuestra atención, resulta tan memorable como una sinfonía de Mozart, como si hubiera estado esperando en el cielo desde el principio de los tiempos a que alguien la descubriera y la trajera a la Tierra. Igualmente, Paulos (1991) observa que la belleza de una demostración está relacionada con su elegancia y brevedad, pues una demostración torpe introduce consideraciones extrañas y acaba por resultar enrevesada y redundante. Así pues, en matemáticas, como en el arte o en la música, también hay lugar para los gustos.

## REFERENCIAS

- Alsina C (2008). *El Club de la Hipotenusa. Un paseo por la historia de las matemáticas a través de sus anécdotas más divertidas* (171 pp.). Ariel, Barcelona.
- Armstrong T (2009). *Multiple Intelligences in the Classroom* (246 pp.). ASCD, Alexandria.

- Best J (2013). *Stat-Spotting. A Field Guide to Identify Dubious Data* (146 pp.). University of California Press, Berkeley.
- Carter P (2008). *Advanced IQ Tests* (202 pp.). Kogan Page, London and Philadelphia.
- Gardner H (2011). *Frames of Mind. The Theory of Multiple Intelligences* (467 pp.). Basic Books, New York.
- Gould SJ (1981). *The Mismeasure of Man* (448 pp.). WW Norton & Co., New York.
- Lynch G, Granger R (2008). *Big Brain. The Origins and Future of Human Intelligence* (259 pp.). Palgrave Macmillan, New York.
- Paulos JA (1988). *Innumeracy. Mathematical Illiteracy and Its Consequences* (208 pp.). Vintage Books, New York.
- Paulos JA (1991). *Beyond Numeracy. Ruminations of a Numbers Man* (285 pp.). Alfred A. Knopf, New York.
- Sagan C (1980). *Cosmos* (365 pp.). Random House, New York.
- Stein SK (1996). *Strength in Numbers. Discovering the Joy and Power of Mathematics in Everyday Life* (272 pp.). John Wiley & Sons, New York.

## NOTAS

- <sup>1</sup> Y es que los números, que parecen tan distantes, desprovistos de controversia y “fríos” (*cool*), pueden volverse “calientes” (*hot*): ser elásticos, cambiar fácilmente y despertar nuestro miedo en forma de supersticiones absurdas (como la que rodea, por ejemplo, al número 13). Para saber más sobre los *cool* y los *hot numbers*, véanse los capítulos 2 y 3 del libro de Stein. Ahora bien, una vez que se han aclarado ciertos detalles, los *hot numbers* dejan de acarrear esas connotaciones emocionales y ya no tienen más valor que un *cool number* cualquiera. Se trata, obviamente, de aplicar procedimientos básicos de pensamiento crítico: revisar las definiciones, las preguntas realizadas, las premisas ocultas... Véase Best (2013).
- <sup>2</sup> La faceta más pintoresca y anecdótica de las matemáticas queda bien tratada en el ameno libro de Alsina (2008).
- <sup>3</sup> Véase [https://en.wikipedia.org/wiki/Names\\_of\\_large\\_numbers](https://en.wikipedia.org/wiki/Names_of_large_numbers) y <http://www.googolplex.com/>.
- <sup>4</sup> Véase <https://es.wikipedia.org/wiki/Google> y <https://es.wikipedia.org/wiki/Googolplex>.
- <sup>5</sup> Alsina (2008) recuerda que Hipaso de Metaponto, de la Escuela Pitagórica, puso en evidencia a su maestro al percatarse de que la diagonal de un cuadrado y el lado de este no podían expresarse como múltiplos de una unidad. Mientras que Pitágoras creía (inocentemente) que con solo números enteros y sus fracciones se podía describir todo el Universo, Hipaso comprendió que esto no era cierto. Lo que realmente condenó a Hipaso no fue este descubrimiento *per se*, sino romper el código de silencio por el que se regía la mística Escuela Pitagórica y divulgar la existencia de estos nuevos números al exterior.

**José Antonio González Oreja**  
**Escuela de Biología, BUAP**  
**Puebla, México**  
**[jgonzorj@hotmail.com](mailto:jgonzorj@hotmail.com)**

# La vida en OCHO patas ¿quiénes son las ARAÑAS?

**Irma Gisela Nieto-Castañeda**  
**Gerardo Trujano-Huerta**

Cuando escuchamos la palabra araña lo primero que se nos viene a la mente es que son animales terroríficos, con grandes patas, muy peludos y venenosos. No obstante, resulta muy interesante que a pesar de que casi todas las arañas producen veneno, menos del 10% pueden causar daños severos en la salud humana. En una clase de evolución, un profesor explicaba que sentir repulsión por cualquier organismo que sea muy diferente al humano es normal. Quizá el punto medular de este sentir generalizado sea reflejo del poco conocimiento que se difunde acerca de estos sorprendentes organismos, a pesar de que han estado presentes en diferentes culturas como representantes de la vida, la fertilidad, la muerte o la destrucción, plasmadas en vasijas, códices, joyería y vestimenta en diferentes regiones de Mesoamérica (Foelix, 2011); o bien, utilizadas como alimento asadas o preparadas en salsa.

## **RECONOCIENDO A LAS ARAÑAS**

Las arañas son de tamaños muy variados, van desde pocos hasta casi 30 centímetros de longitud corporal; en algunas especies los machos pueden ser más pequeños que las hembras y, en general, pueden vivir entre dos y 20 años (Cushing, 2005).

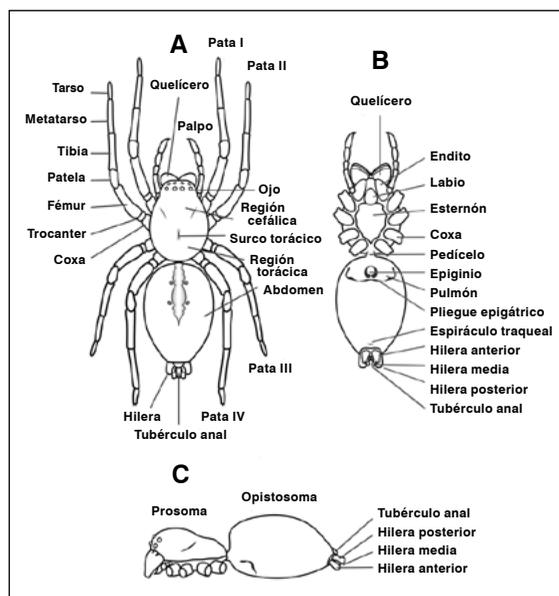
Estos animales presentan su cuerpo dividido en dos regiones, el prosoma o cefalotórax y el opistosoma o abdomen, ambas unidas por una estructura tubular muy fina llamada pedicelo (Figura 1 B y C). Las funciones del prosoma son la locomoción, la captura de alimento, la producción de veneno y la integración nerviosa, mientras que en el opistosoma se realizan la digestión, circulación, respiración, excreción, reproducción y producción de la seda (Cushing, 2005; Foelix, 2011).

El prosoma está cubierto dorsalmente por un caparazón duro que a menudo lleva un surco medio, el cual sirve de apoyo a la musculatura dorsal. En la parte anterior se encuentran los ojos que siempre van pareados (1 a 4) o están ausentes (Figura 1 A y C). En esta región se insertan seis pares de extremidades: un par de quelíceros, un par de pedipalpos (que son más pequeños que las patas) y cuatro pares de patas. En la parte ventral del prosoma se localizan las piezas bucales que incluyen dos enditos y un labio, que se localizan frente a los quelíceros, conformados por tejido blando como base y en su parte distal un colmillo por donde se inyecta el veneno (Figura 1 B y C; Cushing, 2005; Foelix, 2011).

El opistosoma es de textura suave y elástica. En su región ventral se localizan uno o dos pares de pulmones en libro, un pliegue llamado epigástrico donde se encuentran los órganos sexuales (solo en los adultos). En la parte distal del opistosoma se encuentran las hileras que son las encargadas de producir y excretar seda (Figura 1 B; Cushing, 2005; Foelix, 2011).

#### LA ARAÑA DONDE QUIERA ES ARAÑA

Las arañas se ubican dentro del filo Arthropoda, que significa patas articuladas, en el subfilo Chelicerata, que indica que poseen artejos que asemejan “pinzas” para capturar y/o paralizar a sus presas, y en la clase Arachnida junto con los escorpiones, pseudoescorpiones, solífugos, vinagrillos, uropígidos, amblipígidos, opiliones y ácaros.

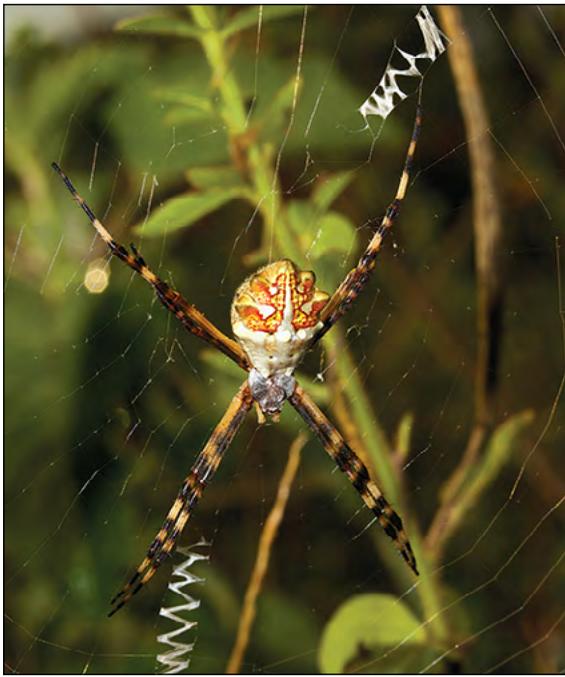


**Figura 1.** Anatomía externa de una araña: A, vista dorsal; B, vista ventral y C, vista lateral. Modificado de Bradley y Buchanan, 2013.

Tienen en común el carecer de alas y antenas, poseer cuatro pares de patas y tener el cuerpo dividido en dos regiones (Levi y Levi, 1990). Finalmente, las arañas pertenecen al orden Araneae, ipero todavía falta más! porque se subdivide en los subórdenes Mesothelae, Mygalomorphae y Araneomorphae. El primero está representado por un solo género que se localiza al sureste de Asia y se caracteriza por presentar el abdomen segmentado, dos pares de pulmones en libro y las hileras en la parte posterior del cuerpo; el segundo suborden es donde se encuentran las tarántulas y se caracteriza por la presencia de dos pares de pulmones en libro y por el movimiento paralelo de los quelíceros; el tercero abarca más del 80% de las arañas y se distingue por poseer un par de pulmones en libro y sus quelíceros que se mueven en oposición uno a otro (Cushing, 2005).

#### TEJEDORAS EXTRAORDINARIAS Y EL USO DE LA SEDA

Una peculiaridad de las arañas es la producción de hilos de seda, que están constituidos por diferentes tipos de proteínas con diversos grados de complejidad química y estructural, lo que permite que las arañas puedan elaborar hasta siete variedades de seda. Esta se almacena en estado



**Figura 2.** Araña de plata con un patrón de zigzag en su telaraña en órbitas.

líquido en las glándulas que se conectan con las hileras, pero cuando la excretan se torna en una consistencia fibrosa, altamente elástica y resistente (Craig, 2003). Dichas propiedades han permitido proponerla en la medicina como una alternativa orgánica para microsuturas, implantes, regeneración de tejidos, entre otras aplicaciones (Jain, 2016), así como en la fabricación de textiles y chalecos antibalas.

A pesar de que todas las arañas tienen la capacidad de producir seda, no todas la ocupan en las diferentes etapas de su vida. El primer momento en que las utilizan es al final del desarrollo embrionario, cuando emergen del huevo y comienzan a arrojar múltiples y largos hilos de seda, que al más leve contacto con el viento las eleva y las dispersa en el medio ambiente, asemejando pequeños globos (Cushing, 2005).

Posteriormente, conforme van avanzando en sus etapas de desarrollo, algunas de ellas (cerca de la quinta parte de las especies en el mundo) construyen telas de diferentes formas y tamaños que se relacionan con la estrategia de caza e inmovilización de sus presas. Las telarañas más comunes son las de órbitas (Figura 2), que pueden

estar adornadas con un patrón de zigzag (Figura 4); otro tipo son las galerías, que son tubos interconectados que asemejan varias sábanas unidas (Figura 5).

Otro uso muy importante que le dan a la seda es durante el cortejo, ya que algunos machos amarran con hilos de seda a la hembra para que no se los coma durante la cópula. Después de la reproducción, la hembra envuelve los huevos fecundados para protegerlos de la intemperie, hasta que dentro de ellos se complete todo el desarrollo del embrión (Cushing, 2005; Foelix, 2011). Finalmente, durante toda su vida adornan con hilos de seda los rincones que recorren.

#### **VENENOS EN LA AGRICULTURA Y EN LA SALUD**

De las más de 46,000 especies de arañas descritas, menos del 1% carecen de glándulas de veneno (World Spiders Catalog, 2016), el resto de ellas produce venenos que tienen como función paralizar a sus presas y a sus depredadores sin causarles la muerte. No obstante, han surgido propuestas interesantes para producir bioinsecticidas a base de veneno de araña, y utilizarlos en el control de insectos plaga de diferentes cultivos y de insectos vectores de enfermedades como la malaria. Estos productos prometen ser muy eficaces, no dejan residuos tóxicos y no dañan a los vertebrados, incluido el hombre (King y Hardy 2013).

Por otro lado, en nuestro país existen reportadas, hasta el momento, dos especies de arañas que pueden provocar daños severos a nuestra salud e incluso la muerte; se trata de la araña violinista (*Loxosceles reclusa*) y de la viuda negra (*Latrodectus mactans*). El veneno de la primera es tóxico para muchas células y provoca la muerte prematura de glóbulos rojos; el de la segunda puede causar daños severos en el corazón (Magnelli y cols., 2016), demandando atención médica inmediata y especializada. Por otro lado, los tratamientos para la picadura de las arañas que no causan daños graves, van de una sencilla



**Figura 3.** Araña linca comiéndose un insecto.

desinfección con agua y jabón a la aplicación de hielo y el uso de analgésicos y antihistamínicos.

En contraparte, gracias a la especificidad molecular de los venenos, se ha propuesto su uso como potenciales agentes terapéuticos y medicinales que van desde analgésicos hasta considerarlos parte del tratamiento de enfermedades como cáncer y derrames cerebrales (Klint y cols., 2012; Pineda y cols., 2014).

### **SU IMPORTANCIA EN LOS ECOSISTEMAS**

Las arañas, después de los escarabajos, mariposas, hormigas, moscas, chiches y ácaros, ocupan el séptimo lugar con el mayor número de especies animales conocidas en el mundo; de hecho, son entre ocho y quince veces más abundantes y diversas que todos los vertebrados del planeta (New, 1999). A pesar de ello, su riqueza es prácticamente inexplorada, pues aun con las más de 46,000 especies conocidas en el mundo, todos los días se describen decenas de especies nuevas para la ciencia (World Spider Catalog, 2016). Para México se han reportado cerca de 2,295 especies, cifra que representa menos de la cuarta parte de lo que podría albergar nuestro país (Francke, 2014).

Esta gran diversidad de especies se debe a que viven prácticamente en todo el planeta, desde lugares muy fríos (islas del Ártico) hasta regiones

muy cálidas como los desiertos; desde el nivel del suelo, entre la hojarasca, por debajo de rocas y en oquedades de todo tipo, en diferentes estratos vegetales que incluyen hierbas, arbustos y árboles (Figura 3); ocupando así una variedad muy amplia de hábitats, con horarios de actividad diaria y estacional propios de cada especie (Foelix, 2011; Jiménez y cols., 2015). Aunado a ello, poseen estrategias de caza que están relacionadas con las diferentes formas de su tela; por ejemplo, las tejedoras de redes en órbitas y las de sábanas con galerías e irregulares, esperan pacientemente a que su presa quede atrapada en ellas; por su parte, las emboscadoras persiguen activamente a su presa hasta atraparla; en ambos casos la muerden para inyectarle el veneno, posteriormente la envuelven con hilos de seda para comérsela en ese momento o más tarde (Cardoso y cols., 2011, Foelix, 2011).

El alimento de las arañas es muy variado, ya que pueden cazar una diversidad muy amplia de insectos, regularmente de su mismo tamaño: colémbolos, otras arañas, lombrices de tierra y pequeños vertebrados (Figura 3). Asimismo, son alimento de diferentes animales como roedores, murciélagos, aves, lagartijas y serpientes. Al ocupar hábitats tan diversos en diferentes ambientes, sin lugar a duda son indispensables en el funcionamiento de las redes tróficas y la estructura de las comunidades de todos los ecosistemas.

### **LAS ARAÑAS EN UN ECOSISTEMA EN DETERIORO: LAS SELVAS SECAS**

Las arañas, al igual que el resto de la biodiversidad, se encuentran amenazadas y muchas de ellas en peligro de extinción debido a la explotación inmoderada de los recursos naturales; algunas regiones, como es el caso de las selvas secas, resultan más impactadas que otras.

Estos ecosistemas representan el segundo tipo de vegetación más abundante del planeta, cubriéndolo en un 42%; además, albergan un gran número de especies endémicas (especies únicas) que se ve reflejado en las diferentes formas de vida y grupos funcionales. No obstante, alrededor

de un 78% de esta cobertura ha sido transformada por diferentes actividades antropogénicas (Miles y cols., 2006). En nuestro país, las selvas secas ocupan cerca 16.5 millones de hectáreas (11.26%) de la superficie nacional y se distribuyen en la vertiente del Pacífico de México, desde el sur de Sonora y suroeste de Chihuahua, hasta Chiapas. Existen pequeñas porciones en el extremo sur de la península de Baja California y en el norte de la península de Yucatán. Generalmente se encuentran desde el nivel del mar hasta los 1,500 msnm, aunque ocasionalmente pueden llegar hasta 1,900 msnm en territorios de extrema sequedad. Se ha estimado que hemos perdido cerca de 10 millones de hectáreas y más del 50% se encuentran con algún grado de deterioro y, por ende, con gran pérdida de biodiversidad.

A pesar de ello, las arañas han sido pobremente estudiadas en estas regiones, la mayoría de los trabajos versan en dar listados de especies, describir patrones de distribución espacio-temporal de la biodiversidad y en comprender la compleja relación de la estructura de las comunidades con los microhábitats y microclimas que ocupan tanto en zonas conservadas como en regiones perturbadas en los estados en las penínsulas de Baja California y Yucatán, así como en los estados del sur de México (Nieto-Castañeda y cols., 2014; Jiménez y cols., 2015). Sin embargo, estos estudios son insuficientes, pues tan solo del estado de Oaxaca, donde predominan las selvas secas, se conocían 14 especies y actualmente se han encontrado cerca de 150, lo que representa cien veces más de lo reportado previamente; por si fuera poco, alrededor del 70% de estas especies son nuevas para la ciencia, indicando así lo mucho que falta por conocer de la aracnofauna del estado y de nuestro país.

Por ello es urgente focalizar esfuerzos para su estudio, en particular en estos ecosistemas, y de esta manera construir propuestas sólidas para comprender más sobre la dinámica de la estructura de estas comunidades y su relación con el resto de la biodiversidad con el fin de construir programas de conservación más completos.

## CONSIDERACIONES FINALES

Las arañas son un grupo de organismos fascinante e indispensable en los ecosistemas terrestres, reflejo de la gran diversidad y dinámica tan compleja que presentan (Cardoso y cols., 2011) y de la estrecha relación que guarda con el hombre en aspectos como la cultura, la agricultura y hasta en la salud. Bien vale la pena admirarlas, conocerlas y estudiarlas para comprender aún más sus características, los ecosistemas de los que forman parte y su relación con otras formas de vida, en un mundo cambiante donde la pérdida de recursos naturales hace urgente la toma de decisiones basada en indicadores robustos que beneficien a nuestras sociedades y a toda la biodiversidad.

*Agradecemos a Heriberto Nicolás Lavariega por su trabajo de fotografía y a Joel Ricci López por la elaboración del esquema.*

## R E F E R E N C I A S

- Cardoso P, TL Erwin, PAV Borges y TR New (2011). The seven impediments in invertebrate conservation and how to overcome them. *Biological Conservation* 144:2647-2655.
- Craig CL (2003). *Spiderwebs and silk: tracing evolution from molecules to genes to phenotypes*. Oxford University Press. Estados Unidos de América.
- Cushing PE (2005). Introduction. En Ubick D, P Paquin, PE Cushing y V Roth (Eds.), *Spiders of North America: an identification manual* (pp. 1-17). American Arachnological Society. Estados Unidos de América.
- Foelix RF (2011). *Biology of spiders*. 3a edición. Oxford University Press. Estados Unidos de América.
- Francke OF (2014). Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:408-418.
- Jain A (2016). Spider silk in medicine. *Young Scientists Journal* 18(36):27-46.
- Jiménez ML, IG Nieto-Castañeda, MM Correa-Ramírez y C Palacios-Cardiel (2015). Las arañas de los oasis de la región meridional de la península de Baja California, México. *Revista mexicana de biodiversidad* 86(2):319-331.



© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

King GF y MC Hardy (2013). Spider-venom peptides: structure, pharmacology, and potential for control of insect pests. *Annual Review of Entomology* 58:475-496.

Kliint JK, S Senff, DB Rupasinghe, SY Er, V Herzig, GM Nicholson y GF King (2012). Spider-venom peptides that target voltage-gated sodium channels: pharmacological tools and potential therapeutic leads. *Toxicon* 60(4):478-491.

Levi HW y LR Levi (1990). *Spiders and their kin*. Golden Press. Estados Unidos de América.

Magnelli LM, HE Peña, GA Castillo y CR Ortiz (2016). Loxoscelismo local y sistémico. *Acta Médica Grupo Ángeles* 14(1):36.

Miles L, AC Newton, RS DeFries, C Ravilious, I May, S Blyth, V Kapos y JE Gordon (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forest. *Journal of biogeography* 33:491-505.

New RT (1999). Untangling the web: spiders and the challenges of invertebrate conservation. *Journal of Insect Conservation* 3: 251-256.

Nieto-Castañeda, IG, L Pérez-Miguel y AA García-Cano (2014). New records of spiders (Arachnida: Araneae) from the Balsas Basin in central Mexico. *The Southwestern Naturalist* 59(3):426-430.

Pineda SS, EA Undheim, DB Rupasinghe, MP Ikononopoulou y GF King (2014) Spider venomics: implications for drug discovery. *Future Medicinal Chemistry* 6(15):1699-1714.

Wise DH (1995). *Spiders in ecological webs*. Cambridge University Press. Estados Unidos de América.

World Spider Catalog (2016). World Spider Catalog. Natural History Museum Bern. Recuperado de: <http://www.WorldSpidersCatalog>, 2016.nmbe.ch, versión {17.5}

**Irma Gisela Nieto-Castañeda**  
**Gerardo Trujano-Huerta**  
**Universidad del Mar, campus Puerto Escondido**  
**Oaxaca, México**  
**[irmanieto@zicatelamar.mx](mailto:irmanieto@zicatelamar.mx)**

# ¿Tiene la TESTOSTERONA un efecto inmunosupresor?

J. Jaime **Zúñiga-Vega**  
Víctor **Argaez**  
Israel **Solano-Zavaleta**

## LA TESTOSTERONA: UN ANDRÓGENO FUNDAMENTAL

La testosterona es una hormona esteroidea de tipo andrógeno. Esto quiere decir que, aunque desempeña un papel importante en individuos de ambos sexos, se produce en mayor cantidad en individuos del sexo masculino. En ambos sexos la testosterona es fundamental porque, entre otras funciones, promueve el crecimiento de masa ósea y muscular. Sin embargo, la testosterona es particularmente importante en machos, puesto que promueve la producción de espermatozoides y es la principal responsable de la expresión de caracteres sexuales secundarios como son la barba, la voz grave y la mayor masa muscular de los hombres. Esta hormona está presente prácticamente en todos los vertebrados.

La testosterona se produce principalmente en los testículos. También las glándulas suprarrenales y el cerebro producen pequeñas cantidades de testosterona. Esta hormona promueve el desarrollo de caracteres que facilitan que los machos de diversos animales obtengan cópulas. Por ejemplo, los colores brillantes en el vientre y garganta de algunos reptiles (Cox y cols., 2008), los plumajes elaborados y coloridos en las aves (McGlothlin y cols., 2008) y el mayor tamaño y fuerza muscular de

los machos en un gran número de mamíferos (Bribiescas, 2001). Estos caracteres sexuales secundarios que se expresan en gran parte gracias a la testosterona, son atractivos para las hembras o facilitan el éxito en la competencia entre machos para acceder a parejas potenciales.

Las conductas agresivas y territoriales de los machos durante la temporada de apareamientos también suceden debido a los efectos de la testosterona (Ashley y Wingfield, 2012). En diversas especies de aves los niveles de testosterona aumentan al inicio de la época reproductiva cuando compiten por territorios y parejas. Después, disminuyen durante la crianza de los polluelos y, por último, bajan drásticamente al final de la época de reproducción (Geslin y cols., 2004). Las conductas de cortejo de los machos hacia las hembras, como los cantos en diversas aves, tienen también un origen hormonal y la testosterona juega un papel fundamental en la expresión de estas conductas. Hasta aquí parece que la testosterona es una hormona con beneficios. Sin embargo, también puede tener costos que no parecen tan obvios y que han atraído la atención de los científicos.

#### ¿LA TESTOSTERONA AFECTA NEGATIVAMENTE AL SISTEMA INMUNE?

Diversos estudios en animales, incluyendo humanos, se han enfocado en los posibles problemas que pueden provocar altos niveles de testosterona en sangre. Aparentemente, esta hormona funciona como supresora del sistema inmune. Esto implica que los individuos con altas concentraciones de testosterona en sangre pueden ser más susceptibles a enfermedades y al ataque de parásitos. A continuación analizamos algunos ejemplos del potencial efecto inmunosupresor de la testosterona.

Los machos de la lagartija espinosa *Sceloporus jarrovi* tienen parches de color azul en la garganta y en el vientre. Esta coloración es muy vistosa y los machos la despliegan usualmente hacia otros machos cuando interactúan agresivamente. Estudios



**Figura 1.** Macho adulto de la lagartija *Sceloporus torquatus*. (A) Vista lateral donde se observa la coloración dorsal y una gran cantidad de ácaros (ectoparásitos) de color anaranjado. (B) Vista ventral donde se aprecian los colores brillantes del vientre y garganta. La testosterona podría jugar un papel fundamental en la expresión de esta coloración.

de esta especie en las montañas de Arizona muestran que la carga de ectoparásitos (ácaros) es más alta en los individuos más coloridos y con más testosterona (Halliday y cols., 2014). Este resultado sugiere que en estas lagartijas (y en otras del mismo género; Figura 1) la testosterona promueve un mayor tamaño de estos parches de color, pero también facilita la infección por ectoparásitos.

Los machos del pinzón mexicano (*Haemorhous mexicanus*) atraen a las hembras a través de cantos elaborados. La intensidad y frecuencia de estos cantos están relacionadas con la concentración de testosterona en sangre. Duckworth y cols. (2001) llevaron a cabo un experimento en cautiverio con machos de esta especie en Alabama, Estados Unidos, durante la temporada reproductiva. A un grupo de machos les implantaron quirúrgicamente una pequeña cápsula con testosterona, mientras que a otros les implantaron una cápsula vacía. Después, los machos de ambos grupos experimentales fueron inoculados con quistes de coccidios (protozoarios del género *Isoospora* que comúnmente parasitan a esta ave). El 100% de los machos que fueron implantados con testosterona desarrollaron una infección por coccidios, mientras que en los animales sin tratamiento hormonal solamente el 40% desarrollaron la infección. O sea que, la testosterona promueve el canto y

hace a los machos más atractivos para las hembras, pero les impone un costo al hacerlos más susceptibles a enfermedades parasitarias.

Es bien conocido que los chimpancés poseen una organización social compleja caracterizada por la existencia de jerarquías y el macho dominante puede aparearse con las hembras en estado reproductivo. Estudios en estos primates en el Parque Nacional Kibale, en Uganda, por medio del análisis de muestras fecales, encontraron que los machos dominantes tienen mayor concentración de testosterona y una mayor carga de endoparásitos (Muehlenbein, 2006).

¿Por qué la testosterona parece reducir la respuesta inmune de estos y otros organismos? Al parecer esta hormona modula el desarrollo y la función de distintos componentes del sistema inmune (Prall y Muehlenbein, 2014). Puede modificar la tasa de desarrollo de células T (que son un tipo de glóbulos blancos). Puede también suprimir la función de los linfocitos y disminuir la producción de citoquinas pro-inflamatorias (proteínas que ayudan a las células del sistema inmunológico a acceder a los tejidos en los que son necesarias para combatir a un agente dañino). Además, altos niveles de testosterona reducen la actividad de los macrófagos (células que se encargan de detectar y engullir a los patógenos). A partir de todas estas evidencias, algunos científicos se han preguntado si este efecto supresor de la testosterona sobre el sistema inmune podría tener algún beneficio para los machos.

#### **¿PROPORCIONA ALGUNA VENTAJA EL EFECTO INMUNOSUPRESOR DE LA TESTOSTERONA?**

Aunque parezca extraño, sí hay una hipótesis que intenta explicar por qué el efecto inmunosupresor de la testosterona podría tener sus ventajas. Cuando sucede una infección o herida, los animales exhiben una serie de reacciones que se conocen en conjunto como “conductas de enfermedad”. Algunas de estas conductas son la reducción de la ingesta de agua y alimento, disminución general de la actividad, incremento de horas de

sueño y menor participación en actividades grupales (Hart, 1988). Estas conductas constituyen al parecer una estrategia para guardar la energía que será necesaria para activar al sistema inmune y para reducir los nutrientes en el torrente sanguíneo que los patógenos podrían usar para su crecimiento y proliferación.

Aunque las conductas de enfermedad son necesarias para combatir las infecciones, pueden resultar en serias desventajas durante la temporada de reproducción. Los machos de especies territoriales y que exhiben conductas agresivas contra otros machos, o de cortejo hacia las hembras, podrían perder oportunidades importantes de reproducirse si disminuyen su nivel de energía y actividad como resultado de alguna herida o de algún patógeno. En estos casos, podría resultar una mejor estrategia suprimir estas conductas de enfermedad con la finalidad de continuar con las actividades de búsqueda y defensa de parejas y territorios. Aunque se ponga en riesgo la salud y la supervivencia, el beneficio de una reproducción exitosa podría ser mayor (producir muchos hijos es una recompensa a este sacrificio). En estos casos, la testosterona podría jugar un papel importante porque promueve la supresión de la respuesta inmune a favor de continuar con las actividades de cortejo y competencia con otros machos (Ashley y Wingfield, 2012).

Para analizar esta hipótesis se realizaron experimentos con el gorrión de corona blanca (*Zonotrichia leucophrys gambelii*). Se seleccionó un grupo de machos y se les removieron los testículos para que todos tuvieran los mismos niveles iniciales de testosterona (obviamente muy bajos por la falta de gónadas). Posteriormente a algunos les implantaron quirúrgicamente una cápsula con testosterona mientras que a otros les implantaron una cápsula vacía y a ambos grupos experimentales les inyectaron un lipopolisacárido bacteriano para simular una infección. Los machos con implantes de testosterona presentaron menos conductas de enfermedad (comieron más y estuvieron más



© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

activos) que los machos a los que se les implantó la cápsula vacía, quienes disminuyeron su ingesta de alimento y su actividad. Estos resultados indican que la testosterona disminuye la respuesta conductual a la infección, lo que puede tener ventajas cuando las oportunidades para aparearse son bajas (Ashley y cols. 2009). El gorrión de corona blanca se reproduce en regiones situadas muy al norte de América, donde el periodo que tienen con buenas condiciones climáticas para la reproducción es corto. Por lo tanto, responder a una enfermedad en lugar de seguir compitiendo por parejas puede significar que pierdan completamente la oportunidad de dejar descendencia.

#### **NO EN TODOS LOS CASOS LA TESTOSTERONA PARECE REDUCIR LA RESPUESTA INMUNE**

Resulta muy interesante que en algunos estudios no se ha encontrado la relación entre la concentración de testosterona en sangre y la susceptibilidad a enfermedades. De hecho, existen casos en los que incluso más testosterona está asociada a una mejor respuesta inmunológica. Por ejemplo,

Morales-Montor y cols. (2002) estudiaron la cisticercosis en ratones causada por el gusano *Taenia crassiceps*. Después de un tratamiento con testosterona, la carga de estos parásitos disminuyó en un 50%. Evans y cols. (2000) también manipularon experimentalmente los niveles de testosterona en machos del gorrión inglés (*Passer domesticus*) y encontraron que los individuos con altos niveles de esta hormona tienen mejor capacidad para producir anticuerpos.

Un resultado aún más interesante mostró que más testosterona implica una mejor respuesta inmune en jóvenes estudiantes de la Universidad de Daugavpils, en Letonia (Rantala y cols., 2012). Un total de 94 mujeres estudiantes examinó las fotografías de los rostros de 74 hombres estudiantes y los clasificó numéricamente desde muy poco atractivos (calificación de -5) hasta muy atractivos (calificación de +5). A estos mismos hombres les tomaron muestras de sangre para medir la concentración de testosterona y, además, les inyectaron una vacuna para hepatitis B a fin de medir la cantidad de anticuerpos que generaron después de la vacuna (como una medida de la capacidad de respuesta inmune). Como era de esperarse, los hombres considerados más atractivos

fueron aquellos con las concentraciones más altas de testosterona en sangre. Sin embargo, los hombres con más testosterona también generaron las mayores cantidades de anticuerpos contra hepatitis B. Este estudio demostró entonces que en humanos la testosterona parece promover rasgos que las mujeres consideran atractivos y además potencializar la respuesta inmune.

En resumen, existe actualmente un debate en la comunidad científica con respecto al efecto inmunosupresor de la testosterona. Algunos estudios demuestran este efecto mientras que otros, por el contrario, parecen sugerir que la testosterona ayuda al cuerpo a combatir enfermedades. Estos resultados ambiguos han generado algunas explicaciones tentativas. Puede ser que efectivamente la testosterona reduzca la capacidad de respuesta inmune. Sin embargo, algunos organismos con muy buenos genes o en excelente condición corporal, podrían realizar conductas de cortejo y competencia por parejas y simultáneamente combatir a patógenos, a pesar de experimentar cierta supresión inmune debido a niveles elevados de testosterona (Folstad y Karter, 1992). En este sentido, el efecto inmunosupresor de este andrógeno dependería de la condición física o genética de cada individuo.

También es posible que el aparente potencial de la testosterona de suprimir el sistema inmune sea en realidad el resultado de una relación cercana entre este andrógeno y otras hormonas asociadas al estrés, como la corticosterona. De hecho, algunos estudios han encontrado que cuando se elevan los niveles de testosterona también aumentan los niveles de esta otra hormona, y niveles elevados de cortisona por largos periodos pueden tener efectos negativos, como una menor efectividad del sistema inmunológico (O'Neal y Ketterson, 2012). Por lo tanto, el potencial efecto inmunosupresor de la testosterona puede deberse a su compleja interacción con otras hormonas. A final de cuentas, el sistema endócrino de los vertebrados forma una compleja red de interacciones e influencias recíprocas. Actualmente se están desarrollando nuevos estudios y enfoques

experimentales para conocer con mayor profundidad y precisión los efectos inmunológicos de distintas hormonas y en particular de la testosterona.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la asistencia del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (proyecto PAPIIT IN203516), DGAPA-UNAM.

#### R E F E R E N C I A S

- Ashley NT and Wingfield JC (2012). Sickness behavior in vertebrates. Allostasis, life-history modulation, and hormonal regulation. En Demas GE and Nelson RJ (Eds.), *Ecoimmunology* (pp. 45-91). Oxford University Press, Nueva York.
- Ashley NT, Hays QR, Bentley GE and Wingfield JC (2009). Testosterone treatment diminishes sickness behavior in male songbirds. *Hormones and Behavior* 56:169-176.

© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.





© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

Bribiescas RG (2001). Reproductive ecology and life history of the human male. *Yearbook of Physical Anthropology* 33:148-176.

Cox RM, Zilberman V and John-Alder HB (2008). Testosterone stimulates the expression of a social color signal in yarrow's spiny lizard, *Sceloporus jarrovi*. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology* 309:505-514.

Duckworth RA, Mendonça MT and Hill GE (2001). A condition dependent link between testosterone and disease resistance in the house finch. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 268:2467-2472.

Evans MR, Goldsmith AR and Norris SR (2000). The effects of testosterone on antibody production and plumage coloration in male house sparrows (*Passer domesticus*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 47:156-163.

Folstad I and Karter AJ (1992). Parasites, bright males, and the immunocompetence handicap. *American Naturalist* 139:603-622.

Geslin T, Chastel O and Eybert MC (2004). Sex-specific patterns in body condition and testosterone levels changes in a territorial migratory bird: the bluethroat *Luscinia svecica*. *Ibis* 146:632-641.

Halliday WD, Paterson JE, Patterson LD, Cooke SJ and Blouin-Desmiers G (2014). Testosterone, body size, and sexual signals predict parasite load in Yarrow's Spiny Lizards (*Sceloporus jarrovi*). *Canadian Journal of Zoology* 92:1075-1082.

Hart BL (1988). Biological basis of the behavior of sick animals. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 12:123-137.

McGlothlin JW, Jawor JM, Greives TJ, Casto JM, Phillips JL and Ketterson ED (2008). Hormones and honest signals: males with larger ornaments elevate testosterone more when challenged. *Journal of Evolutionary Biology* 21:39-48.

Morales-Montor J, Baig S, Hallal-Calleros C and Damian RT (2002). *Taenia crassiceps*: androgen reconstitution of the host leads to protection during cysticercosis. *Experimental Parasitology* 100:209-216.

Muehlenbein MP (2006). Intestinal parasite infections and fecal steroid levels in wild chimpanzees. *American Journal of Physical Anthropology* 130:546-550.

O'Neal DM and Ketterson ED (2012). Life-history evolution, hormones, and avian immune function. En Demas GE and Nelson RJ (Eds.), *Ecoimmunology* (pp. 7-44). Oxford University Press, Nueva York.

Prall SP and Muehlenbein MP (2014). Testosterone and immune function in primates: a brief summary with methodological considerations. *International Journal of Primatology* 35:805-824.

Rantala MJ, Moore FR, Skrinda I, Krama T, Kivleniece I, Kecko S and Krams I (2012). Evidence for the stress-linked immunocompetence handicap hypothesis in humans. *Nature Communications* 3:694.

**J. Jaime Zúñiga-Vega**  
**Víctor Argaez**  
**Israel Solano-Zavaleta**  
**Departamento de Ecología y Recursos Naturales**  
**Facultad de Ciencias, UNAM**  
**jzuniga@ciencias.unam.mx**

# Daniel MACHADO

El fotógrafo que ilustra este número de *Elementos* nació en Montevideo, Uruguay, en 1973, donde estudió Arquitectura y diseño infográfico en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República en Montevideo. Comenzó sus estudios de fotografía en el Fotoclub Uruguayo con diferentes cursos y talleres, en tanto que profundiza sus estudios en fotografía profesional y arte en la escuela GrisArt de Barcelona, España.

Actualmente vive y trabaja como fotógrafo profesional en la ciudad de Tokyo, Japón, donde se inició como asistente en el Tokyo Light Studio en Kanda; aquí también es corresponsal y asesor del Tango de Uruguay para la revista TangoDanza de Alemania y creador del proyecto “Tango Oriental” para la difusión del tango en colaboración con las embajadas de Uruguay en Japón, China y Corea del Sur.

Daniel Machado ha sido instructor invitado en la Universidad Rikkyo de Tokyo para quien ha coordinado actividades culturales entre el Instituto de Estudios Latinoamericanos y dicha universidad.

Sus trabajos fotográficos han sido premiados en diversos eventos y presentados en exposiciones individuales y colectivas como “Bajo el Cielo Azul” (Montevideo, 2016), “Tango: Moriyama Daido + Daniel Machado” Traumaris Space Galeria (Tokyo, 2012), “Piernas y Bandoneon” (Buenos Aires, 2008), “El Proyecto Rodelu” (Río de Janeiro, 2005), “Tango Oriental: Tres visiones del Tango en Uruguay”. Pekín, China, 2013, “Migrar es Cultura” (Madrid, 2013), “Artistas uruguayos contemporáneos” (Washington, 2012) y “Día a Día” (Roma, 2008), entre muchas más.

En este número de *Elementos*, Machado presenta imágenes de sus series Ongaku Lucky Hole, Streamline in red, Homeless de Shibuya, Ciudades Muertas, Tango Con-fusion, Piernas y Bandoneón y Los sueños de Natsu, donde nos muestra una extraña combinación de fiesta y hastío, música y silencio.



© **Daniel Machado.** *El gran abrazo.* De la serie Tango Con-fusion, 2007.

Destacan sus esfuerzos por la difusión del tango, de un “tango nuevo”, fuera de los clichés del género –explica en su página web–, que necesita de un nuevo espacio, de una nueva estética que lo represente; una estética sensual, sugestiva y poderosa como la música que la inspiró.

[www.danielmachado.com](http://www.danielmachado.com)  
[www.danielmachado.com.uy](http://www.danielmachado.com.uy)  
[tutangol@yahoo.com](mailto:tutangol@yahoo.com)



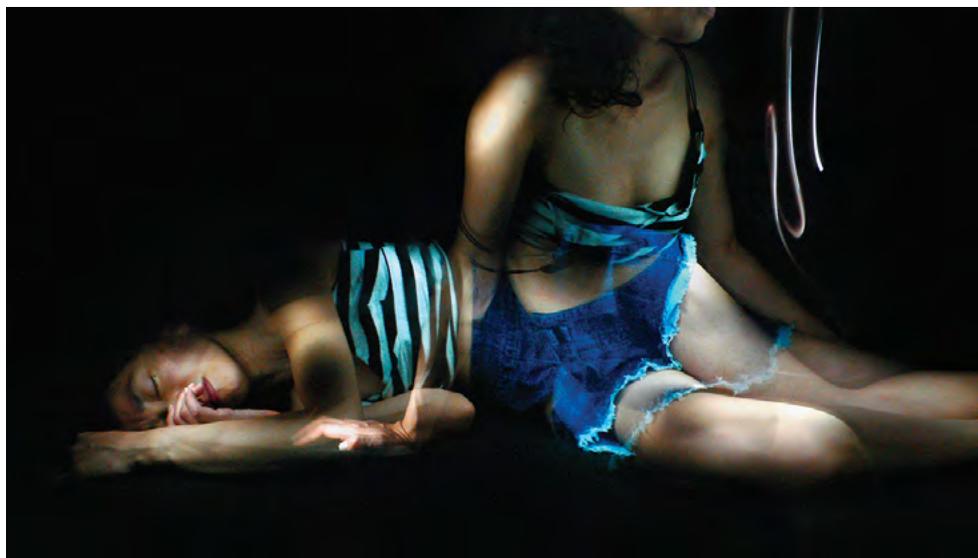
© **Daniel Machado.** *Aquí esta su disco.* De la serie Tango Con-fusion, 2010.



© **Daniel Machado**. De la serie Streamline in red, 2012.



© **Daniel Machado**. De la serie Los Sueños de Natsu, 2007.





© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

# Las PLANTAS y los ENDÓFITOS: cómo sobrevivir en las regiones áridas y semiáridas

**Héctor Godínez Álvarez**

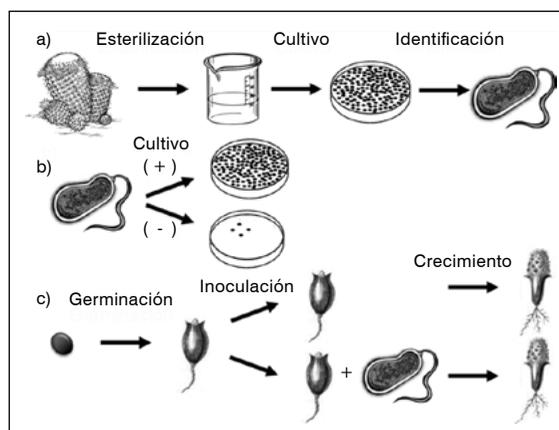
Las plantas son organismos sésiles que no pueden desplazarse como los animales para buscar sitios con condiciones adecuadas de nutrientes, temperatura y humedad para su supervivencia. Sin embargo, las plantas tienen distintas características morfológicas y fisiológicas como el tamaño y grosor de las hojas, la extensión y profundidad de las raíces, la succulencia del tallo y las tasas de transpiración y fotosíntesis que les permiten adaptarse a los ambientes donde viven. Además de estas características morfológicas y fisiológicas, las plantas también interactúan con otras plantas, animales o microorganismos a través de la polinización de las flores, la dispersión de las semillas y la absorción de nutrientes para sobrevivir y reproducirse.

Las bacterias y hongos son algunos de los microorganismos que establecen interacciones con las plantas. Dentro de este grupo de microorganismos existen algunas bacterias y hongos conocidos como endófitos, mismos que pasan toda su vida o parte de ella dentro de la raíz, el tallo, las hojas o las semillas de las plantas sin causarles ningún daño o enfermedad (López y cols., 2012). Los endófitos son importantes para las plantas porque les ayudan a soportar el estrés causado por distintas condiciones ambientales como la falta de agua, la alta salinidad,

el bajo contenido de nutrientes y la presencia de metales pesados, entre otros. Los endófitos producen sustancias derivadas de su metabolismo que promueven el crecimiento de las plantas, controlan los patógenos e incrementan la tolerancia al estrés (Lucero y cols., 2006; López y cols., 2012; de-Bashan y cols., 2013). Debido a estas características, los endófitos han sido ampliamente estudiados en plantas cultivadas ya que pueden ser usados para incrementar su crecimiento y producir una mayor cantidad de alimentos. Además, debido a que incrementan la tolerancia de las plantas al estrés, han sido usados para restaurar ambientes degradados (de-Bashan y cols., 2013). Sin embargo, la información sobre los endófitos de plantas silvestres en ecosistemas naturales es escasa. El estudio de estos endófitos permitiría entender la supervivencia de las plantas y contribuiría a entender el funcionamiento de estos ecosistemas. Además, su estudio permitiría obtener información para solucionar problemas ambientales como la restauración de sitios degradados.

Las regiones áridas y semiáridas son ecosistemas con una amplia distribución mundial, que tienen condiciones ambientales estresantes para las plantas. Así, por ejemplo, en estas regiones los niveles de radiación solar son altos durante todo el año. Esta radiación provoca que la temperatura sea alta durante el verano, llegando hasta 65°C en la superficie del suelo. Sin embargo, la temperatura disminuye drásticamente durante el invierno, llegando inclusive hasta 0°C. Además de la alta radiación y las temperaturas extremas, el agua es escasa debido a que las lluvias son limitadas, irregulares y poco predecibles. La poca cantidad de agua de lluvia que llega a caer al suelo se evapora rápidamente debido a las altas temperaturas superficiales. En estas condiciones es posible suponer que las plantas podrían estar asociadas con endófitos para poder sobrevivir en estas regiones.

Para obtener información sobre estos aspectos se han realizados algunos estudios en regiones áridas y semiáridas del continente americano como



**Figura 1.** Algunos métodos usados para estudiar los endófitos y su efecto sobre las plantas. (a) Para identificar a los endófitos se toman muestras de raíces, tallos, frutos o semillas de las plantas, las cuales son esterilizadas superficialmente y usadas para realizar cultivos microbiológicos. Las bacterias y hongos que crecen en los cultivos son aislados e identificados con base en su morfología y/o material genético. (b) Los endófitos pueden cultivarse en distintas condiciones como por ejemplo: temperaturas altas (+) y bajas (-) o con (+) y sin (-) nutrientes para conocer su capacidad de crecimiento. Por último, (c) para conocer el efecto de los endófitos sobre las plantas se pueden germinar semillas para obtener plántulas. Estas plántulas pueden dividirse en dos grupos: un grupo puede crecer con endófitos, mientras que el otro grupo puede crecer sin endófitos. Después de un tiempo, las plántulas pueden cosecharse para medir su peso y determinar que grupo tuvo mayor crecimiento.

el Desierto Chihuahuense (Lucero y cols., 2006) y el Desierto Sonorense (Puente y cols., 2009a, 2009b; López y cols. 2012), en el norte de México y suroeste de Estados Unidos, y la Caatinga en el noreste de Brasil (Leite y cols., 2015). En estos estudios se han utilizado plantas dominantes de estas regiones como pastos, arbustos y cactus para determinar la presencia de endófitos y su posible efecto sobre la supervivencia de estas plantas. Para determinar si las plantas tenían endófitos se tomaron muestras de raíces, tallos, hojas o semillas, las cuales fueron desinfectadas y usadas para realizar cultivos microbiológicos. Las bacterias y hongos que crecieron en estos cultivos fueron aisladas e identificadas con base en su morfología y/o material genético (Figura 1). Una vez que los endófitos fueron identificados, se realizaron experimentos para determinar su capacidad para crecer en distintas condiciones físicas. Por ejemplo, los endófitos fueron puestos a crecer en temperaturas altas y bajas, en presencia y ausencia de nitrógeno y fosfato, así como en presencia y ausencia de sales como el cloruro de sodio.

Planta (Tipo)	Endófitos (Grupo)	Región	Referencia
<i>Atriplex canescens</i> (arbusto)	<i>Aspergillus ustus</i> (hongo)	Desierto Chihuahuense, Estados Unidos	Lucero y cols., 2006
<i>Bouteloua eriopoda</i> (pasto)	<i>Moniliophthora</i> sp. (hongo) <i>Penicillium olsonii</i> (hongo) <i>Bipolaris spicifera</i> (hongo) <i>Engyodontium album</i> (hongo)		
<i>Pachycereus pringlei</i> (cactus)	<i>Klebsiella</i> sp. (bacteria) <i>Acinetobacter</i> sp. (bacteria) <i>Pseudomonas</i> sp. (bacteria) <i>Bacillus</i> sp. (bacteria) <i>Staphylococcus</i> sp. (bacteria)	Desierto Sonorense, México	Puente y cols., 2009 a, b
<i>Mammillaria fraileana</i> (cactus)	<i>Bacillus megaterium</i> (bacteria) <i>Enterobacter sakazakii</i> (bacteria) <i>Pseudomonas putida</i> (bacteria) <i>Azotobacter vinelandii</i> (bacteria)	Desierto Sonorense, México	López y cols., 2012
<i>Cereus jamacaru</i> (cactus)	<i>Rhizobium</i> sp. (bacteria)	Caatinga, Brasil	Leite y cols., 2015
<i>Melocactus zehntneri</i> (cactus)	<i>Enterobacter</i> sp. (bacteria) <i>Burkholderia</i> sp. (bacteria) <i>Pantoea</i> sp. (bacteria) <i>Pseudomonas</i> sp. (bacteria)		

**Tabla 1.** Especies de plantas y endófitos estudiados en diferentes regiones áridas y semiáridas.

Por último, para evaluar el efecto de los endófitos sobre las plantas se realizaron experimentos en los que un grupo de plántulas –esto es, plantas pequeñas obtenidas de la germinación de las semillas– fue dividido en dos subgrupos: en el primer subgrupo las plántulas fueron inoculadas con endófitos, mientras que en el segundo subgrupo las plántulas no fueron inoculadas con endófitos. Las plántulas de ambos subgrupos estuvieron en estas condiciones por varios meses para registrar su supervivencia y medir su crecimiento. Para medir el crecimiento, las plántulas de cada subgrupo fueron cosechadas y pesadas para determinar si las plántulas con endófitos tenían mayor peso que las plántulas sin endófitos (Figura 1).

Las plantas que han sido estudiadas hasta el momento son el arbusto *Atriplex canescens*, el pasto *Bouteloua eriopoda* y los cactus *Cereus jamacaru*, *Mammillaria fraileana*, *Melocactus zehntneri* y *Pachycereus pringlei*. En estas plantas se identificaron algunas bacterias y hongos endófitos como *Rhizobium*, *Klebsiella*, *Aspergillus* y *Penicillium*, entre otros (Tabla 1).

Algunos de estos endófitos fueron capaces de crecer en sustratos rocosos debido a que secretan ácidos orgánicos que degradan las rocas. La degradación de las rocas contribuye a la formación

del suelo y liberación de minerales que necesitan las plantas para establecerse y crecer en un sitio. Además, otros endófitos fueron capaces de fijar nitrógeno atmosférico, un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas que es poco disponible en el suelo. Debido a estas capacidades, los endófitos tuvieron efectos positivos sobre la supervivencia y el crecimiento de las plantas. Así, por ejemplo, las semillas del cactus *Pachycereus pringlei* inoculadas con bacterias dieron origen a plántulas con mayor peso que las plántulas que provenían de semillas sin endófitos (Puente y cols., 2009a, 2009b). Estas bacterias además estimularon la formación de raíces en esquejes del arbusto *Prosopis articulata* (Puente y cols., 2009a, 2009b; de-Bashan y cols., 2013). Por otra parte, las plantas de *Mammillaria fraileana* que fueron inoculadas con bacterias tuvieron mayor actividad fotosintética y contenido de nutrientes, lo que resultó en un mayor peso en comparación con las plantas que no fueron inoculadas (López y cols., 2012). Las plantas del pasto *Bouteloua eriopoda* y del arbusto *Atriplex canescens* que fueron inoculadas con hongos también tuvieron tallos y raíces de mayor peso que las plantas que no fueron inoculadas

(Lucero y cols., 2006). Por último, los cactus *Cereus jamacaru* y *Melocactus zehntneri* tuvieron endófitos que son potencialmente capaces de liberar minerales y fijar nitrógeno, aunque no fue posible determinar si tenían un efecto positivo sobre el crecimiento de estos cactus (Leite y cols., 2015).

Los resultados de estos trabajos sugieren que los endófitos pueden incrementar la supervivencia y el crecimiento de algunas plantas que habitan en las regiones áridas y semiáridas. Estas plantas pueden tener un papel significativo en el funcionamiento de estos ecosistemas (López y cols., 2012) y además ser usadas para su restauración (de-Bashan y cols., 2013). Las plantas con endófitos son capaces de establecerse en sitios rocosos o sitios con alta radiación solar directa debido a que soportan el estrés provocado por la falta de nutrientes y las altas temperaturas. Después de establecerse, las plantas con endófitos crecen y mejoran las condiciones ambientales de estos sitios debido a que forman suelo que incrementa el contenido

de nutrientes y generan sombra que disminuye las temperaturas superficiales. Estas modificaciones ambientales permiten que otras especies de plantas menos tolerantes al estrés puedan establecerse en estos sitios. Por lo tanto, las plantas con endófitos pueden contribuir a incrementar el número de especies de plantas que habitan en una región determinada. Además de tener un papel significativo en el funcionamiento de las regiones áridas y semiáridas, las plantas con endófitos también pueden ser usadas para restaurar sitios degradados por la desertificación. En general, la desertificación es un problema ambiental de las regiones áridas y semiáridas, en el que la vegetación original es desmontada para crear campos de cultivo o pastizales. El desmonte de la vegetación provoca que el suelo quede expuesto a la acción de la lluvia y el viento, los cuales promueven la pérdida del suelo por erosión. Esta pérdida del suelo además puede acelerarse por el cambio climático global que aumenta la frecuencia de las lluvias torrenciales. Los sitios





© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

desertificados tienen suelos erosionados con bajo contenido de nutrientes y materia orgánica, así como baja disponibilidad de agua, por lo que su vegetación es escasa o inexistente. Debido a estas características, las plantas con endófitos pueden ser una buena opción para restaurar estos sitios. Las plantas con endófitos capaces de fijar nitrógeno pueden sembrarse en sitios pobres en nutrientes. Además, los esquejes de algunas plantas pueden ser inoculados con endófitos para estimular la formación de raíces y, posteriormente, ser introducidos en sitios desertificados. Por lo tanto, las plantas con endófitos pueden incrementar la vegetación de los sitios desertificados, contribuyendo así a proteger el suelo y disminuir su erosión.

En conclusión, los estudios realizados hasta el momento muestran que algunas plantas de las regiones áridas y semiáridas están asociadas con bacterias y hongos endófitos que incrementan su supervivencia y crecimiento, permitiéndoles soportar el estrés ambiental de estos ecosistemas. Las plantas con endófitos pueden tener un papel significativo en el funcionamiento de estos ecosistemas y ser usadas para su restauración. En el futuro, los estudios que se realicen con otras especies de plantas contribuirán a incrementar el conocimiento de los endófitos y sus efectos sobre la supervivencia de las plantas de estas regiones.

## R E F E R E N C I A S

- De-Bashan LE, Hernández JP y Bashan Y (2013). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal como componentes en el mejoramiento ambiental. En: García de Salamone IE, Vázquez S, Penna C, Casán F (Eds.), *Rizósfera, biodiversidad y agricultura sustentable* (pp. 261-286). Asociación Argentina de Microbiología, Argentina.
- Leite LJV, Weber OM, Correia D, Soares MA and Alves SJ (2015). Endophytic bacteria in cacti native to a Brazilian semi-arid region. *Plant and Soil* 389: 25-33.
- López BR, Bashan Y and Bacilio M (2011). Endophytic bacteria of *Mammillaria fraileana*, an endemic rock-colonizing cactus of the southern Sonoran Desert. *Archives of Microbiology* 193: 527-541.
- López BR, Tinoco-Ojanguren C, Bacilio, M, Mendoza A and Bashan Y (2012). Endophytic bacteria of the rock-dwelling cactus *Mammillaria fraileana* affect plant growth and mobilization of elements from rock. *Environmental and Experimental Botany* 81: 26-36.
- Lucero ME, Barrow JR, Osuna P and Reyes I (2006). Plant-fungal interactions in arid and semi-arid ecosystems: Large-scale impacts from microscale processes. *Journal of Arid Environments* 65: 276-284.
- Puente ME, Li CY and Bashan Y (2009a). Rock-degrading endophytic bacteria in cacti. *Environmental and Experimental Botany* 66: 389-401.
- Puente ME, Li CY and Bashan Y (2009b). Endophytic bacteria in cacti seeds can improve the development of cactus seedlings. *Environmental and Experimental Botany* 66: 402-408.

**Héctor Godínez Álvarez**  
**Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO)**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM**  
**hgodinez@campus.iztacala.unam.mx**



© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

# El gran telescopio MILIMÉTRICO y la última aventura en Épsilon ERIDANI

**Leopoldo Noyola**

En junio de 2016 astrofísicos de México, Australia, Estados Unidos, Reino Unido, Chile y España obtuvieron en el Gran Telescopio Milimétrico Alfonso Serrano (GTM), situado en el volcán La Negra a 4,600 metros sobre el nivel del mar, la imagen más nítida y profunda que se haya logrado de la estrella Épsilon Eridani, a diez años luz de nosotros. Los resultados de estas observaciones con el GTM han sido publicados en uno de los volúmenes del mes de noviembre de 2016 de la revista británica *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, con el título “Deep LMT/AzTEC millimeter observations of Epsilon Eridani and its surroundings”.

El equipo de investigación fue liderado por el Dr. Miguel Chávez Dagostino, Investigador Titular de la Coordinación de Astrofísica del Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE), egresado de la carrera de Física de la Universidad de Guadalajara que realizó sus estudios de maestría y doctorado en Astrofísica por la International School for Advanced Studies de Trieste, Italia. Acudimos a su oficina del INAOE en Tonantzintla, Puebla, para conocer los detalles y la importancia de estas investigaciones.

En el tercer piso del silencioso edificio 1 el doctor Chávez, de 53 años, vestido con una playera gris con el logo del instituto, me recibe en una oficina sin parafernalias astronómicas que apunten a que es el refugio de

Épsilon Eridani, además de ser un astro del firmamento también lo ha sido en el *Show Business* de la ciencia ficción internacional, pues tanto por su cercanía –apenas 10 años luz– como por su polifónico nombre, Épsilon Eridani tiene los méritos para ser la estrella de presuntos planetas que la orbitan y desde donde despegan toda clase de amenazas, invasores, emigrantes y hasta héroes que vienen hasta la Tierra con algún plan. Es el caso del Dr. Spock, de *Viaje a las estrellas*, o de las oleadas de emigrantes estelares que se lanzan al éter espacial en busca de refugios en la serie *Fundación* de Isaac Asimov –*Límites de la Fundación*, 1982–, y de una veintena de novelas, películas, series de televisión y al menos 12 videojuegos con la estrella Épsilon Eridani como escenario de las aventuras.

En la novela *La humanidad Factoring* (1998), de Robert J. Sawyer, astrónomos de SETI detectan una señal artificial de Alfa Centauri que Heather Davis, la protagonista, dedica su vida en descifrar. Ella finalmente tiene éxito, pero para entonces se ha recibido otro mensaje del sistema de Épsilon Eridani, más fácil de traducir, pero mucho más alarmante: “La vida biológica, a base de carbono, está siendo suplantada por la inteligencia artificial basada en silicio...” La vida en la Tierra tiene sus días contados.

Este es un ejemplo de nuestras fantasías sobre Épsilon Eridani, pero en el conjunto hay, desde los años sesenta, de Chile y de manteca como decimos en México, novelas estadounidenses, británicas, francesas y japonesas que tienen como escenario alguno de sus planetas y en donde la sobrevivencia de la raza humana está casi siempre en peligro. En *iDorsai!* (1960), de Gordon R. Dickson, policías planetarios cuidan la espalda de un amenazado planeta Tierra; en *Conquista por defecto* (1968), de Vernor Vinge, parece inminente el exterminio de la raza humana; en *El Napoleón de Eridanus* (1976), *El emperador de Eridanus* (1983) y *Los colonos Eridani* (1984), trilogía de Stanley Hochman, se pugna por fundar un imperio espacial; en *Singularidad* (1978), un cuento de Mildred Downey Broxon, tribus inteligentes pero radicalmente exóticas buscan llegar a la Tierra para habitarla; en *Estación de Downbelow* (1981) de C. J. Cherryh, los avatares universales son observados desde una estación espacial; *Starburst* (1982) de Frederik Pohl, trata sobre la vida en el tercer planeta de Épsilon Eridani; en *Eon* (1985) de Greg Bear, la devastación de la Tierra tras el holocausto nuclear sugiere que busquemos destino; en *Las piedras de Nomuru* (1988) y *El Veneno árboles de Sunga* (1992), de L. Sprague de Camp, un planeta de Épsilon Eridani es habitado por criaturas reptiles inteligentes; en *Starquake* (1989) de Robert Forward, se trata sobre exploración interestelar; *Mundial de temblor* (1991) de Kathy Tyers, una historia más sobre la ruina ecológica de la Tierra; en *Worldwar* (1994-1996), cuatro novelas escritas por Harry Turtledove, la información más reciente sobre la Tierra de la invasora especie de reptil data de la Edad Media; en *Los ecos* (1998) de David Weber somos testigos de un bombardeo planetario indiscriminado; en *Helm* (1998) de Steven Gould, los colonos proceden a construir una civilización desde cero; en *Espacio Revelación* (2000) de Alastair Reynolds, Épsilon Eridani posee la civilización humana más avanzada del universo; en *Halo: La Caída de Reach* (2001) y *Halo: First Strike* (2003), de Eric Nylund, Épsilon Eridani aloja un total de seis planetas habitados; en *Cuchilla Vorpall* (2007) de John Ringo y Travis S. Taylor, los mecánicos del espacio tienen una sorpresa en su garaje; en *Espacios implícitos* (2008) de Walter Jon Williams, pocos permanecen ya en el sistema solar, la mayoría busca establecer colonias alrededor de otras estrellas como Alfa Centauri, Tau Ceti y Épsilon Eridani; en *Vuelo 404* (2012), de Simon Petrie, otra llamada de socorro llega de Épsilon Eridani; en *Cantos Hyperion*, de Dan Simmons, los humanos colonizan un planeta; en *Atenuación: Cartas del hombre en la luna* (2014) de Keith Basham, Épsilon Eridani es el blanco de medio millón de años de intentos de colonización; en *Bossley rama* (2016) de Gerard J. Roffey, encontramos una civilización similar a la Tierra; en *Somos legión* (2016) de Dennis E. Taylor, un ingeniero congelado criogénicamente despierta tres siglos después en los mandos de una nave con dirección al sistema Épsilon Eridani. Volviendo a la realidad, la mala noticia es que los científicos del GTM han descubierto que, en apariencia, no hay planetas girando alrededor de Épsilon Eridani. ¡Nooo...! (LN).

uno de los astrónomos más destacados de México. En el estudio que originó la publicación, el equipo del doctor Chávez contradujo las evidencias que se habían vertido en el pasado sobre el anillo que circunda la estrella Épsilon Eridani, entre ellas una que implicaba la presencia de un planeta y que el equipo del GTM concluyó que no lo hay. Era nuestro punto de partida.

**Una de las cosas que se dijeron del disco que circunda Épsilon Eridani es que las irregularidades que presentaba en las imágenes milimétricas se debían a la presencia de un planeta del tamaño de Neptuno ¿qué fue lo que ahora encontraron ustedes?**

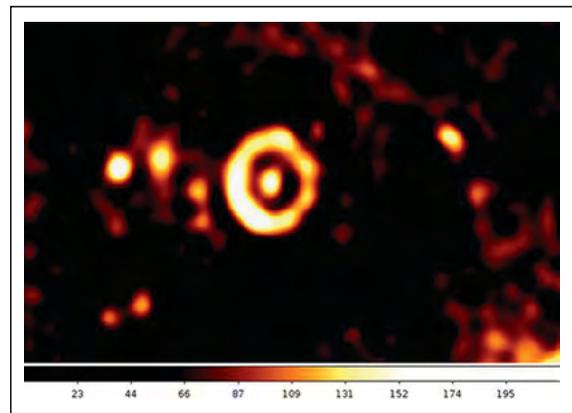
Nuestra observación indica que no hay un planeta porque no hay grumos ni cosas raras, sino que el anillo es una estructura muy suave; si hubiera un planeta habría inhomogeneidades mucho más pronunciadas de las que vemos. Las discontinuidades que observamos son nubosidades debidas posiblemente al ruido, al hecho de que no tenemos suficiente señal, y también, muy probablemente, a la presencia de fuentes de fondo que no están asociadas al anillo.

**¿Quién y cuándo se había advertido la presencia de un planeta?**

Utilizando telescopios más pequeños como el de Hawái, de 15 metros de diámetro, a una altura similar a la del GTM, nuestros colegas habían dicho en 1998 que seguro era un planeta; lo repitieron en 2005 y también en 2009, lo que demuestra el interés que hay en esta fuente; pero nosotros, al contrario, demostramos que no, cosa que fue confirmada por otros colegas de España, en un telescopio de 30 metros, que concluyeron que no hay presencia planetaria.

**¿Cuál es la importancia científica de este descubrimiento?**

El anillo existe y se ve por primera vez completo, se pudieron obtener sus dimensiones a partir



**Figura 1.** Épsilon Eridani captada por el GTM en 1.1 milímetros con la cámara AzTEC.

de las observaciones y se distingue la estrella. En todas las observaciones milimétricas anteriores se ven pedazos de anillo y la estrella nunca se detecta. Ahora sí detectamos la estrella y, de hecho, vamos a demostrar que el flujo que se esperaba de la estrella no es el que todo mundo (en el mundo de la astrofísica estelar, claro) dice, porque como el caso de nuestro Sol, que tiene actividad visible en esas plumas y protuberancias, eso produce un montón de emisión milimétrica que nadie o muy poca gente ha tomado en cuenta. Lo que nosotros hicimos recientemente es colaborar con gente de Suecia y utilizamos el telescopio ALMA (Atacama Large Millimeter/submillimeter Array), que tiene una resolución enorme y, además, como está en el sur (en el desierto de Atacama, Chile), podemos ver Alfa Centauri, que es el sistema triple de Alfa Centauri A, B, C, o Próxima Centauri, y lo que descubrimos es que el flujo de partículas de luz en milímetros y en submilímetros es diferente debido a la actividad cromosférica –que se conoce para el caso del Sol–, y se espera que un fenómeno así tenga lugar en Épsilon Eridani; entonces estamos agregando ahí valiosa información porque antes no se sabía de ese flujo.

**¿Cómo es posible que no se haya visto antes con instrumentos maravillosos como el Hubble?**



© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

No, la estrella sí se ve en el óptico, en el infrarrojo se ve muy bien, pero con telescopios milimétricos es más difícil, ahí no se había visto nunca completa. En milímetros lo que se distingue es material muy frío (230 centígrados bajo cero) pero también una parte del material de la estrella, digamos, de la atmósfera de la estrella. Épsilon Eridani se conoce bastante bien en todos los rasgos, pero no milimétricamente.

### ¿Qué cualidades tiene esta observación milimétrica?

A finales del 2014 e inicios del 2015 apuntamos el telescopio durante más de 18 horas en diferentes noches. Las excelentes condiciones meteorológicas, la exquisita sensibilidad de los detectores y la apertura (por ahora) de 32 metros de diámetro, permitieron que pudiéramos ver el anillo completo. Mientras que la nubosidad que vemos en nuestra imagen es real, los grumos que allí se distinguen podrían no serlo. Fuimos capaces de demostrar que al menos una o dos de las regiones que se ven más brillantes podrían ser debidas a la presencia de objetos celestes de fondo. Épsilon Eridani tiene un “movimiento propio” muy alto,

es decir, su posición con respecto a otros objetos celestes cambia notablemente con el paso del tiempo, de tal forma que en los 18 años transcurridos desde su primera detección sub-milimétrica, las fuentes del fondo inmóviles parecen haber cambiado de posición. Nuestra nítida imagen ha permitido distinguir que algunas de esas fuentes estaban atrás del anillo de polvo y producían ese abrillantamiento. Es decir, no se necesita invocar la presencia de un planeta de las dimensiones de Neptuno para explicar las diferencias de brillantez en el anillo. De hecho, una cosa muy interesante es que detectamos entre siete y diez objetos que están ahí y no sabemos qué son. Se ha dicho que posiblemente sean galaxias lejanas, lo interesante es que muchos de estos objetos nadie los había visto, ni el Hubble ni nadie, porque está muy oscurecido, porque si tú sacas una imagen en el óptico no se verá nada, tiene que ser en el lejano infrarrojo o en milímetros. El punto es que encontramos un montón de nubes y fuentes alrededor que no se sabe qué son, y si tú buscas catálogos de fuentes en el infrarrojo cercano no aparece ninguna de esas, no aparece tampoco en el óptico, ni en el ultravioleta.

### ¿De dónde proviene ese anillo de polvo frío alrededor de Épsilon Eridani?

Cuando las estrellas son muy jovencitas y no han utilizado todo su material para formarse tienen mucho gas y polvo, entonces la radiación de la estrella, que uno podría ver en el óptico, impacta en los alrededores y esa radiación es absorbida, y el polvo se calienta y re-emite esa radiación pero todo en longitudes de onda del infrarrojo lejano o milímetros, y eso por eso que en óptico tú no ves nada, en el infrarrojo cercano no ves nada, pero en el infrarrojo lejano y en submilímetros y en milímetros ahí es donde estás viendo porque hay polvo, la radiación de ese polvo. Hicimos entonces ahí un ejercicio, estamos trabajando en ello, y todo parece indicar que se trata de galaxias que están muy detrás de Épsilon Eridani, que está apenas a diez años luz, cuando estas están, déjame



© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

ver si me acuerdo, a 13 mil millones de años luz, o sea, estas galaxias están casi cuando el Universo era un bebé.

Lo bonito de esta imagen es que tienes el anillo completo, tienes la imagen estelar, que es la estrella completa por primera vez. Tanto el telescopio de Hawái como otro de 30 metros en Europa no lograron distinguir esta cosa, nosotros sí, y además todo este grumo de cosas detrás. La verdad es que, como dice David Hughes, el director del proyecto del GTM, posiblemente nuestra imagen de Épsilon Eridani, al igual que otras imágenes de otros telescopios, se convirtió en la imagen icónica del GTM porque era un reto. Y ahora logramos detectarla porque se trata de un telescopio suprasensible.

### **Aunque acabaron con el romanticismo de la existencia de un planeta...**

Exactamente, yo hubiera querido decir que sí lo hay, pero bueno, esa es una de las cosas que ocurren por la nitidez que es capaz de detectar este tipo de sistemas; cuando se los envié a los colegas que hicieron las observaciones hace 18 años con otros telescopios dijeron "Wow!!!", yo quiero colaborar contigo, qué onda con el GTM, etcétera. Y bueno, estamos armando un proyecto que es algo que yo quisiera que se dijera, porque la

historia no termina con Épsilon Eridani; de hecho, vamos a repetir las observaciones una vez que el GTM tenga los 50 metros, con aún más resolución y sensibilidad, vamos a ir a ver otra vez qué tan ancho es el anillo de polvo, a ver si logramos resolver sus dimensiones, y también buscar si se ha movido algo, etcétera.

### **¿Ya no es necesario comprobar que no hay planeta, ya comprobaron que no existe ningún planeta?**

No, no, quiero hacer hincapié en esto: nosotros dentro de nuestras incertidumbres, en la calibración, no podemos decir que hay irregularidades en el anillo, pero si vamos todavía más profundo y decrecemos las incertidumbres, a la mejor detectamos finalmente que sí hay irregularidades, pero necesitamos realizarlo todavía con mucho más detalles y es uno de los objetivos de hacerlo con un GTM operando con 50 metros.

### **O sea, ¿queda pendiente la negativa de la existencia de un planeta?**

Queda pendiente, exactamente. En el caso de Épsilon Eridani déjame hacer hincapié un poco en

este asunto del potencial planeta que podría tener. Existen dos factores que dificultan establecer a ciencia cierta si tiene un planeta o no. La imagen que obtuvimos con el GEM confía que el sistema de Épsilon Eridani es perpendicular a la línea de visión, lo que hace muy difícil advertir un planeta; distinto a si la viéramos de perfil, cuando podríamos ver, por ejemplo, el eclipse y veríamos el paso del planeta. Pero aun cuando el sistema estuviera de perfil habría dificultades en su detección, ya que la actividad magnética produce manchas en la superficie de las estrellas, como el caso del Sol que tiene manchas solares, entonces muchas veces con las manchas solares uno piensa que son planetas que están girando alrededor de la estrella y en realidad lo que estás percibiendo es la rotación de la mancha estelar.

La única forma de poder saber si hay un planeta alrededor de esa estrella va a ser viendo cómo disturba ese planeta el polvillo que está alrededor de esa estrella. Por eso vamos a continuar las observaciones.

**¿Por qué es tan importante Épsilon Eridani si hay millones de estrellas y algunas tan importantes y cercanas como esa? ¿Porque Épsilon Eridani es tan importante en nuestra cultura popular y ha sido protagonista de decenas de novelas, películas, serie de televisión, videojuegos y ahora con ustedes?**

Bueno, como tú lo has mencionado, esa estrella tiene un nombre bonito, está muy cercana y es muy parecida al Sol. Esos son los tres puntos clave. En realidad hay centenares de estrellas de las que se han descubierto este tipo de fenómenos, pero en ningún caso –en milímetros– tan bonita como esta; en ningún caso en milímetros se obtuvo esta imagen; de hecho, hay una que acaban de detectar con ALMA en otra estrella llamada Eta Corvi y que tiene un anillo muy similar, es aparentemente más chiquito, pero como tienen mejor resolución allá lo pudieron ver con mucho detalle,

se ve grumoso, y al igual que Épsilon Eridani, se cree que posee uno o varios planetas.

**¿Por qué existe tanto interés en los planetas fuera de nuestro sistema solar?**

El asunto de los exoplanetas es uno de los temas más candentes que hay desde el descubrimiento del primer exoplaneta alrededor de una estrella como nuestro Sol en 1995, hace 21 años, porque, imagínate, eso de saber si estamos solos en el Universo es en realidad una pregunta que ha trascendido desde los antiguos griegos; mientras que, por ejemplo, el concepto galaxia tiene unos cien años de antigüedad, la pregunta de si estamos solos en el universo tiene 2,300 años; o sea, es una pregunta muy fundamental. Claro que, sabiendo que nuestro Universo tiene del orden de  $10^{23}$ , o sea, un uno seguido de

© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.





© Daniel Machado. De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

23 ceros en el número de estrellas, significa que tarde o temprano vamos a encontrar un planeta con vida; si suponemos que cada una de esas estrellas tiene un planeta circulando a su alrededor, en algún momento del futuro tenemos que encontrar vida en otro lado; parece que encontrar vida en otro lado va a ser inevitable.

### ¿Dice vida inteligente?

No, vida en general.

**Bueno, las probabilidades de encontrar algún tipo de vida en el propio sistema solar son altas.**

Ah, bueno, pero algo que motiva mucho es saber que hay otros sistemas similares al del Sol. Desde el descubrimiento del satélite IRAS (Infrared Astronomical Satellite) en 1983, de la emisión del polvo circunestelar alrededor de la estrella VEGA, que dicho sea de paso también observamos con el GTM y obtuvimos una imagen espectacular, y poco tiempo después en otras tres estrellas, Épsilon Eridani, Fomalhaut y Beta Pictoris, que en conjunto se conocen como las “fabulosas cuatro”, la presencia de polvo alrededor de estrellas relativamente maduras ha resultado un fenómeno común y se conocen cientos de sistemas similares

a estos objetos celestes prototípicos. Estos sistemas de polvo, a veces muy retirado de la estrella y a veces tan cercano como la Tierra del Sol, representan los análogos de lo que en nuestro sistema planetario se conocen como los cinturones de asteroides y de Kuiper. Además, en la actualidad se conocen más de 3,500 exoplanetas. Por eso creo que las preguntas fundamentales son saber si hay sistemas similares al solar, o sea, si hay planetas rocosos y agua líquida en alguno de ellos. Ese tipo de preguntas. Luego, el contacto con esos planetas pues va a ser una cosa muy complicada porque por más cercanos que estén estos sistemas, están lejísimos para nuestros estándares terrestres.

### Épsilon Eridani, seis veces más joven que nuestro Sol ¿está formando planetas?

No, esa es una confusión que muchas veces nosotros también acarreamos. Vamos a ver: alrededor de estrellas muy jovencitas, de unos cinco y diez millones de años –o sea, unas bebés–, las estrellas se caracterizan por tener un disco protoplanetario que es de donde se forman los planetas; eventualmente, los granos de polvo que conforman

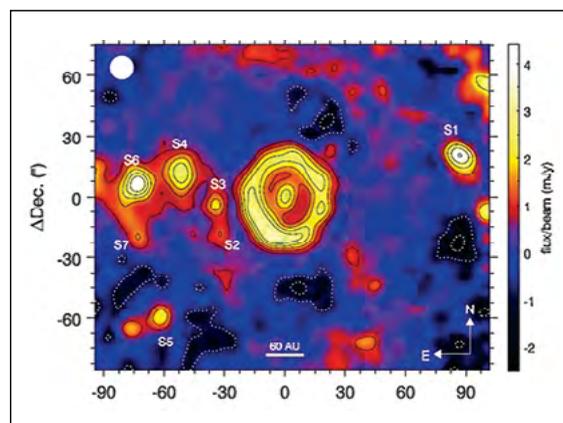
ese disco van creciendo y forman planetesimales y planetas de diferentes tamaños; hay una serie de teorías sobre esa formación, dependiendo de a qué distancia están, etcétera. Pero después de unas pocas decenas de millones de años, todo ese material que componía ese disco ya está muy enrarecido y solo hay (relativamente poco) polvo, planetas y planetesimales. La mayor parte del polvo y del gas que había ahí ya ha desaparecido casi en su totalidad pues hay una serie de efectos donde la radiación del sistema barre el polvo y lo expulsa del sistema; o bien, hay un efecto gravitatorio que hace que caiga ese polvo a la estrella y ahí queda consumido. La pregunta que se hacía cuando el descubrimiento de Épsilon Eridani en 1983-84 era: ¿y ese polvo qué hace ahí, puesto que no debe de existir en objetos como Épsilon Eridani que tiene 850 millones de años? Lo que ahora se entiende es que eso proviene de colisiones de planetas y planetesimales ya formados que, en algún momento, con órbitas inestables, se impactan y producen un reguero de polvo. Es polvo que viene de residuos de colisiones de planetas y planetesimales. Pero, por la edad Épsilon Eridani, ya sus planetas deberían estar formados.

**Por eso los planetas del nuestro sistema solar son casi tan antiguos como el propio Sol.**

De hecho sí, los planetas prácticamente tienen la misma edad del Sol. Y nuestros anillos provienen de colisiones de planetesimales. Pero si viéramos nuestro sistema solar a la distancia de Épsilon Eridani o de Alfa Centaury no podríamos ver los anillos que sabemos que existen, porque tienen muy poquito material. Emiten demasiado poco porque no ha habido colisiones prominentes en los últimos miles de millones de años.

**¿Qué tan grande es el éxito del GTM?**

No habrá en los próximos diez o veinte años ningún telescopio de plato único que logre tener las



**Figura 2.** Imagen de continuo de Épsilon Eridani indicando la emisión de las fuentes con la barra de colores de la derecha y el nivel de detección logrado con los niveles de contorno. (Imagen tomada de Chavez-Dagostino *et al.* Deep LMT/AzTEC millimeter observations of  $\epsilon$  Eridani and its surroundings, MNRAS, 6/2016).

capacidades del GTM. O sea, nuestro telescopio está ya proveyendo lo mejor de lo mejor, no va a haber forma de que alguien con un telescopio de antena simple lo supere. El interferómetro ALMA ha apuntado a un segmento del anillo de Épsilon Eridani y los resultados en realidad confirman nuestros hallazgos con el GTM. Quisiera decir que el GTM y ALMA serán un par de infraestructuras astronómicas complementarias formidables, sobre todo cuando el GTM opere ya con 50 metros el próximo año.

**¿Qué sigue a la exitosa observación de Epsilon Eridani con el GTM?**

En el caso de Épsilon Eridani hay algo que nosotros no logramos resolver con el GTM, tienes el anillo exterior que se ve muy bonito, pero aparentemente hay otro que no alcanzamos a ver; se tendría que usar otro tipo de instrumentación – aquella en que se basa la técnica interferométrica – para verlo, pues es un anillo que circunda mucho más cerca de la estrella. De hecho, las observaciones de ALMA no encuentran evidencia de que haya un disco interno y atribuyen la emisión extra a la atmósfera de la estrella, como concluimos con nuestro análisis de datos del GTM.

Nuestro equipo de trabajo está trabajando en la conformación de un proyecto de legado y de largo

alcance que hemos denominado “TUPURI” (puré-  
pecha de polvo) en el que planeamos observar una  
veintena de discos con la resolución y sensibilidad  
que proveerá el GTM de 50 metros. Anticipamos  
muchos descubrimientos en este programa.

### **¿Si el GTM pudiera soñar cuál sería su sueño?**

En mi opinión, en mi muy modesta opinión, el sue-  
ño del GTM es tener el mayor impacto en la cien-  
cia que se desarrolle en años venideros. Si el GTM  
tuviera conciencia, como dices tú, yo creo que di-  
ría: “a mí apúntenme a donde más impacto ten-  
ga”. Y yo percibo que tendrá un impacto notable,  
espero que así sea. Por ejemplo, en hacer física  
fundamental con observaciones del agujero ne-  
gro del centro de nuestra galaxia y de otras ga-  
laxias cercanas; hay que ir a conocer las propie-  
dades del material y asociar esas propiedades  
con el efecto que uno esperaría de las prediccio-  
nes de la relatividad general de Albert Einstein;  
eso es física fundamental, además de hacer con-  
tubernio el GTM con otro montón de telescopios  
en el planeta y que prácticamente te dan la capa-  
cidad interferométrica de un telescopio del tama-  
ño de la Tierra, con una capacidad de resolución  
de micro segundos de arco; o sea, para tener una  
idea de este alcance, esta resolución permite dis-  
tinguir objetos que tienen una milésima de las di-  
mensiones aparentes de Saturno en el firmamen-  
to. Es lo que va a ser posible resolver con el GTM  
y los nueve telescopios milimétricos que se van a  
poner a trabajar al mismo tiempo en México, en  
Chile, en Hawái, en el Polo Sur y otros. Porque  
queremos ir a ver la materia alrededor del agu-  
jero negro, son cinco millones de veces la masa  
del Sol y sería una experiencia que nos permiti-  
rá probar, por ejemplo, la relatividad general de  
Einstein en condiciones extremas, concretamen-  
te en el horizonte de eventos, que significa ver la  
sombra del agujero negro como lo predice la teo-  
ría, en términos del horizonte de eventos, prácti-  
camente la última órbita de la cual puede salir un  
fotón que tú puedes distinguir; de otra forma, se  
perdió la información.

### **Ahora el que dice Wow!!! soy yo.**

Para que te des una idea, este telescopio es ca-  
paz de distinguir, trabajando en conjunto con to-  
dos los telescopios mencionados, una pelota de  
golf en la Luna. Así que creo que uno de los sue-  
ños del GTM, si tuviera conciencia, es contribuir  
de manera decisiva a esta física fundamental y ob-  
tener una imagen por primera vez de un agujero  
negro para decir: efectivamente, así es, Einstein  
tiene razón, el horizonte de eventos es como se  
predice, etcétera.

Yo creo que el GTM soñaría con contribuir de  
manera decisiva a la investigación sobre el origen  
de la vida en la Tierra a través de análisis molecu-  
lares en diferentes etapas de la formación de las  
estrellas, en la evolución de las estrellas, cuando  
son muy jovencitas, quizá cuando son estrellas  
maduras, si es que algo de moléculas quedaron  
ahí en su entorno, pero sobre todo en el análisis  
de cometas en el sistema solar, que son de los  
objetos celestes más primigenios que hay y tie-  
nen memoria de cómo era el sistema solar cuan-  
do se estaba formando; ver qué moléculas había  
ahí y si efectivamente esas moléculas fueron de-  
positadas aquí y por eso es que tuvimos evolu-  
ción de vida en la Tierra.

En el transcurso de los próximos 2 a 3 años se  
incorporarán al GTM nuevos instrumentos que no  
solo permitirán fotografiar el cielo milimétrico con  
mucha mayor sensibilidad, sino también espec-  
trómetros que nos permitirán observar moléculas  
con todo detalle. El primero de estos instrumen-  
tos no tarda en llegar a México y lo vamos a lle-  
var al sitio para que en octubre del próximo año  
esté funcional; ipues órale!, a buscar moléculas  
en cometas y en regiones de formación estelar.

### **Muchas gracias.**

**Leopoldo Noyola**  
**Antropólogo**  
**Revista Elementos**  
[polo.noyola@gmail.com](mailto:polo.noyola@gmail.com)

© **Daniel Machado.** De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.



# Detección de FUGAS de hidrocarburos usando AVIONES no tripulados

Ernesto A. **Elvira Hernández**  
Agustín L. **Herrera-May**

El robo de combustibles es uno de los mayores problemas de Petróleos Mexicanos (PEMEX), provoca accidentes, daños al medio ambiente y pérdidas económicas. En 2014 la sustracción ilegal de hidrocarburos en ductos significó a PEMEX pérdidas económicas por alrededor de 1,150 millones de dólares. La mayoría de las fugas registradas se deben a sustracciones clandestinas que impactan negativamente a las instalaciones, la flora y fauna. Además, este tipo de accesos ilegales ha provocado algunos incendios con severos daños a comunidades cercanas a los ductos de hidrocarburos, especialmente en el estado de Puebla.

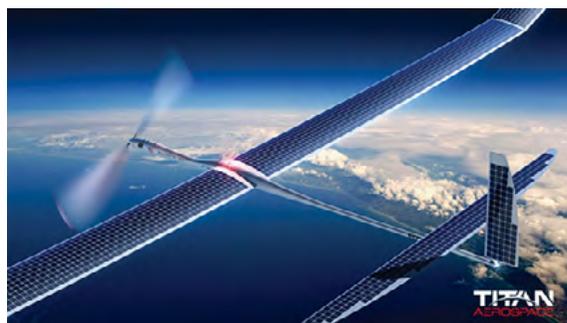
A continuación se describen sistemas de detección de fugas de hidrocarburos en tuberías usando aviones no tripulados (UAVs) provistos de cámaras infrarrojas. Las aeronaves se pueden controlar de manera remota desde una estación, en donde se realiza el procesamiento de las imágenes de los ductos y sus alrededores. Estas imágenes son captadas por cámaras infrarrojas de los UAVs que registran variaciones de radiaciones infrarrojas relacionadas con el hidrocarburo derramado. Así, un procesamiento adecuado de las imágenes captadas por las cámaras puede determinar las zonas donde se

está presentado la fuga de hidrocarburos, aplicando de forma inmediata los protocolos de seguridad y protección civil para reducir los riesgos del derrame de hidrocarburos.

#### **VEHÍCULOS AÉREOS NO TRIPULADOS (UAVs) CON CÁMARAS INFRARROJAS**

Un UAV (acrónimo por su nombre en inglés Unmanned Aerial Vehicle) es un vehículo sin tripulación que mantiene un nivel de vuelo controlado y sostenido mediante el uso de motores de corriente eléctrica. Los UAVs se han desarrollado desde la Segunda Guerra Mundial, cuando eran usados como objetivos para prácticas de la artillería antiaérea. En años recientes, la empresa Titan Aerospace de Google está desarrollando un UAV llamado Solara 50 (Figura 1), que operará a una altitud de 20 km durante un tiempo máximo de cinco años mediante celdas solares.<sup>1</sup> Este UAV usará bancos de baterías de iones de litio para almacenar la energía solar y operar durante los periodos de oscuridad. Solara 50 tendrá 15.5 m de largo con 50 m de envergadura de las alas y podrá alcanzar una velocidad de 104 km/h y transportar una carga de 32 kilogramos. Esta aeronave con sensores acoplados podrá emplearse en aplicaciones de monitoreo de fenómenos meteorológicos, funciones de seguridad y rescate, así como el suministro de internet en zonas remotas de nuestro planeta.

**Figura 1.** Diseño de UAV Solara 50 de la compañía Titan Aerospace de Google.<sup>1</sup>

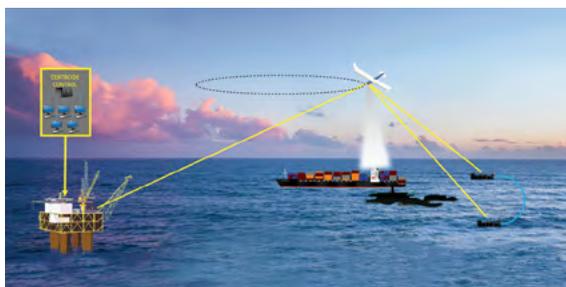


**Figura 2.** Avión no tripulado con capacidad para el monitoreo de fugas de hidrocarburos en ductos.<sup>2</sup> Courtesy of AeroVironment, Inc.

Se debe seleccionar el UAV adecuado para colocar una cámara infrarroja antes de realizar la inspección en las instalaciones de hidrocarburos para la localización de fugas. Si las instalaciones son de pequeña extensión como refinerías o estaciones de bombeo, se recomiendan los UAVs multirrotor que pueden ser controlados en espacios reducidos. En cambio, si la instalación es de grandes dimensiones como las tuberías de distribución de hidrocarburos, se recomiendan los UAVs tipo planeador debido a su menor consumo de energía y mayor capacidad para recorrer grandes distancias.

#### **SISTEMA DE DETECCIÓN DE FUGAS DE HIDROCARBUROS**

El UAV con cámara infrarroja puede monitorear fugas de hidrocarburos en tuberías de distribución.<sup>2</sup> Este avión tiene un GPS (sistema de posicionamiento global) con una ruta de monitoreo definida y una velocidad adecuada para asegurar una alta calidad en las imágenes y videos captados por su cámara infrarroja (Figura 2). Esta información se transmite en tiempo real a un centro de operaciones, en donde un procesamiento eficaz de imágenes puede detectar cambios de temperatura relacionados con las fugas de hidrocarburos. Si en alguna zona se detecta anomalía, el UAV puede obtener más imágenes para que el centro de operaciones determine si se trata de una fuga por accidente, extracción ilegal o una falsa alarma. Si se confirma el caso de fuga o de extracción ilegal, el centro de operaciones comunica este hecho a las corporaciones de seguridad y de protección civil correspondientes.



**Figura 3.** Esquema de un sistema de detección de fugas de hidrocarburos en instalaciones petroleras. Courtesy of AeroVironment, Inc.

Actualmente, AeroVironment<sup>3</sup> ofrece UAVs para sistemas de monitoreo de instalaciones industriales, tuberías de transporte de combustibles y zonas con incendios forestales (Figura 3). Estos sistemas son más económicos, consumen menos energía y pueden ser enviados a lugares de difícil acceso en comparación con sistemas tradicionales de monitoreo (aviones ligeros o helicópteros).

## DESAFÍOS

Uno de los principales retos de los UAVs es la autonomía de vuelo que afecta su distancia de recorrido antes de quedarse sin energía. Esta depende del tamaño y aerodinámica del vehículo, así como de las fuentes de energía de sus celdas solares o de almacenamiento de sus baterías.

El diseño aerodinámico de la aeronave es realizado por ingenieros e investigadores con ayuda de modelos computacionales especializados en dinámica de fluidos. En estos modelos se especifican las condiciones de presión y velocidad del fluido. Los resultados de estos análisis aerodinámicos ayudan a predecir su coeficiente y fuerza de arrastre. Estos parámetros deben ser minimizados para reducir el consumo de energía del UAV.

En un futuro, cuando se establezcan las legislaciones necesarias para su utilización, se incrementarán las aplicaciones de los UAVs. Otro aspecto a mejorar son las fuentes y almacenamiento de energía con mejores celdas solares y baterías ligeras de mayor duración. Otro reto es el empleo de materiales resistentes y de bajo peso para la estructura de los UAVs. Estos desafíos son una

oportunidad para el desarrollo de diferentes temas de investigación relacionados con UAVs en la detección de fugas de hidrocarburos en instalaciones petroleras.

## R E F E R E N C I A S

<sup>1</sup> <http://inhabitat.com/titan-aerospace-developing-worlds-first-solar-powered-atmospheric-satellite-drones/> (acceso el 9 agosto 2016).

<sup>2</sup> <https://www.avinc.com/uas/view/puma> (acceso el 20 agosto 2016).

<sup>3</sup> <https://www.avinc.com/publicsafety/applications/oilandgas>.

**Ernesto A. Elvira Hernández**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad Veracruzana**  
**[aelvira@hotmail.com](mailto:aelvira@hotmail.com)**

**Agustín L. Herrera-May**  
**Centro de Investigación en Micro y Nanotecnología**  
**Universidad Veracruzana**

© **Daniel Machado.** De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.





© **Daniel Machado.** De la serie Ciudades Muertas, 2010-2014.

# Ciencia a TIEMPO

## **EN EL CAMINO DE DESARROLLAR FÁRMACOS ANTICANCERÍGENOS Y ANTIDIABÉTICOS**

A partir de compuestos de vanadio, en cuyo estudio teórico y experimental es pionera la BUAP, investigadores del Laboratorio de Química Teórica de la Facultad de Ciencias Químicas se encuentran en el umbral de diseñar nuevos fármacos antidiabéticos y anticancerígenos. Estos últimos, menos tóxicos que las terapias actuales –quimio y radioterapia– y con una mayor actividad biológica para inhibir la proliferación de células malignas.

Con el proyecto “Estudio teórico de diversos sistemas moleculares con actividad anticancerígena, usando supercómputo”, el grupo encabezado por el doctor Francisco Javier Meléndez, nivel III del Sistema Nacional de Investigadores, ha logrado la caracterización molecular de los compuestos de vanadio –contra diabetes mellitus y cáncer de mama–, el cual actúa como un conductor para llevar el fármaco específico al órgano o tejido dañado.

Se trata de los complejos de vanadio con estados de oxidación IV y V, caracterizados por su actividad antidiabética al estimular el transporte de glucosa y la síntesis de glicógenos, tanto en vivo como *in vitro*. A través de la química cuántica, han diseñado teóricamente tres compuestos contra el cáncer de mama y seis para el tratamiento de la diabetes.

## **CREAN PRODUCTOS BIODEGRADABLES PARA USO EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ**

En el proyecto “Síntesis de copolímeros basados en Poli(ácido láctico) (PLA) para aplicaciones en el desarrollo de fibras automotrices biodegradables”, cuyo responsable es el doctor Jorge Raúl Cerna Cortez, de la Facultad de Ciencias Químicas (FCQ) de la BUAP, se busca sintetizar un copolímero para fabricar fibras que sean empleadas, de acuerdo con sus características, en recubrimientos de asientos y tapetes.

El polímero principal es poli(ácido láctico). La materia prima para sintetizar dicho polímero se obtiene de la fermentación del bagazo de caña de azúcar y papa. El PLA es un polímero constituido por moléculas de ácido láctico, que una vez polimerizadas presentan propiedades semejantes a las del poliestireno cristal, el cual es un producto basado en derivados del petróleo. Por lo tanto, es posible fabricar vasos desechables biodegradables. Lo que se pretende es combinar al PLA con otros polímeros para formar un copolímero, con la característica de degradarse en un menor tiempo que el plástico.

La investigación está en la etapa de fabricación de las fibras. En colaboración con el doctor César Márquez Beltrán, del Instituto de Física “Luis Rivera Terrazas”, se diseñan y fabrican fibras de tamaño nanométrico. En las pruebas se buscarán las condiciones óptimas de voltaje a utilizar y concentración de los copolímeros prototipo.

#### **NUEVO BIOFUNGICIDA PARA ELIMINAR FITOPATÓGENOS EN HORTALIZAS**

Un equipo multidisciplinario del Instituto de Ciencias de la BUAP (ICUAP) desarrolló un fungicida natural que reduce la presencia de fitopatógenos responsables de infectar la siembra de hortalizas, marchitar los tallos y causar enfermedades en las plantas. Además, la formulación es una alternativa para disminuir el uso de compuestos químicos en los cultivos.

“Utilizamos *Trichoderma harzianum*, un hongo funcional común en el suelo, para generar productos biológicos que inhiban y controlen el crecimiento de patógenos, y contribuyan a que las plantas absorban de una forma más eficiente los nutrientes en el sustrato”, explicó el doctor Omar Romero Arenas, investigador del Centro de Agroecología (CENAGRO) del ICUAP.

A partir de la cepa *TH-CA1* de este hongo se realizó una bioformulación en la que se integraron dos compuestos orgánicos como preservantes (almidón de maíz y alga marina) y un ingrediente inerte como soporte (zeolita), responsables de proporcionar ciertas ventajas a *T. harzianum* al momento de ser inoculado en las plantas.

La bioformulación estimula el crecimiento vegetal en las raíces secundarias, por lo que ya ha sido probada en hortalizas como jitomate, chile y ejote, así como en maíz, frijol, calabaza y plátano, en regiones de Puebla y Veracruz, donde comprobaron una reducción de fitopatógenos presentes en el suelo. Con el nombre de Fungi-BUAP se pretende comercializarla.

*Ciencia a Tiempo* es el canal de divulgación de la investigación en ciencia y tecnología de la BUAP. Elizabeth López Juárez, Yassin Radilla Barreto y José Enrique Tlachi Rodríguez, reporteros. Beatriz Guillén Ramos, responsable de Información y Prensa de la Dirección de Comunicación Institucional de la BUAP.

# Libros



ESTRATEGIAS Y AVANCES EN EL ESTUDIO  
DE TOXINAS DE INTERÉS PARA LA BIOMEDICINA

**EDITADO POR FABIOLA PAZOS SANTOS**

**Y CARLOS ÁLVAREZ VALCÁRCEL**

Biotox/Cytel/BUAP

México, 2015

Este libro resulta de la experiencia investigativa de los grupos que integran la Red Temática Iberoamericana en el campo de las toxinas de impacto en la Biomedicina.

Parte de la gran diversidad biológica de la fauna latinoamericana está compuesta por especies venenosas escasamente estudiadas y que en algunos casos pueden representar un problema para la salud. Esta biodiversidad representa un reservorio importante de moléculas bioactivas, en particular de toxinas. Tales biomoléculas pudieran servir de herramientas para estudios farmacológicos y para la formulación de nuevos agentes terapéuticos.

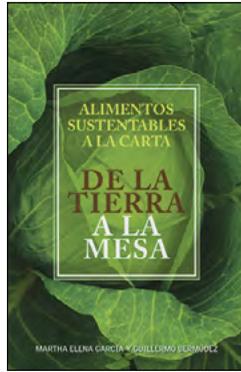
Las toxinas, además de sus implicaciones inmediatas para la salud, se han constituido en nuevas drogas o han servido como moldes para el diseño de novedosos medicamentos. Algunas de las toxinas identificadas en estos venenos bloquean canales iónicos asociados con enfermedades degenerativas como el Alzheimer, el Parkinson; otras afectan a los linfocitos T y pueden ser herramientas útiles para comprender y tratar enfermedades autoinmunes como el lupus eritematoso disseminado y la esclerosis múltiple, entre otras. Su caracterización pudiera servir como herramienta para el

estudio o tratamiento de estas enfermedades. Se han identificado además toxinas con actividad procoagulante y anticoagulante, que podrían ser desarrolladas como herramientas en investigaciones sobre homeostasia y/o como potenciales agentes terapéuticos para prevenir problemas hemorrágicos o trombóticos. Otro grupo de toxinas de sumo interés lo componen las defensas con capacidad bactericida y antiparasitaria.

Los venenos constituyen bibliotecas naturales, altamente evolucionadas, de moléculas activas que pueden ser empleadas como terapéuticos, productos líderes o ser incorporadas a sistemas más complejos, tales como inmunotoxinas, dirigidas contra células cancerosas u otros sistemas nanobiotecnológicos para la entrega de moléculas al citosol celular contra enfermedades complejas como lo es el propio cáncer.

Este libro tiene como propósito fundamental brindar un panorama de las estrategias empleadas para el estudio y la caracterización de diferentes toxinas, su separación, purificación y el estudio de su mecanismo de acción. No es un estudio exhaustivo, más bien se trata de un material de carácter general cuyo propósito es servir para orientar en estrategias a aquellos especialistas que se desarrollan en el campo de las toxinas o a los interesados en adentrarse en este ámbito.

Los autores son reconocidos especialistas depositarios de una vasta experiencia en el estudio molecular y funcional de venenos o toxinas procedentes, fundamentalmente, de animales terrestres y marinos, con mecanismos de acción diferentes y con distintas implicaciones para la Biomedicina, y en algunos casos, en la evaluación y empleo de antivenenos. Su publicación fue posible gracias al apoyo financiero del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) con la participación de grupos de investigación procedentes de Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, España, México y Venezuela.



ALIMENTOS SUSTENTABLES A LA CARTA

DE LA TIERRA A LA MESA

**MARTHA ELENA GARCÍA Y GUILLERMO BERMÚDEZ**

CONABIO / Calmil Comunicación

México, 2014

La distancia que hay entre producir y recolectar nuestros propios alimentos, frente a encontrarlos ya transformados y empacados en una tienda de autoservicio, genera una desconfianza que desde nuestro punto de vista tiene que ver con el instinto de conservación, señalan en un mensaje introductorio a este libro Cristina Barros y Martín Buenrostro. ¿Quién puede confiar su salud y su alimentación a empresarios que han mostrado fundamentalmente que solo tienen interés en la ganancia? ¿Cómo creerles, si con sus productos están generando enfermedades que ya afectan a millones de personas en el mundo en general, y en México en particular, como son algunos tipos de cáncer, obesidad, ciertos tipos de diabetes, problemas cardiovasculares, hiperactividad y otras más?

*Alimentos sustentables a la carta: de la tierra a la mesa*, de los periodistas de ciencia Martha Elena García y Guillermo Bermúdez, toca uno de los temas más relevantes y urgentes por atender en nuestros tiempos para México y el mundo entero. Se trata del reto de producir alimentos sanos, diversos, aptos y en cantidades suficientes para alimentar a la población mundial, a la vez que usar en forma sustentable el medio ambiente, su biodiversidad cada vez más amenazada y los recursos cruciales para la producción agrícola (agua, suelo, minerales y nutrientes).

En opinión de la doctora María Elena Álvarez-Buylla Roces, esta obra abona a la conciencia de todos para ejercer de una manera más cabal nuestra responsabilidad de cuidar lo que somos y comemos, de cuidar, por lo tanto, nuestra salud y con ello contribuir al futuro y la sustentabilidad de la Tierra.

En la actualidad nos inundan las tiendas y mercados de alimentos y platillos preparados procedentes de regiones y países lejanos, afirma a su vez el doctor Luis Alberto Vargas. Los medios de comunicación difunden recetas y procedimientos novedosos. La publicidad nos acosa para consumir aquello producido por la industria. Aumentan las oportunidades para comer fuera de casa y cada vez preparar menos alimentos en nuestras cocinas. Se ofrece comida y bebida en la calle lista para ser consumida. En otras palabras: cada vez hay mayor abundancia y variedad pero, paradójicamente, somos menos libres en nuestras elecciones.

Todos los alimentos tienen una historia que contar, y muchos de los que hoy nos llevamos a la boca se asocian a distintas enfermedades, varias de ellas derivadas de la epidemia de obesidad que sufre nuestro país. Los cambios en nuestra dieta y en los distintos eslabones que conforman la cadena alimentaria, desde la producción de alimentos hasta el camino que siguen para llegar a la mesa, son los ingredientes iniciales utilizados en la elaboración de *Alimentos sustentables a la carta: de la tierra a la mesa*.

Martha Elena García y Guillermo Bermúdez examinan de la mano de especialistas la posibilidad de practicar una agricultura sustentable, libre de plaguicidas, transgénicos y suplementos artificiales, orientada a la recuperación de la biodiversidad, el manejo agroecológico y al redescubrimiento de lo orgánico, rumbo a una alimentación más sana. Buen provecho.



CICLOS Y AVATARES DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR  
EN MÉXICO. ANTOLOGÍA PERSONAL

**ROLLIN KENT SERNA**

Biblioteca de la Educación Superior / ANUIES / BUAP

México, 2016

Los trabajos reunidos en Ciclos y avatares de la educación superior en México, Antología personal, de Rollin Kent Serna, dan cuenta de una inaplazable trayectoria individual, vital, académica e intelectual, pero que adquiere sentido en el marco de un contexto específico sociocultural, político y de políticas. La selección de un conjunto de textos para ser reunidos en un libro es una decisión que revela significados específicos de trabajos elaborados bajo el peso de climas culturales concretos, en los que la interpretación y los análisis de un autor son gobernados por una mezcla azarosa de curiosidad intelectual, insatisfacción teórica y rigor académico.

Rollin Kent Serna es miembro del Sistema Nacional de Investigadores y de la Academia Mexicana de Ciencias; estudió Historia en Dartmouth College e hizo su maestría en Educación en el Cinvestav del IPN; ha sido profesor de la UNAM, del Cinvestav y en las universidades de Harvard y Oslo; actualmente se desempeña como catedrático de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Los diez textos incluidos en este libro ofrecen evidencias claves de los hallazgos, las explicaciones, las contradicciones y las nuevas preguntas propuestas por Kent a lo largo de casi treinta años. Son artículos y ensayos que han sido multicitados en la bibliografía especializada por múltiples autores nacionales e internacionales, y que han sido referente obligado en

la formación de nuevas generaciones de académicos interesados en los temas de la educación superior mexicana. Ofrecen una perspectiva breve pero sistemática de los intereses intelectuales que orientan el trabajo académico de los especialistas, pero que también forman parte de la agenda de investigación, de reflexión y debate público que se han fraguado lentamente en el campo de la educación superior.

# La SOFOCACIÓN del saber

La ciencia siempre ha sido una sola, pero la galopante exactitud de la investigación, que requería de una profunda especialización, hizo que la ciencia se fragmentara en ámbitos cada vez más parciales y pequeños, los cuales cada vez tenían menos que ver con el humano. Así es como la unidad de la ciencia desapareció en sí misma. Su totalidad se escondió tras las funciones particularizadas, así como el ser del mundo se escondió tras las múltiples especializaciones de la especulación científica. ¿Y cuál es el rumbo final de este método especulativo que nos prometió la objetividad pura haciendo olvidar la subjetividad, la contemplación y el pensamiento humanos? Nos parece cada vez más claro que este camino lleva a la sofocación de nuestro saber en un pequeño círculo de preguntas sin respuesta.

*Eurípides* de **Walter F. Otto**

---

## **Fe de erratas**

En el número 104 de *Elementos* incurrimos en un error en el Sumario al repetir el apellido del investigador Agustín Leobardo Herrera May (Supervisión de salud estructural: nuevos métodos magnéticos) en el nombre de la investigadora Diana Elisa Bustos Contreras (Aportes del enfoque de cuenca al área natural protegida "Cerro de la Tortuga") del artículo inmediatamente posterior. En el interior los apellidos fueron los correctos. Ofrecemos disculpas a ambos.



COMPLEJO  
CULTURAL  
UNIVERSITARIO

8 años *contigo*



**BUAP**

   **ccubuap**  
[www.complejocultural.buap.mx](http://www.complejocultural.buap.mx)

