

Biología y Sociedad



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FCB

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Una publicación de la
Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtro. Rogelio G. Garza Rivera
Rector

Dr. Santos Guzmán López
Secretario General

QFB. Emilia Edith Vásquez Farías
Secretario Académico

Dr. Celso José Garza Acuña
Secretario de Extensión y Cultura

Lic. Antonio Ramos Revillas
Director de Publicaciones

Dr. José Ignacio González Rojas
Director de la Facultad de Ciencias Biológicas

Cuerpo Editorial de Biología y Sociedad

Dr. Jesús Ángel de León González
Editor en Jefe

Dra. María Elena García-Garza
Editor Técnico

Editores adjuntos:

Dr. Juan Gabriel Báez-González
Alimentos

Dr. Sergio I. Salazar-Vallejo
Dra. Evelyn Patricia Ríos-Mendoza
Biología Contemporánea

Dr. Sergio Arturo Galindo-Rodríguez
Dra. Martha Guerrero-Olazarán
Biotecnología

Dr. José Ignacio González-Rojas
Dr. Eduardo Alfonso Rebollar-Téllez
Ecología y Sustentabilidad

Dr. Reyes S. Tamez-Guerra
Dr. Iram P. Rodríguez-Sánchez
Salud

DG Jorge Ortega Villegas
Diseñador Gráfico

M.C. Alejandro Peña Rivera
Desarrollo y Diseño Gráfico, Web

Ing. Jorge Alberto Ibarra Rodríguez
Página web

BIOLOGÍA Y SOCIEDAD, año 2, No. 4, segundo semestre de 2019, es una Publicación semestral editada por el Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Ciencias Biológicas. Av. Universidades s/n, Cd. Universitaria San Nicolás de los Garza, Nuevo León, www.uanl.mx, biologiaysociedad@uanl.mx Editor responsable: Dr. Jesús Ángel de León González. Número de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-060914413700-203, Ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: y fecha: Dr. Jesús Ángel de León González, de fecha 18 de septiembre de 2018. ISSN en trámite.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores y no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido de la publicación sin previa autorización.



CONTENIDO

REFLEXIONES SOBRE CÓMO LLEGAR A SER UN BUEN TAXÓNOMO	4
INFLUENCIA DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA EXPRESIÓN GÉNICA	19
PLANTAS MEDICINALES COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO EN EL TRASTORNO DEL COLESTEROL	30
EL IMPACTO CIENTÍFICO DEL TRABAJO DE STEPHEN HAWKING	41
LAS ARAÑAS TELA DE BOLSO EN AMÉRICA	50
OSITOS DE AGUA (TARDIGRADA) DE MÉXICO: LOS FAMOSOS DESCONOCIDOS	61
SOBRE LOS AUTORES	71

Al día de hoy, la revista de divulgación científica *Biología y Sociedad* alcanza su cuarto número publicado. Es indudable el trabajo realizado por el Comité Editorial que la conforma. Un agradecimiento a todos por su espléndido trabajo.

Seis son los artículos que constituyen este número. En el primero, Reflexiones sobre como llegar a ser un buen taxónomo, el Dr. Sergio I. Salazar-Vallejo nos lleva con una narrativa amena, desde sus vivencias personales y sustentado en un gran número de obras, a la importancia de reconocer patrones en la naturaleza, a reforzar la memoria mediante repeticiones seriadas de información, de elaboración de esquemas de estructuras morfológicas, así como el constante uso de la literatura para lograr alcanzar un buen nivel como taxónomo de cualquier grupo zoológico o botánico.

Por su parte, el Dr. Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente y colaboradores nos comparten el conocimiento que existe sobre la influencia de los campos electromagnéticos generados por diversos medios, y los posibles problemas a nivel de síntesis de ADN, ARN y proteínas.

En la tercer aportación, el Dr. Rahim Foroughbakhch Pournab y colaboradores nos muestran diversas plantas medicinales con alternativa de tratamiento en el trastorno del Colesterol, entre las que se encuentran el Ajo (*Allium sativum*), Cardo mariano (*Silybum marianum*), Curcuma (*Curcuma longa*), Linaza (*Linum usitatissimum*) y el Diente de León (*Taraxacum officinale*).

En el cuarto artículo, el Dr. J. Ruben Morones Ibarra nos relata sobre el impacto científico del trabajo

de Stephen Hawking, uno de los cosmólogos y astrofísicos más reconocidos de los últimos 50 años.

Manuel de Luna y colaboradores nos adentran al interesante mundo de las arañas tela de bolso, desde su biología, diversidad y distribución en América.

Por último, el sexto trabajo presentado por Guisela A. de León Espinosa y colaboradores, nos introduce al mundo de los tardígrados, animales casi desconocidos para el común de las personas, y que forman un Phylum de invertebrados microscópicos que pueden ser encontrados en cualquier tipo de ambiente, los cuales tienen una capacidad alta de entrar en un estado llamado criptobiosis, lo que les ayuda a superar condiciones ambientales extremas.

Biología y Sociedad agradece el apoyo y generosidad de quienes contribuyeron con sus manuscritos y los sometieron al proceso editorial de esta revista de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Una de las nuevas políticas gubernamentales trata sobre la "Apropiación Social del Conocimiento", es imperioso mencionar que la Facultad de Ciencias Biológicas, desde sus inicios hace ya 67 años, ha contribuido en diferentes programas a este objetivo. Así también, a través de *Biología y Sociedad* que vio la luz hace dos años, ha contribuido de manera rotunda a la apropiación social del conocimiento, mediante su primicia de hacer llegar la información científica en un lenguaje claro y cotidiano para que este a disposición de lectores no especializados.

Dr. Jesús Angel de León González
Editor en Jefe



REFLEXIONES SOBRE CÓMO LLEGAR A SER UN BUEN TAXÓNOMO

✉ Sergio I. Salazar-Vallejo
ECOSUR, Chetumal
Savs551216@hotmail.com, ssalazar@ecosur.mx





Cuando cursaba el cuarto semestre de la carrera de Biólogo en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en el curso de Zoología de invertebrados no artrópodos, me llamaron mucho la atención los poliquetos. En las prácticas de laboratorio vimos a los gigantescos anfinómidos, los abundantes eunícidos y nereídidos, y los muy espectaculares serpúlidos. El profesor responsable era el Biól. Carlos Briseño de la Fuente[†] y cuando le pregunté si eran difíciles de identificar, me dijo que no había especialista en el país, y que los gusanos eran demasiado difíciles para mí, por lo que era mejor que no me metiera con ellos. Picó mi orgullo. Ahora podría ser considerado bullying, pero no podría serlo entre un veterano de la segunda guerra y un jugador de fútbol americano. Ambos sabíamos que en los entrenamientos se dicen cosas peores para motivar a los jóvenes. Una de las consecuencias fue que solicité ser estorbante en su laboratorio; la otra, tratar de conocer mejor al grupo, pero mis avances eran muy lentos. Pese a mis limitaciones, pensé que era buena idea tratar de ser taxónomo de poliquetos.

En una plática de pasillo, el Dr. Fernando Jiménez me recomendó buscar un entrenamiento con un especialista, por lo que le escribí al Dr. Kristian Fauchald[‡], especialista en el grupo, quien se acaba de mudar de la Fundación Allan Hancock, de la Universidad del Sur de California (USC), al Museo Nacional de Historia Natural de la Institución Smithsonian en Washington. En el verano de 1979 asistí al curso sobre taxonomía de poliquetos del Dr. Fauchald en la isla de Santa Catalina, en el sur de California. La estación de USC estaba en el poblado de Two Harbors, al otro extremo del popular resort de Avalon. Mediaba la segunda semana del curso cuando nos anunciaron que una expedición a las Galápagos pararía por unas horas en Two Harbors y que podríamos subir al buque RV *Lulu* del Instituto Oceanográfico de Woods Hole y ver el submarino *Alvin*. El ecosistema hidrotermal acaba de ser descubierto; era tan espectacular que lo habían denominado jardín de rosas por el colorido de unos poliquetos gigantes tubícolas y había mucha curiosidad e interés por el tipo de organismos que podrían hallarse en sitios tan distintos a todo lo conocido.

Al subir a cubierta, le entregaron al Dr. Fauchald un frasco de vidrio con un poliqueto escamoso de varios

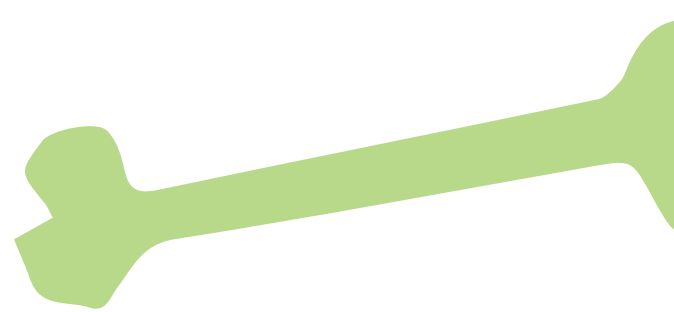
centímetros de longitud; lo observó unos instantes y exclamó: 'nuevo género.' Sus ojos brillaban y era evidente su entusiasmo, por lo que no pude evitar preguntar: ¿Cómo sabe que es un género nuevo? Su respuesta fue desconcertante: 'Porque lo sé.'

Me asaltaron varias dudas: ¿cómo opera el cerebro de un taxónomo?, ¿cómo se distingue tan rápidamente una novedad?, o ¿cómo puede saberse el nivel taxonómico de la misma? Regan (1926) había indicado que un taxón cualquiera era definido por un buen taxónomo, dependiendo de que los organismos tuvieran caracteres morfológicos suficientemente distintivos para esa categoría. Muy bien, pero la cuestión sigue, ¿cómo se consigue llegar a eso? O su derivada, ¿Cómo se forma un buen taxónomo?

No hay respuestas sencillas ni breves ante estas cuestiones. Al volver a la facultad, le pregunté al Dr. Salvador Contreras[†] qué hacía falta para ser taxónomo. Respondió que son indispensables una mente fotográfica, buena capacidad de observación, conocimiento de la literatura, así como pasar buen tiempo estudiando los organismos para entender las variaciones y sus rangos. Tenía razón.

Lineo lo había expuesto en cuatro aforismos metodológicos de su *Genera Plantarum: Ratio Operis*, publicado en 1737. Dichos aforismos son el 1, el 6, el 10 y el 20. El primero decía que todo nuestro conocimiento depende de un método comparativo (colación); el sexto indicaba que géneros y especies son naturales; el décimo indicó que "cada género está circunscrito por límites y términos reales, que denominamos caracteres genéricos"; y el vigésimo resaltó que para establecer un carácter natural deben considerarse todas las especies conocidas (Müller-Wille y Reeds, 2007). Este método fue lamentablemente poco conocido, pese a haber traducciones antiguas al inglés por Rose (1775) y al español por Palà y Verdèra (1778).

Confieso que 40 años después del curso mencionado no he conseguido ser buen taxónomo, y que me ha costado mucho trabajo atenuar mis deficiencias. Me atrevo a compartir estas reflexiones esperando resulten de alguna utilidad para los interesados en iniciar, o en consolidar, sus afanes como taxónomos. Cierto que mi deformación académica me obliga a una perspectiva limitada desde los anélidos marinos, y también es cierto que la disciplina no



es tan popular como lo era hace un siglo, pero su relevancia sigue vigente. La taxonomía es el 'estudio de los resultados de la evolución, y de dicho estudio uno puede esperar comprender el significado de la evolución' (Regan, 1926). Lamentablemente, la falta de claridad sobre la forma cómo opera el cerebro del taxónomo para determinar novedades motivó críticas. El procedimiento parecía caprichoso o subjetivo, lo que motivó rechazos y propinó el surgimiento de mecanismos alternos, cuantitativos y supuestamente objetivos para delinear los taxa.

PATRONES

La naturaleza se organiza en regularidades de forma y de función, mismas que son conocidas como patrones. La investigación científica se enfoca al descubrimiento o comprensión de los patrones de la naturaleza (Ahumada, 1995; Hong, 2013); en la taxonomía morfológica, dichos patrones son configurados por el conjunto de los caracteres morfológicos de los organismos. Por su parte, Rogers y Appan (1969) enfatizaron que "la habilidad para percibir patrones es la cualidad más distintiva que distingue un taxónomo competente de uno ineficaz."

Debemos conocer las hipótesis de Kemp (2016) sobre los taxa: 1) los organismos forman grupos discretos por morfología similar y difieren de otros grupos a pesar de la continuidad ambiental que ocupen; 2) Estas unidades morfo-espaciales incluyen todos los caracteres que representan grupos de especies; 3) Las agrupaciones se determinan por nichos ecológicos similares; y 4) La progresión correlacionada es el mecanismo más importante para mantener la integración y permitir transiciones evolutivas.

Cronquist (1978) seguía a de Candolle (1815) en su definición clásica de morfoespecie, que es particularmente ilustrativa en estos aspectos: 'Las especies son los grupos más pequeños de organismos que son distintivos de manera consistente y persistente y que pueden distinguirse por medios ordinarios. Las diferencias consistentes y persistentes implican aislamiento reproductivo. Dichas diferencias resultan de discontinuidades en la variación.' Por medios ordinarios

debe entenderse los acuerdos al grupo de organismos en cuestión, que a menudo dependen del tamaño de los organismos, o de las necesidades para distinguir sus características diagnósticas.

Debe enfatizarse que algunos taxónomos practicantes no comprenden la diferencia entre diagnóstico y descripción. Por ejemplo, los seguidores de Marian Pettibone entre los poliquetólogos, o algunos cladistas que generan sus caracterizaciones a partir de las matrices, llaman diagnóstico a una acumulación de atributos sin percatarse de que al ser variables, algunos no pueden ser diagnósticos. Winston (1999) aclaró sus diferencias. La diagnóstico es un enunciado breve y comparativo que indica las diferencias con taxa similares (que algunos insertamos en los remarks, *mih!*) y se basan en atributos invariables (o con rango distintivo, podríamos añadir); las diagnósticos pueden hacerse para todas las categorías taxonómicas. La descripción, por su parte, es una caracterización más larga y detallada de los atributos morfológicos que sean relevantes taxonómicamente, invariables o variables, y que se usa para especies y subespecies.

Regresemos a los patrones. El primer aspecto es distinguirlos. Para lograrlo, conjuntamos nuestras observaciones con lo que tenemos en la memoria y si concuerdan, tenemos una identificación. El procesamiento de patrones es la esencia del cerebro humano; los patrones concretos se refuerzan normalmente por las experiencias emocionales y por la iteración (Mattson, 2014). Las observaciones de distintos patrones forman la memoria y es lo que usamos de manera implícita y subconsciente en el reconocimiento de patrones. Hay varios mecanismos involucrados en el reconocimiento de patrones que los psicólogos denominan teorías (Pi et al. 2008):

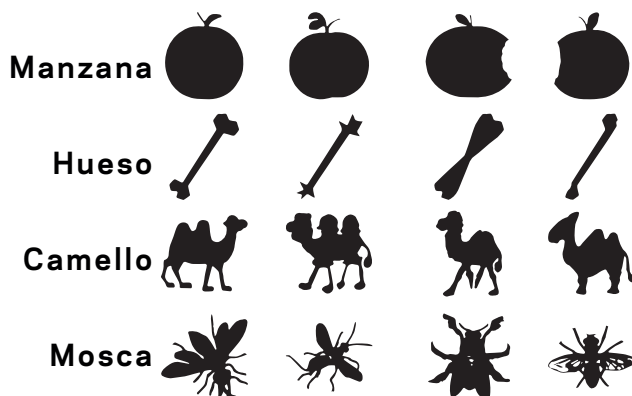
Reconocimiento de modelos. Un objeto se almacena como un modelo. Uno nuevo se compara para buscar coincidencias y de haberlas, se consideran idénticos, aunque haya ligeras diferencias en la forma, el modelo persiste como se muestra con las variaciones en la letra **A** mayúscula a continuación. Por otro lado, algunos objetos complejos pueden tener más de un patrón, y eso puede confundirnos. Dicha confusión ilustra cómo opera nuestro cerebro al reconocer modelos.

A A CA



Fuentes: www.psychologytoday.com/intl/blog/theory-knowledge/201305/perception-and-perceptual-illusions
<https://medium.com/@wallonthe-fly/the-pattern-recognition-5812413c457f>

Ajuste con prototipos. Distintos objetos se agrupan por sus características compartidas o promediadas en un prototipo. Un objeto nuevo se compara con el prototipo para buscar coincidencias y, de haberlas, se consideran afines por sus características generales o similares, aunque la coincidencia no sea exacta.

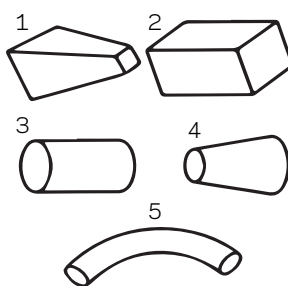


Fuente: <https://medium.com/@wallonthe-fly/the-pattern-recognition-5812413c457f>

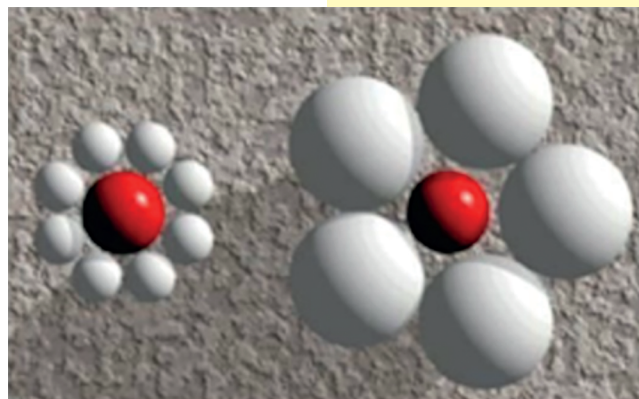
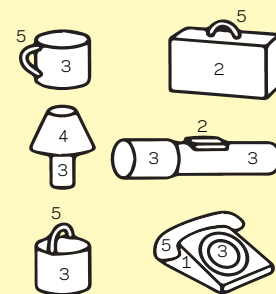
Análisis de estructuras. La mente percibe las estructuras sueltas de manera separada y puede reconocer los organismos de los que proceden, porque recordamos los patrones completos y porque hay coincidencias de la estructura suelta con el organismo. Este enfoque es común en paleontología, así como en biología forense o en estudios de contenido estomacal.

Geometría de componentes. La mente recuerda márgenes y concavidades de un contexto al asimilarlas a patrones geométricos tridimensionales. Se supone que hay unas 36 formas básicas, o geones, que pueden combinarse de manera ilimitada. Este mecanismo también permite reconocer tamaño o proporciones, pero debe atenderse el contexto ya que, como se muestra a continuación, las esferas rojas son del mismo tamaño, pero parecen distintas por su contexto.

Geones



Objetos



Fuentes: <https://medium.com/@wallonthe-fly/the-pattern-recognition-5812413c457f>
www.psychologytoday.com/intl/blog/theory-knowledge/201305/perception-and-perceptual-illusions



Fuente: <https://designculture.com.br/pareidolia-e-apofenia>

Procesamiento predictivo. Descansa en la experiencia (memoria) para reconocer los patrones; a menudo tenemos información incompleta y el cerebro debe adivinar lo faltante. La apofenia es una situación extrema en la que se detectan patrones inexistentes, o que percibimos algo que no existe en realidad, como en la imagen insertada arriba que semeja un caballo hecho de nubes.

Faltaría una teoría adicional, derivada de la combinación de las anteriores, que enfatice la detección de anomalías o discontinuidades. Quiero decir, los mecanismos inherentes a las teorías precedentes enfatizan la semejanza o ajuste entre las observaciones nuevas y la información almacenada en la memoria, pero faltaría una para explicar la detección de las diferencias.

El primero que apuntó en esta dirección fue el ornitólogo inglés Strickland (1841) que rechazaba que las clasificaciones fueran simétricas, que el contenido de los grupos taxonómicos fuera equivalente, que 'la variación era una grandiosa y hermosa ley de la naturaleza' (p. 187), y que entre géneros y especies 'deben hacerse brinco (o discontinuidades) entre una parte y otra' (p. 191). Antes de extender este punto, debemos pasar a considerar la memoria.

MEMORIA

Como se comprenderá con la información precedente, el reconocimiento de patrones depende de la

información almacenada en la memoria. Así como aprendemos el patrón de la secuencia del alfabeto, por iteración, es cómo llegamos a reconocer los patrones de los nuevos objetos con lo disponible en la memoria. De hecho, como indicaron Pi et al. (2008), hay tres tipos progresivos de memoria: sensorial, de corto plazo, y de largo plazo. También mencionaron que para que la información almacenada alcance la mayor duración hace falta que la información sea procesada meticulosamente, y que el proceso sea repetido. De otra manera, desaparecerá.

Entonces, para mejorar nuestras capacidades para reconocer patrones dependemos de las observaciones repetidas, o iteración, así como del optimizar los sentimientos que experimentamos sobre la relevancia de nuestro quehacer, y el gusto por hacerlo (Hillman 2016). Es posible que por el rechazo de la taxonomía sea muy difícil potenciar los sentimientos de los jóvenes interesados en formarse en ese terreno, por lo que el respaldo de sus maestros será fundamental, y hay recomendaciones en otra parte (Salazar-Vallejo et al., 2018). Dos herramientas son particularmente portentosas para formar la memoria de largo plazo: correr las claves de identificación y realizar dibujos de los organismos o de sus estructuras

Las claves de identificación son a menudo dicotómicas y presentan opciones alternas. Fueron usadas por primera vez por Waller en 1689, aunque su uso fue popularizado por Lamarck en su *Flore Française* en 1778 (Griffing, 2011). La presentación

original era a modo de tabla sinóptica y lo que engloba los enunciados era un símbolo llamado llave o *key*, que explica su nombre. Con el tiempo pasaron a ser dilemas progresivamente indentados, o con secuencia numérica sin indentación, pero con indicaciones de la secuencia para seguirlas incluso de manera regresiva.

Duméril (1805) enfatizó que la manera como adquirimos y desarrollamos el conocimiento es siempre como consecuencia de una comparación, y que el principal mérito de las tablas sinópticas o claves era que, al disponer a los organismos en una serie por sus caracteres, mejoramos la calidad de las comparaciones al elegir entre dos proposiciones.

Las claves son herramientas analíticas en las que por nuestras observaciones escogemos uno de dos enunciados contrastantes, o dilemas, hasta llegar a un punto terminal para la identificación. Los dilemas están redactados de forma telegráfica y deben leerse con cuidado. En las rutas a seguir, a menudo los atributos siguen una secuencia de lo general a lo particular y es deseable que las ramificaciones sucesivas sean acordes a la misma secuencia de atributos. Correr las claves de manera repetida genera una memoria de largo plazo para tres cuestiones relevantes: 1) el conjunto de atributos que caracterizan un patrón, 2) la relevancia de algunos atributos para separar grupos semejantes, y 3) las discontinuidades entre los atributos o patrones que sirven para reconocer lo que no cabe en las claves.

Eso de no caber en las claves es siempre interesante. A veces corresponde con anomalías por el contenido de las claves ya que todas tienen limitaciones. A menudo las claves se generan para las especies de una región geográfica, o para un grupo de especies. Entonces, encontrar un grupo que no quepa puede deberse a que la especie ya esté conocida pero que no fue incluida en la clave, probablemente porque es rara, porque es migratoria y no se había hallado antes, o porque se trata de una especie indescrita.

Sin embargo, debe tenerse cierta precaución. Al faltar trabajos regionales, podemos llegar a forzar la secuencia de las claves para aterrizar en un nombre dado, aunque sea remoto que ocurra en la región. Esto genera los registros cuestionables en los que la prisa por conseguir un nombre, o el mal estado de preservación de los organismos, genera ese tipo de conclusiones. También es frecuente que cuando

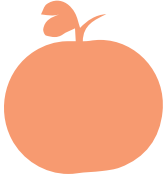
estamos empezando a usar las claves tengamos la impresión de que todo lo que hallamos es nuevo; no obstante, frecuentemente esto es reflejo de nuestra poca comprensión de la terminología o de que no encontramos las estructuras críticas para seguir las claves. No porque falten, necesariamente, sino porque no hemos aprendido a observarlas. Hay que ser pacientes y avanzar en el dominio de la terminología y en la capacidad de detección de los atributos o sus conformaciones alternas.

Entre los malacólogos hay otras tradiciones. La mayoría de las obras en faunística no tienen claves, por lo que los interesados dependen de su memoria para retener las imágenes y reconocer los patrones, de modo que puedan distinguir cuando encuentran formas afines o diferentes a lo ya conocido.

En cualquier caso, todo este entrenamiento tan importante tiende a perderse ahora que campea la supuesta identificación automática de los organismos de un sitio, a veces sin tener que colectarlos o estudiarlos directamente, como propala el enfoque del DNA ambiental (Thomsen y Willerslev, 2015). Es decir, si no tenemos que confrontar los problemas de comprender la terminología para las estructuras corporales, o seguir claves escritas en lenguaje extraño, esta experiencia tan relevante para la memoria de largo plazo tenderá a desaparecer.

El dibujar es la otra herramienta poderosa para generar una memoria de largo plazo sobre los organismos y sus estructuras. En taxonomía, lo mismo que en otras áreas en las que los patrones espaciales son importantes, son fundamentales las habilidades para la observación (Landin, 2015). Se trata de ver sin sesgos, de enfocarse en los detalles y patrones, así como en las proporciones entre las estructuras observadas. Incluso sin talento, pueden hacerse buenos dibujos que reflejen las características y sus proporciones, pero debe haber entrenamiento frecuente. Quizá por ello se enfatiza tanto en el último año de la licenciatura en Biología en la Lomonosova de Moscú.

Cierto que ahora es más práctico el hacer fotos digitales, así sea con un teléfono, y editar una serie para mostrar tridimensionalidad. No obstante, es de la mayor importancia que se hagan dibujos para asimilar las diferencias en tamaños y formas, así como otros detalles que se aprecian por el entrenamiento más



que por el entusiasmo. En efecto, como decían los maestros de antaño, hay que dibujar para aprender a ver. No creo que se haya evaluado, pero siempre que sea reflexivo y no automático, es posible que se pueda mejorar la retención de las estructuras si con base en una foto digital, se hacen dibujos con un programa como PhotoShop, o Adobe Illustrator.

No obstante, reconozco que contar con fotografía digital fue un alivio en varios sentidos. Uno de ellos, quizá el principal, es que generar una lámina para publicación con unas 6-8 fotos requiere apenas un día de trabajo, mientras que hacerlo con tinta china me tomaba por lo menos una semana completa. Sin embargo, reconozco la importancia de hacer dibujos para mejorar la capacidad de observación y para detectar los detalles y aunque no incluya más dibujos en mis contribuciones, sigo recomendando la actividad para los que empiezan en este terreno.

Debe enfatizarse la importancia de enriquecer la memoria de largo plazo porque nuestra mente opera en dos sistemas excluyentes (Kahneman, 2011); el que usamos más frecuentemente es automático, rápido, estereotipado y flojo, mientras que el otro es reflexivo, lento, se usa raramente, es lógico y necesita mayor esfuerzo. Por ello, nuestras ideas, análisis o conclusiones dependerán de la memoria, por lo que es deseable que su contenido sea tan vasto como sea posible.

La forma cómo hacemos reconocimientos instantáneos de diferencias, o de un conjunto de atributos que salen de los patrones reconocidos como un salto o discontinuidad en lo que conocemos, también se explica por la integración y simultaneidad de los mecanismos mencionados. Este mecanismo se condensa en la expresión: 'Nunca había visto algo como esto.' Parece ser un chispazo, que podría ocurrir en el mismo lapso de un parpadeo, y que consideramos como intuición o inteligencia intuitiva, porque surge sin reflexión (Gladwell 2007). Para explicar estas respuestas tan rápidas, se considera que la operación automática del cerebro sería haciendo comparaciones rapidísimas con la información retenida en la memoria, y una predicción sobre los detalles faltantes, si fuera el caso, en lo que se denomina inconsciente adaptativo. No porque ocurra cuando estemos inconscientes, sino porque es automático; adaptativo, porque la información

referencial va cambiando conforme aumenta nuestra experiencia.

Por ello, no sorprende que la propuesta de Greene (2013) enfatice que para dominar una disciplina al punto de transformarla o realizar descubrimientos o innovaciones relevantes, deben transcurrir unas 10,000 horas o 10 años de trabajo, lo que ocurra primero. Estos plazos equivaldrían, como mencioné en otra parte, al lapso entre la licenciatura y el doctorado (Salazar-Vallejo 2014).

GESTALT Y DISCONTINUIDADES

Cuando el Dr Fauchald explicó la forma como Olga Hartman[†], su maestra, consideraba que tenía una novedad ante ella, se refirió al *gestalt* (Fauchald y Reish, 1977). De Hoog (1981) indicó que "la mente humana ... tiene la capacidad de producir clasificaciones intuitivamente al percibir la configuración (*gestalt*) holísticamente" porque la intuición "opera desde el primer vistazo de los organismos y madura durante toda la compilación de los datos."

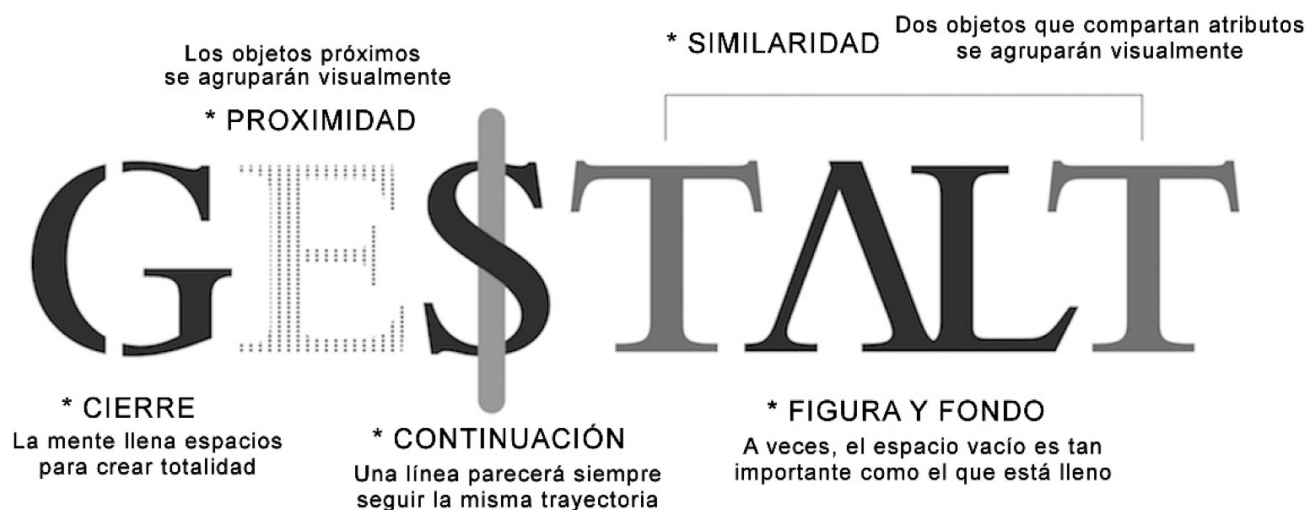
Una historia detallada y completa del concepto está disponible en línea (Sabar 2013) y para los detalles generales puede seguirse a Brigas-Hidalgo (2012). La psicología del *gestalt* o de la configuración o unidad organizada se basa en el axioma de que 'el todo es diferente a la suma de las partes,' y tiene una serie de postulados o leyes, los más relevantes para esta discusión son los siguientes.

Buena forma, del cierre o simplicidad. Figuras aparentemente confusas se cierran o ajustan a su forma más sencilla. Es equivalente al procesamiento predictivo mencionado arriba.

Semejanza. Agrupa elementos similares en una entidad. Equivalente a reconocimiento de modelos indicado arriba.

Igualdad o equivalencia. Al concurrir elementos de distintas clases, hacemos grupos con los que sean iguales y también reconocemos los desiguales. Este postulado equivale al ajuste con prototipos ya mencionado.

Entonces, no es sencillo comprender cómo siguiendo este enfoque podrían alcanzarse las conclusiones ya



Fuente: <https://blog.interactius.com/leyes-gestalt-en-el-dise%C3%B1o-de-interfaces-digitales-168e82c1475f>

mencionadas sobre novedades recién descubiertas. Falta otro detalle y ese radica en el análisis de discontinuidades, algo que había mencionado Strickland. En el plano formal, Mayr y Ashlock (1991) recomendaron tomar en cuenta varios aspectos para delimitar los taxa y determinar su nivel en la jerarquía, y los principales serían: 1) unicidad o tamaño de la discontinuidad entre grupos; 2) grado de diferencia entre los grupos; 3) zona evolutiva (unicidad) y 4) tamaño del grupo.

RECONOCIMIENTO DE ROSTROS

El estudio del mecanismo cerebral para reconocer rostros puede aclarar la situación. Doris Tsao utilizó en monos un escáner cerebral para la formación de imágenes por resonancia magnética funcional (fMRI por sus siglas en inglés). Encontró que los rostros activan varias áreas en el lóbulo temporal (corteza inferotemporal), que se reconocen 6 regiones faciales en los dos hemisferios, que las neuronas presentes se especializan en esta función y que pueden activarse incluso al percibir caricaturas de rostros (Tsao 2019). También halló que el reconocimiento se realiza por los contrastes entre las distintas regiones del rostro y que, sorprendentemente, las neuronas muestran preferencias por ciertos contrastes, aunque los distintos grupos neuronales tienen funciones diferentes y complementarias. En suma, se considera que hay 25 características de la forma como la

anchura de la cabeza o distancia interocular, y otras tantas para la apariencia como la complexión o el color del cabello, por lo que se considera que hay un patrón 50-dimensional en el reconocimiento de los rostros, en donde participarían unas 205 neuronas. También agregó la Dra. Tsao que debe haber en las regiones de la memoria (hipocampo y asociadas) neuronas que faciliten reconocer rostros vistos en el pasado. Por supuesto que el reconocimiento de los organismos podría ser más complejo que el correspondiente a los rostros humanos si se consideran las variaciones ontogenéticas, sexuales, o las debidas al tratamiento de los organismos (fijación, preservación). No obstante, estos avances son de utilidad para comprender cómo opera la mente de los taxónomos para tener el sentimiento de ¡Eureka! que acompaña a todos los descubrimientos.

LITERATURA

Olga Hartman empezó a publicar nuevos taxa en 1936, incluyendo un nuevo género (*Rhynchospio* Hartman, 1936). Siguió los procedimientos mencionados arriba, formalizados medio siglo después, aunque los mecanismos mentales de agrupación/segregación operan, aunque no podamos explicarlos, o si ignoramos los detalles.

Apenas empezaba a trabajar en el grupo y su experiencia y literatura eran limitadas. De hecho,

Hartman comparó su nuevo género con *Scolecopsis* de Blainville, 1828 y lo distinguió por tener branquias en el setígero 2, no en el primero como en *Scolecopsis*. Entonces, para proponer un género nuevo le bastó una discontinuidad (posición) en un atributo (segmentos con branquias). En una clave posterior (Fauchald, 1977) se muestra que *Rhynchospio* es muy próximo a *Mesospio* Gravier, 1911, y que se distinguen sólo por el nivel de fusión de las branquias con los lóbulos notopodiales, un atributo que era poco conocido en la época de la propuesta de *Rhynchospio*.

En el mismo sentido puede ubicarse el desempeño del Dr. Fauchald. El primer género que propuso fue *Inermonephtys* Fauchald, 1968. Los 30 años que mediaron entre estas dos propuestas implicaron varios cambios importantes en el contenido de las publicaciones taxonómicas, aunque la dinámica intelectual era la misma. Primero, la publicación del Dr. Fauchald era su tercera en los néftidos (Fauchald, 1968). Segundo, hizo un tratamiento detallado y estandarizado de los atributos morfológicos para distinguir los géneros. Tercero, presentó una clave para géneros y una tabla con los atributos diagnósticos. Para *Inermonephtys* los atributos únicos son tener un par de antenas (dos en los demás), y faringe sin papilas subterminales (papiladas en los demás).

En realidad, este estilo para los trabajos taxonómicos en poliquetos había sido formalizado por Grube (1851), quien había estandarizado la caracterización morfológica de los atributos de estos gusanos y generado claves para la identificación de familias, géneros y especies. El enfoque fue muy general dado que incluyó a todos los taxa conocidos, y seguía el estilo de Savigny (1822) que había estado limitado a las especies de Egipto y del Mediterráneo oriental y a algunas de los litorales de Francia.

El Dr. Fauchald (1989) pensaba que deberíamos mejorar nuestro trabajo. Afirmó que 'una fracción mayor de las publicaciones contemporáneas son descripciones rutinarias de unos pocos nuevos taxa, generalmente con un referente de un artículo de revisión para justificar las propuestas; el material examinado es mínimo y raras las comparaciones con tipos de especies conocidas.' Sirva esa afirmación para considerar la importancia de la literatura y del material de referencia.

LITERATURA Y COLECCIONES

REFERENCIAS

El acervo bibliográfico necesario para emprender una formación como taxónomo depende mucho del grupo de organismos de nuestro interés, así como de la región geográfica en la que estemos ubicados o en la que nos interese investigar. Es fácil comprender que otros factores que modulan esta situación deriven del tamaño de los organismos, de la importancia ecológica o económica que el grupo tenga, y de su distribución geográfica. Entonces, conocemos mejor los detalles de los organismos más grandes, importantes como recursos pesqueros o alimenticios, o de amplia distribución. Esto último incluso cuando no se hayan estudiado en nuestra región, es posible que se hayan atendido en otra región. Con este panorama, también debemos asimilar el hecho que muchos nombres fueron propuestos por Lineo por lo que la literatura que deberíamos tener debe cubrir los casi 300 años que median desde la publicación del *Species Plantarum* (1753) para la taxonomía botánica, o la décima edición del *Systema Naturae* (1758) para taxonomía animal y la actualidad, por lo menos en lo que atañe a los cambios taxonómicos en el grupo.

Este afán de amasar publicaciones es un reto portentoso que los interesados han ido enfrentando de distintas formas. En un inicio, copiando la información y calcando las figuras; luego, fotocopiando las publicaciones y, más recientemente, convirtiéndolos en archivos portátiles (PDF). En este sentido, las bibliotecas digitales son realmente extraordinarias; por ejemplo, la de la Biodiversity Heritage Library (www.biodiversitylibrary.org) tiene al momento de escribir estas líneas unos 240 mil volúmenes o más de 56 millones de páginas disponibles.

Es una maravilla que merece usarse, aunque tiene dos problemas: uno, la información se limita al período inherente a los derechos de autor, que anda en los 75 años en los Estados Unidos, por lo que muchas publicaciones recientes no están disponibles y debe pagarse su consulta y dos, a menudo las figuras no fueron digitalizadas con suficiente resolución de modo que son poco claras. En comparación con lo que tuvimos

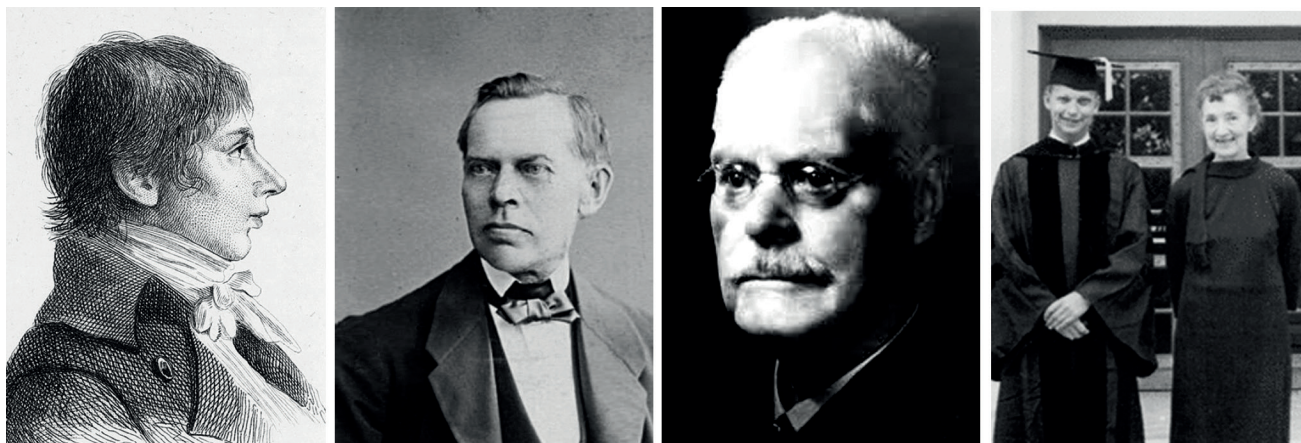
que gastar antaño para comprar originales o hacer fotocopias, el gasto para tener acceso a publicaciones más recientes sería relativamente limitado, y no debiera evitarse porque se trata de una inversión de largo plazo.

Para el estudio de los poliquetos la búsqueda de información, o la generación de una biblioteca topa con un serio problema adicional. Por lo menos durante casi todo el siglo XX, las especies de poliquetos eran consideradas anómalas porque muchas parecían de amplia distribución o cosmopolitas. Uno de los especialistas más influyentes fue Pierre Fauvel. En una de sus primeras publicaciones (Fauvel, 1897), estudió un ejemplar robusto de la familia Acoetidae recolectado en Nueva Caledonia; luego de un análisis detallado de su morfología, concluyó que se trataba de *Eupolyodontes cornishi* Buchanan, 1894, una especie descrita de la desembocadura del Río Congo en África occidental.

El especialista galo mantuvo la misma perspectiva durante toda su vida y concluyó que las especies tropicales podrían hallarse en todas las cuencas oceánicas (Fauvel, 1925), y que entre la fauna abisal (3000 a 5000 m) del Atlántico había especies de bajamar del Canal de la Mancha o del Mediterráneo (Fauvel, 1925). Este autor fue muy prolífico y realizó varias contribuciones de gran aliento como sus trabajos sobre la fauna de India (Fauvel, 1932, 1953), en los que usó nombres e ilustraciones de sus

precedentes sobre los poliquetos de Francia (Fauvel, 1923, 1927). Enfoques similares fueron hechos para la fauna de Sudáfrica por Day (1967) en cuanto al uso de los nombres, y por Hartman (1968, 1969) para la de California en cuanto al uso de las figuras de otros autores.

En realidad, dependiendo de las monografías consultadas, los nombres a los que se podía llegar correspondían con especies descritas de otras regiones del mundo, a menudo con condiciones ecológicas diferentes de temperatura, salinidad, profundidad e incluso tipo de sustrato. Su horizonte ecológico, en una palabra, como se ha denominado en otra parte (Salazar-Vallejo *et al.*, 2014). El panorama cambió mucho a finales de los años 80 del siglo pasado. Al dudar de la supuesta amplia distribución, los colegas revisaron materiales tipo y los compararon cuidadosamente con los de otras regiones del mundo. La conclusión fue que las supuestas especies eurícoras, o cosmopolitas no lo eran, sino que había varias especies distinguibles con métodos de observación ordinarios, y para las cuales había nombres disponibles, pero considerados como sinónimos menores, que ameritaban reinstalación. En otros casos, hacían falta nuevos nombres para las especies recién descubiertas. Empero, las inercias culturales son difíciles de romper, y varios de nosotros seguimos en la confusa faunística tradicional por varios años más.

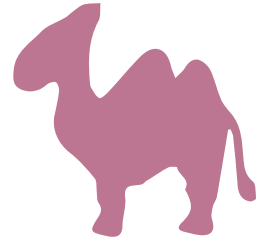


Fuentes (de izquierda a derecha):

https://napoleon.lindahall.org/sacred_ibis.shtml

<http://www.muzeum-przyrodnicze.uni.wroc.pl/en/index.php?go=history>

Gillet, 1994:18; Rouse, *et al.* 2005:141.



COLECCIONES

Una de las soluciones implica el estudio de colecciones de otras regiones. Durante muchos años, los materiales de herbarios o museos podían moverse por correo sin problemas, pero cambios en la normativa ambiental y de importaciones fueron haciendo más problemática la situación. Por ello, la alternativa es visitar museos o instituciones en las que puedan estudiarse sus colecciones. No exagero al afirmar que nada se compara al estudio directo de los organismos, sean tipos o no, y aunque hay una tendencia creciente a poner imágenes disponibles en línea, para los grupos como los poliquetos en los que se requieren observaciones de distinta resolución, es remoto que se cuente con toda la información en línea. Por ello, hay que visitar las colecciones.

Hay fondos modestos en algunos museos y, a partir del 2019, habrá fondos en museos europeos para visitantes de países no miembros de la Unión Europea (<http://www.synthesys.info/home.html>). También hay fondos disponibles en el Servicio Alemán de Intercambio Académico o DAAD por sus siglas en alemán (<https://www.daad.mx/es/>) para estancias en Alemania, que cuenta con muchos museos con materiales de diversas partes del mundo.

Lamentablemente, la inercia cultural mencionada no se ha abandonado y la interpretación de las especies pasó de cosmopolitas a exóticas. Por lo anterior, el reto taxonómico en los poliquetos confronta una penosa tradición de considerar a muchas especies como de amplia distribución (cosmopolitas o exóticas). Por ello, los interesados están obligados a comprender la literatura en una perspectiva planetaria, aunque la probabilidad de las colonizaciones trans-oceánicas sean raras o muy raras.

De hecho, si hay interés en resolver problemas y confusiones, la mejor estrategia es la de hacer revisiones planetarias. Son muy importantes, y al mismo tiempo, no tan atendidas porque implican mucho tiempo y esfuerzo para ser terminadas. Debo aclarar que tampoco pueden ser ejercicios de tesis de licenciatura. Hay algunas recomendaciones en dos publicaciones precedentes (Salazar-Vallejo, 2018; Salazar-Vallejo y González, 2017) y los interesados podrían asomarse a esas observaciones.

Valga la pena terminar estas notas con un exhorto a los interesados para pensar que sus esfuerzos son muy importantes, que hay que disfrutar los plazos para el entrenamiento y dominio del grupo en cuestión, y que hacen falta muchos más interesados por el tamaño del problema. No sólo me refiero a las especies por conocer, que son una mayoría abrumadora dado que ignoramos el 90% de la biodiversidad marina (Mora *et al.*, 2011), sino de resolver las que ya conocemos y que parecen estar presentes en muchos sitios.

Al momento de remitir esta reflexión, se anunció la cancelación del programa de Cátedras del CONACYT. Penoso porque era la única opción más o menos masiva para el reclutamiento de nuevos investigadores. Peor, que no se haya propuesto alternativa alguna. Si unos 2000 jóvenes alcanzan el doctorado cada año y se contrataron a 1500, es fácil comprender que hay un gran rezago pendiente. Al mismo tiempo, imaginar que uno deberá invertir unos 5-6 años adicionales al término de la licenciatura para alcanzar el doctorado, y entonces buscar empleo, brinda un panorama incierto. Pese a la situación, debemos seguir impulsando a los jóvenes a que sigan mejorando y superándose, en particular en taxonomía porque serán indispensables incluso ahora en la metagenómica (Bik, 2017). Vendrán tiempos mejores. Debemos involucrarnos para cambiar la situación vigente en la dirección de mejorar el mercado laboral y transmitir a los jóvenes la importancia de la taxonomía, así como la necesidad de esforzarse para hacerla de la mejor calidad posible.

AGRADECIMIENTOS

María Elena García-Garza, Christopher Cruz-Gómez, Luis F. Carrera-Parra y Tulio F. Villalobos-Guerrero leyeron una versión previa y encontraron algunos detalles oscuros, por lo que recomendaron acciones para mejorarlo, incluyendo cambiar una figura. Gracias a todos los jóvenes que me han padecido, en particular a los participantes del curso en la Estación de la Institución Smithsonian en Bocas del Toro, Panamá, en 2018, que tuvieron que soportar estas ideas. Espero que pronto superen mis deficiencias y sean los mejores mentores de taxónomos que el país, o sus países, ameritan.



LITERATURA CITADA

- Ahumada, J.V. 1995. Descubrimiento científico y búsqueda de patrones (patterns). *Jornadas Epistemología e Historia de la Ciencia*. 5: 30-33 <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/4360>
- Bik, H.M. 2017. Let's rise up to unite taxonomy and technology. *PLoS Biology*. 15 (8): e2002231, 4 pp. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2002231>
- Brigas-Hidalgo, A. 2012. *Psicología. Una Ciencia con Sentido Humano*. Esfinge, México, 151 pp.
- Cronquist, A. 1978 Once again, what is a species? Pp 3-20. En: Romberger, J.A., Foote, R.H., Knutson, L. & Lents, P.L. (Eds). *Beltsville Symposia in Agricultural Research*, 2. *Biosystematics in Agriculture*. Wiley, Montclair
- Day, J.H. 1967. *A Monograph on the Polychaeta of Southern Africa*. British Museum (Natural History), London, 2 vols. <https://www.biodiversitylibrary.org/bibliography/8596#/summary>
- de Blainville, H. 1828. Vers (Entomoz.). *Dictionnaire des Sciences Naturelles*. 57: 365-625. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/81595#page/370/mode/1up>
- de Candolle, A.P. 1815. *Théorie Élémentaire de la Botanique, ou Exposition des Principes de la Classification Naturelle et de l'Art de Décrire et d'Étudier les Végétaux*. Déterville, Paris, 500 pp (+ 25 unnumb pages for Index). <http://www.biodiversitylibrary.org/item/193841>
- Duméril, A.M.C. 1805(1806). *Zoologie Analytique, ou Méthode Naturelle de Classification des Animaux rendue plus facile à l'aide de Tableaux Synoptiques*. Allais, Paris, 344 pp. <http://www.biodiversitylibrary.org/item/44011#page/9/mode/1up> (1806 es la fecha de la segunda impresión y es la que tiene BHL; ver Gregory SMS 2010 The two 'editions' of Duméril's *Zoologie analytique*, and the potential confusion caused by Froriep's translation *Analytische Zoologie*. *Zoological Bibliography* 1: 6-8 http://www.iucn-tftsg.org/wp-content/uploads/file/Articles/Gregory_2010.pdf
- Fauchald, K. 1968 *Nephtyidae (Polychaeta) from the Bay of Nha Trang, South Viet Nam*. *Scientific Results of Marine Investigations of the South China sea and the Gulf of Thailand 1959-1961, Naga Report* 4 (3): 5-34. <https://repository.si.edu/handle/10088/3443>
- Fauchald, K. 1977. The polychaete worms: Definitions and keys to the Orders, Families and Genera. *Natural History Museum of Los Angeles County, Science Series*. 28: 1-188. <https://repository.si.edu/handle/10088/3435>
- Fauchald, K. 1989. The Second Annual Riser Lecture: Eclecticism and the study of polychaetes. *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 102: 742-752. <https://repository.si.edu/handle/10088/3429>
- Fauchald, K. & Reish, D.J. 1977. Olga Hartman. Pp. 1-23. En: Reish, D.J. & Fauchald, K. (Eds.). *Essays on Polychaetous Annelids in Memory of Dr. Olga Hartman*. Allan Hancock Foundation, Los Angeles, 604 pp.
- Fauvel, P. 1897. Observations sur l'*Eupolyodontes cornishi* Buchanan (Annélide polychète errante). *Bulletin de la Société Linnéenne de Normandie, 5e série*. 1: 88-112, Pl. 1. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/17688#page/188/mode/1up>
- Fauvel, P. 1923. Polychètes errantes. *Faune de France*. 5: 1-488. [https://faunedefrance.org/bibliotheque/docs/P.FAUVEL\(FdeFr05\)Polychetes-errantes.pdf](https://faunedefrance.org/bibliotheque/docs/P.FAUVEL(FdeFr05)Polychetes-errantes.pdf)
- Fauvel, P. 1925. Bionomie et distribution géographique des annélides polychètes. Pp. 307-317. En: *Livre du Cinquantenaire de l'Université Catholique d'Angers*. Societé Anonyme des Éditions de l'Ouest, Angers.
- Fauvel, P. 1927. Polychètes sédentaires et Addenda aux Errantes, Archiannélides, Myzostomaires. *Faune de France*. 16: 1-494. [http://www.faunedefrance.org/bibliotheque/docs/P.FAUVEL\(FdeFr16\)Polychetes-sedentaires.pdf](http://www.faunedefrance.org/bibliotheque/docs/P.FAUVEL(FdeFr16)Polychetes-sedentaires.pdf)
- Fauvel, P. 1932. Annelida Polychaeta of the Indian Museum, Calcutta. *Memoirs of the*



- Indian Museum, Calcutta*. 12: 1-262.
<http://faunaofindia.nic.in/PDFVolumes/memoirs/012/01/0001-0262.pdf>
- Fauvel, P. 1953. *The Fauna of India, including Pakistan, Ceylon, Burma and Malaya: Annelida Polychaeta*. Indian Press, Allahabad, 507 pp.
<http://faunaofindia.nic.in/PDFVolumes/fi/056/index.pdf>
- Gillet, P. 1994. Pierre Fauvel (1866-1958), his life and research on polychaetous annelids. *Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle*. 162: 17-18.
- Gladwell, M. 2007. *Blink: The Power of Thinking without Thinking*. Penguin, New York, 277 pp. http://www.lequydonhanoi.edu.vn/upload_images/S%C3%A1ch%20ngo%E1%BA%A1i%20ng%E1%BB%AF%Blink-%20The%20Power%20of%20Thinking%20Without%20Thinking.pdf. La conferencia puede verse en <https://www.youtube.com/watch?v=FeegLvAkbYO>
- Gravier, C. 1911. Expédition antarctique française du "Pourquoi-Pas" dirigée par le Dr J.-B. Charcot (1908-1910). Espèces nouvelles d'annélides polychètes. *Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris*. 17: 310-316. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/106649#page/348/mode/1up>
- Greene, R. 2013. *Maestría*. Océano, México, 406 pp.
- Griffing, L.R. 2011. Who invented the dichotomous key? Richard Waller's watercolors of the herbs of Britain. *American Journal of Botany*. 98: 1911-1923. doi:10.3732/ajb.1100188.
- Grube, A.E. 1851. *Die Familien der Anneliden mit Angabe ihrer Gattungen und Arten: Ein systematischer Versuch*. Nicolai'schen Buchhandlung, Berlin, 164 pp. https://www.zobodat.at/pdf/MON-EV-DIV_0059_0001-0174.pdf
- Hartman, O. 1936. New species of Spionidae (Annelida Polychaeta) from the coast of California. *University of California Publications in Zoology*. 41 (6): 45-52.
- Hartman, O. 1968. *Atlas of the Errantiate Polychaetous Annelids from California*. University of Southern California, Los Angeles, 828 pp.
- Hartman, O. 1968. *Atlas of the Sedentariate Polychaetous Annelids from California*. University of Southern California, Los Angeles, 812 pp.
- Hong, F.T. 2013. The role of pattern recognition in creative problem solving: A case study in search of new mathematics for biology. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. 113: 181-215. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S007961071300031X>
- Hillman, K. 2016. Pattern recognition and your brain. <http://www.psychology24.org/pattern-recognition-and-your-brain/>
- Kahneman, D. 2011. *Thinking, Fast and Slow*. Farrar, Straus and Giroux, New York, 499 pp. https://es.wikipedia.org/wiki/Pensar_r%C3%A1pido,_pensar_despacio
- Kemp, T.S. 2016. *The Origin of Higher Taxa: Palaeobiological, Developmental and Ecological Perspectives*. Oxford University Press, Oxford, 201 pp.
- Landin, J. 2015. Rediscovering the forgotten benefits of drawing. *Scientific American* <https://blogs.scientificamerican.com/symbiartic/rediscovering-the-forgotten-benefits-of-drawing/>
- Mattson, M.P. 2014. Superior pattern processing is the essence of the evolved human brain. *Frontiers in Neuroscience*. 8, 265, 17 pp. doi: 10.3389/fnins.2014.00265.
- Mayr, E. & Ashlock, P.D. 1991. *Principles of Systematic Zoology*. McGraw-Hill, New York, 428 pp.
- Mora, C., Tittensor, D.P., Adl, S., Simpson, A.G.B., Worm, B. 2011. How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology*. 9(8): e1001127, 8 pp. doi:10.1371/journal.pbio.1001127
- Müller-Wille, S. & Reeds, K. 2007. A translation of Carl Linnaeus' introduction to *Genera plantarum* (1737). *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical*



- Sciences. 38: 563-572. doi:10.1016/j.shpsc.2007.06.003
- Palàu y Verdèra, A. 1778. *Explicación de la Filosofía y Fundamentos Botánicos de Linneo, con la que se Aclaran y Entienden Fácilmente las Instituciones Botánicas de Tournefort*. Antonio de Sancha, Madrid, 306 pp, 9 Pls. https://books.google.es/books/about/Explicacion_de_la_filosofia_y_fundamento.html?id=wo1QAzpe5JoC&hl=es
- Pi, Y., Liao, W., Liu, M. & Lu, J. 2008. Theory of cognitive pattern recognition. Pp 433-462. En: Yin, P.-Y. (Ed.). *Pattern Recognition Techniques, Technology and Applications*. InTech, Croatia. <http://cdn.intechopen.com/pdfs/5795.pdf>
- Regan, C.T. 1926. Organic evolution. *British Association for the Advancement of Science, Report 93rd Meeting*. British Association, London, 75-86. <https://www.biodiversitylibrary.org/page/30507292#page/115/mode/1up>
- Rogers, D.J. & Appan, S.G. 1969. Taximetric methods for delimiting biological species. *Taxon*. 18: 609-624. http://www.jstor.org/stable/1218915?seq=1#page_scan_tab_contents
- Rose, H. 1775. *The Elements of Botany: Containing the History of the Science (with Accurate Definitions of all the Terms of Art, exemplified in Eleven Copper-Plates; The Theory of Vegetables; The Scientific Arrangement of Plants, and Names used in Botany; Rules concerning the general History, Virtues, and Uses of Plants, Being a Translation of the Philosophia Botanica, and other Treatises of the celebrated Linnaeus)*. Cadell & Hingeston, London, 471 pp, 11 Pls. <https://archive.org/details/elementsofbotany00rose>
- Rouse, G.W., Gambi, M.C. & Levin, L.A. 2005. Kristian Fauchald: A tribute. *Marine Ecology, An Evolutionary Perspective* 26:141-144. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1439-0485.2005.00070.x>
- Sabar, S. 2013. What's a Gestalt? *Gestalt Review*. 17: 6-34. <http://www.gisc.org/gestaltreview/documents/whatsagestalt.pdf>
- Salazar-Vallejo, S.I. 2014. La esencia de la maestría. *Ecofronteras* 52:36-37.
- Salazar-Vallejo, S.I. 2018. Reseña de libro: The Lost Species: Great Expeditions in the Collections of Natural History Museum. Christopher Kemp. *Biología y Sociedad*. 1: 84-88.
- Salazar-Vallejo, S.I., Carrera-Parra, L.F., González, N.E. & Salazar-González, S.A. 2014. Biota portuaria y taxonomía. Pp. 33-54. En: Low-Pfeng, A.M., Quijón, P.A. & Peters-Recagno, E.M. (Eds.). *Especies Invasoras Acuáticas: Casos de Estudio en Ecosistemas de México*. SEMARNAT, INECC & Univ. Prince Edward Island, México, 643 pp. Available: http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=71
- Salazar-Vallejo, S.I. & González, N.E. 2017. Crisis múltiples en taxonomía, implicaciones para la biodiversidad y recomendaciones para mejorar la situación. *Códice, Boletín Científico y Cultural del Museo Universitario Universidad de Antioquia*. 17(29): 42-56. https://issuu.com/muua/docs/c_dice_29_web
- Salazar-Vallejo, S.I., González, N.E., Barrientos-Villalobos, J., Carbajal-Márquez, R.A. y Schmitter-Soto, J.J. 2018. El reto taxonómico de la biodiversidad en México. *Biología y Sociedad*. 1: 65-74.
- Savigny, J.-C. 1822. Système des Annelides, principalement de celles des Côtes de l'Égypte et de la Syrie, Offrant les Caractères tant distinctifs que naturels des Ordres, Familles et Genres, avec la Description des Espèces. *Description de l'Égypte, recueil des Observations et des Recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'Expédition de l'Armée Française*. 2nd ed, 21:325-482, Pls 1-5. Primera edición fechada 1809: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/193034#page/7/mode/1up>; plates <https://www.biodiversitylibrary.org/item/133287#page/2/mode/1up>
- Strickland, H.E. 1841. On the true method of



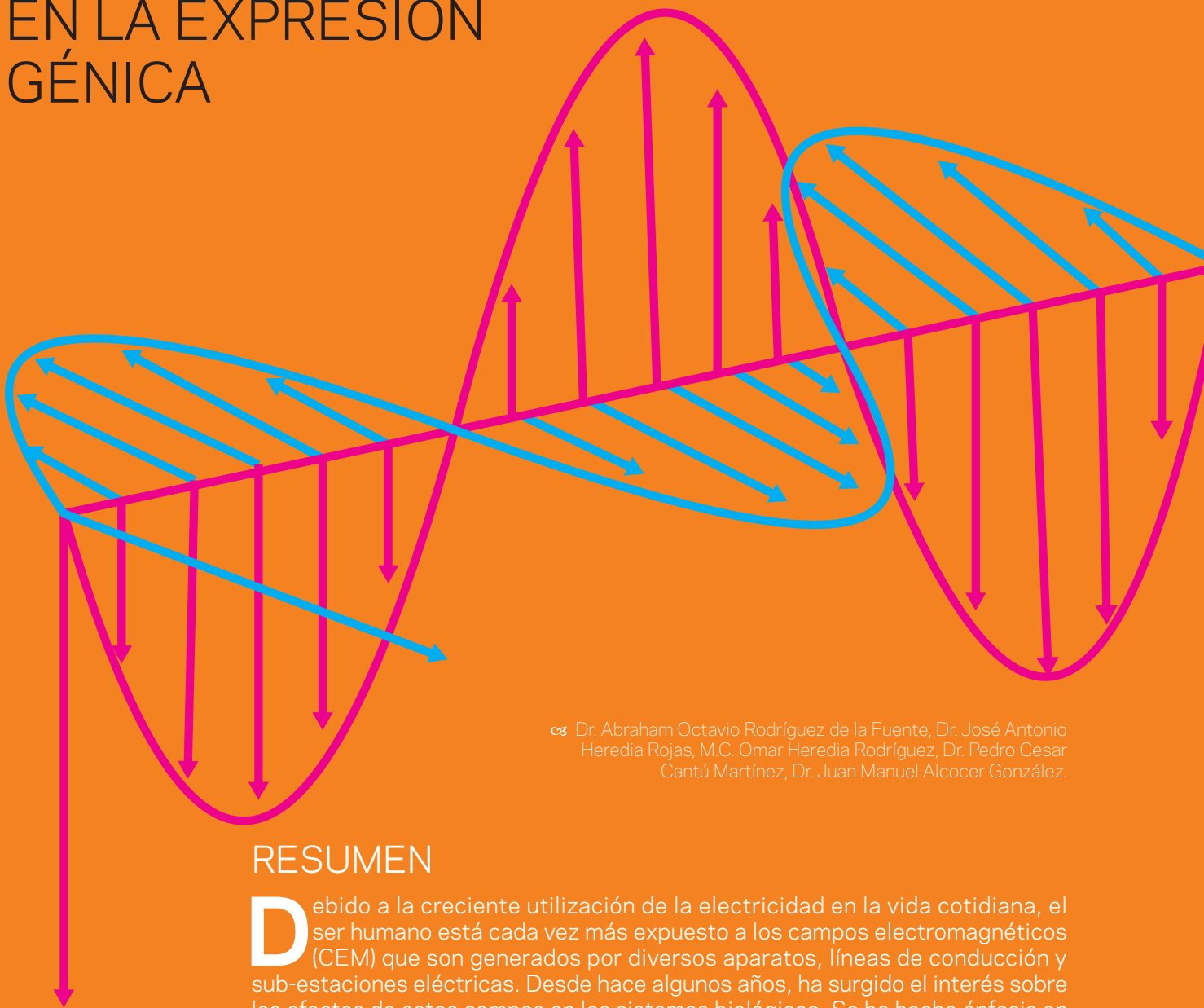
discovering the Natural System in Zoology and Botany. *Annals and Magazine of Natural History, series 3*. 6: 184-194. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/72076#page/198/mode/1up>

Thomsen, P.F. & Willerslev, E. 2015. Environmental DNA: An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*. 183: 4-18. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320714004443?via%3Dihub>

Tsao, D.Y. 2019. Face values: Brain regions that process faces reveal deep insights into neural mechanisms of vision. *Scientific American* 320(2):22-29.

Winston, J.E. 1999. *Describing Species: Practical Taxonomic Procedure for Biologists*. Columbia, New York, 518 pp.

INFLUENCIA DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA EXPRESIÓN GÉNICA



Dr. Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente, Dr. José Antonio Heredia Rojas, M.C. Omar Heredia Rodríguez, Dr. Pedro Cesar Cantú Martínez, Dr. Juan Manuel Alcocer González.

RESUMEN

Debido a la creciente utilización de la electricidad en la vida cotidiana, el ser humano está cada vez más expuesto a los campos electromagnéticos (CEM) que son generados por diversos aparatos, líneas de conducción y sub-estaciones eléctricas. Desde hace algunos años, ha surgido el interés sobre los efectos de estos campos en los sistemas biológicos. Se ha hecho énfasis en que los CEM son potencialmente capaces de afectar a nivel de síntesis de ADN, ARN y proteínas, además de la proliferación celular, y más recientemente se ha visto, que se puede alterar la expresión génica. Sin embargo, se han encontrado resultados variables, por lo que, hasta el momento, no se puede dar una conclusión definitiva sobre los efectos de este factor físico a los niveles antes mencionados. En este artículo, se presenta información general acerca del efecto biológico de los CEM, en particular en la expresión génica, incorporando además los últimos hallazgos al respecto que hemos obtenido en nuestro laboratorio. No se pretende una revisión exhaustiva del tema, sino más bien mostrar evidencias que indican que la expresión de diversos genes puede ser modificada por la radiación electromagnética, especialmente por la de frecuencia extremadamente baja (CEM), y que es ahora muy común en ciudades industrializadas.

INTRODUCCIÓN

Acercas de los fenómenos magnéticos, se tiene conocimiento de éstos desde la antigüedad, al observar que trozos de material metálicos podían atraer otras partículas. El termino magnetismo se cree proviene desde hace 2000 años de la ciudad llamada Magnesia en la antigua Grecia. Actualmente, se le llama campo magnético a la región en el espacio que rodea a un imán y que está relacionado al movimiento de las cargas eléctricas que porta el material (Hewitt, 1998). Dado a que en la constitución de la materia intervienen partículas que portan cargas en movimiento, es de esperarse que este campo magnético esté en cualquier tipo de sustancia, aunque no sea detectable a simple vista. Los materiales se pueden clasificar en cuanto a sus propiedades magnéticas en: diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos. Los materiales diamagnéticos tienen la característica de que al ser colocados cerca de un polo magnético intenso sufren una fuerza repulsiva, es decir, repelen los campos magnéticos por lo que no son materiales magnetizables, un buen ejemplo de una sustancia diamagnética es el agua, que es el constituyente primordial de la vida. En el caso de los materiales paramagnéticos, éstos tienen la propiedad de ser atraídos por imanes lo cual permite que sus momentos magnéticos se orienten de acuerdo al campo magnético externo. Por otra parte, los materiales ferromagnéticos se caracterizan por presentar un efecto paramagnético muy fuerte y es característico de algunos materiales como el fierro, níquel y cobalto, que son materiales altamente magnetizables (Figura 1).

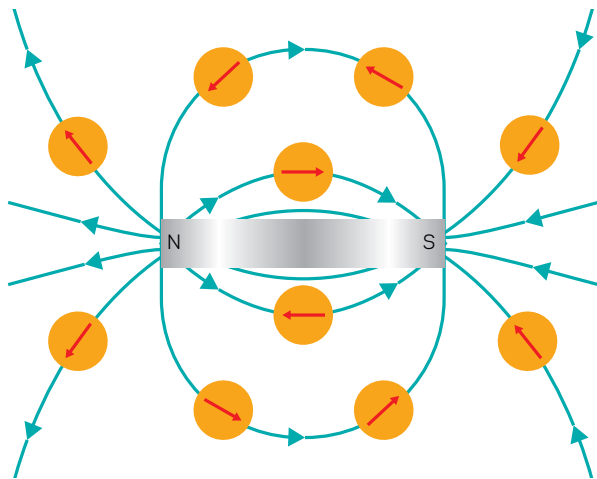


Figura 1. Un campo magnético se define como el espacio que rodea a un imán. Se generan líneas de fuerza magnética que salen por el polo Norte magnético (N) y se dirigen al polo Sur magnético (S) que son capaces de interactuar con el medio circundante. En los aparatos eléctricos, líneas de conducción y sub-estaciones eléctricas, se generan también campos magnéticos, que en ese caso se llaman electromagnéticos y son más bien campos dinámicos que varían en el tiempo. En los imanes, el campo es estático. El efecto biológico de cada uno es diferente.

Por otro lado, los campos magnéticos se clasifican en cuanto su distribución espacial en homogéneos y heterogéneos. Los campos magnéticos homogéneos presentan un campo uniforme en un área determinada; mientras que el campo magnético heterogéneo presenta variación en la intensidad con respecto a la fuente productora de magnetismo. Además, estos campos magnéticos se pueden clasificar en cuanto a su relación con el tiempo, en estáticos y oscilantes. Los campos estáticos, como es el caso de los imanes permanentes, mantienen la misma intensidad magnética durante todo el tiempo; mientras que los oscilantes varían en la intensidad con respecto al tiempo. La mayoría de los estudios concuerdan en la idea de que los campos magnéticos

oscilantes suelen mostrar mayores afectos biológicos que los estáticos. (Alonso y Rojo, 1987)

De acuerdo a la ley de Faraday, que nos dice que todo campo eléctrico que varía con el tiempo va siempre acompañado de un campo magnético variable, se establece entonces la relación entre campos eléctricos y magnéticos que pueden integrarse como una sola entidad física que se denomina *campo electromagnético* (CEM). Por su parte, el número de fluctuaciones por segundo que se dan entre los campos eléctrico y magnético se refiere a su frecuencia, y a la unidad de frecuencia se le conoce como Hertz (Hz) y equivale a un ciclo por segundo (Hewitt, 2007) (Figura 2).

La intensidad de un campo magnético, está relacionada con la fuerza y velocidad de las cargas; por esto, a más movimiento tengan las partículas cargadas, mayor será la intensidad de este campo. La densidad de flujo magnético en el sistema MKS es el Tesla (T), mientras que en el sistema CGS se mide en Gauss (G). Un T es igual a G.

Dado lo anterior, se deduce que son diversas las variables involucradas en la naturaleza de un CEM, mismos que son considerados físicamente como radiaciones electromagnéticas no ionizantes, de una frecuencia extremadamente baja y con poca energía, si se toma como ejemplo de comparación a la energía que contienen los enlaces moleculares, en particular los de la molécula de ADN. Sin embargo,

últimamente se ha propuesto que dada la motilidad de los electrones en el ADN y a la gran dinámica que esta molécula tiene, sobre todo en los procesos que involucran la expresión de los genes, es posible que si estos flujos electrónicos se alteran, pueden generarse cambios o modificaciones en la expresión génica. Esto último, puede dar origen a una serie de eventos celulares que a su vez desencadenarían cambios en la fisiología de los organismos, con diversas consecuencias, como se verá en el presente artículo .

EFFECTOS DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS SOBRE LOS SISTEMAS BIOLÓGICOS

Se ha encontrado que los CEM tienen efectos sobre una diversidad de funciones biológicas entre éstas se encuentran; alteraciones en la producción de hormonas, modificación de la respuesta inmune, y cambios en el grado de crecimiento y diferenciación celular (Tenforde, 1991).

Los CEM a que comúnmente está expuesto el ser humano presentan una frecuencia de 50-60 Hz; y se ha informado que pueden tener efecto tanto en eucariotes como procariotes, y pueden modificar un sinnúmero de reacciones enzimáticas y procesos bioquímicos (Lin, 1994). Además, se ha mencionado que los campos magnéticos pueden influir en la salud, las investigaciones se han enfocado principalmente

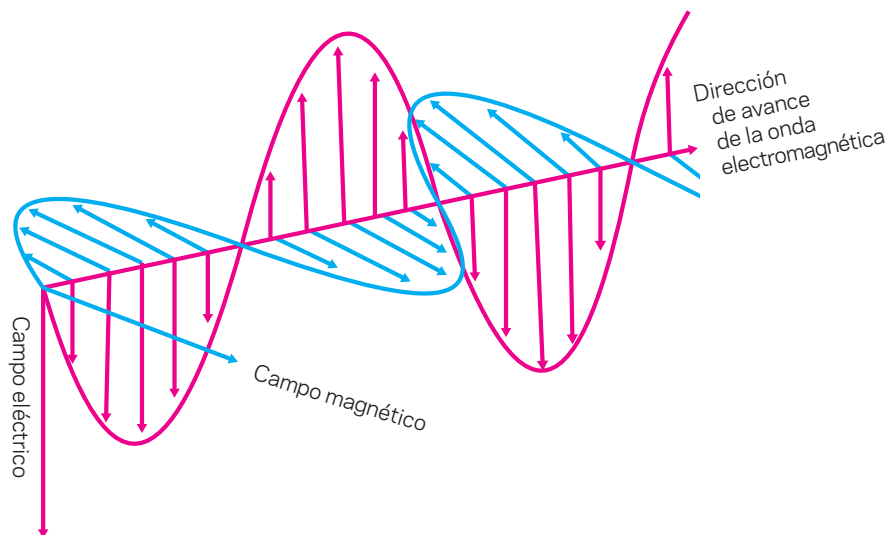
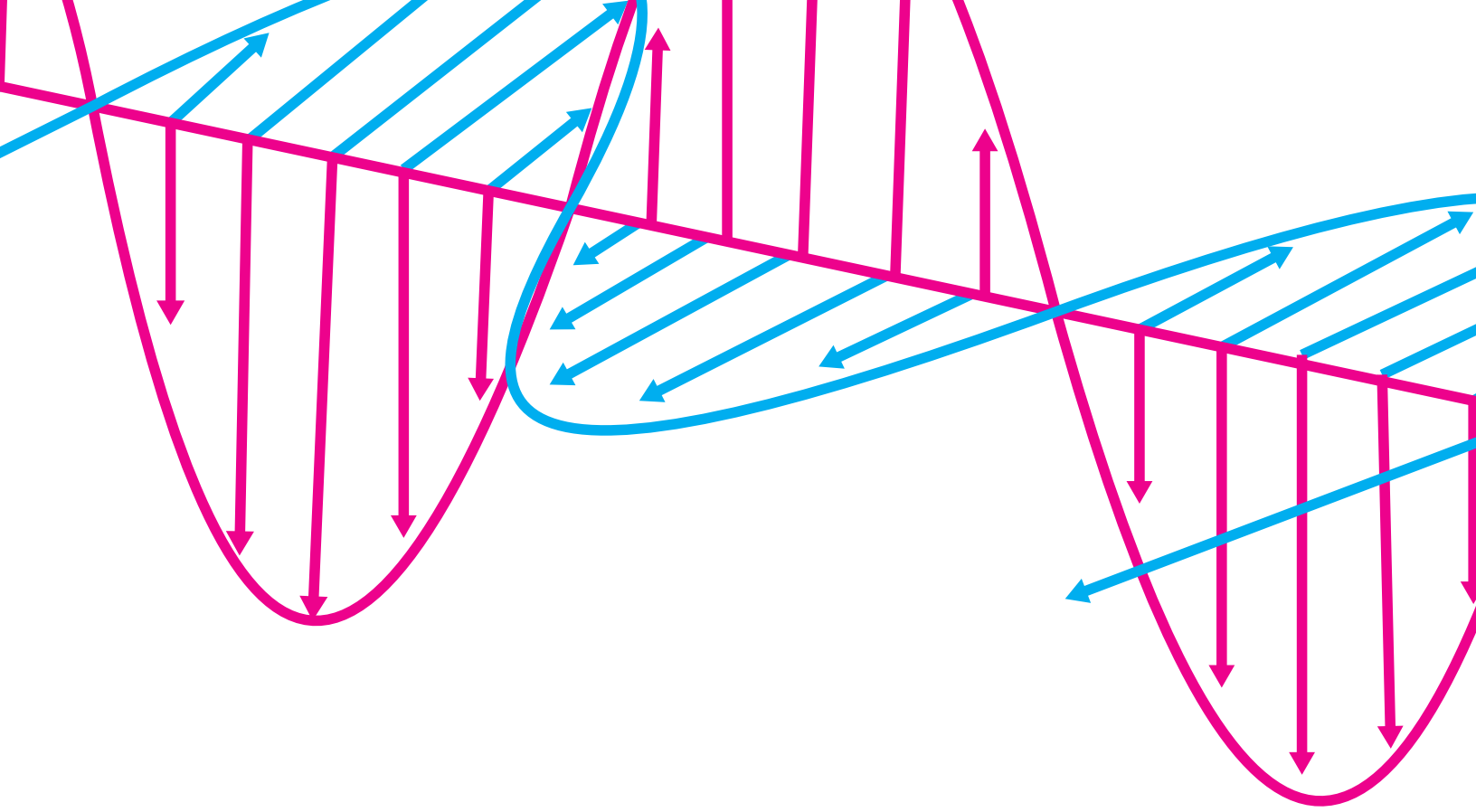


Figura 2. Onda electromagnética indicando sus componentes magnético y eléctrico. Los campos electromagnéticos son radiaciones no ionizantes de muy baja frecuencia. En nuestro medio, la electricidad que usamos es de 60 Hertz de frecuencia.




al posible daño al ADN, mutaciones que pudieran dar lugar a enfermedades tales como el cáncer. Tanto las mutaciones inherentes como las inducidas, que pueden afectar al material genético formado de aproximadamente genes codificantes (Moraes y Góes, 2016). Se considera que en el ser humano, por ejemplo, no es solo la cantidad de genes mencionada que aproximadamente contiene cada célula somática, sino que también es el arreglo delicado de los genes específicos que son expresados después de la fertilización del óvulo por el espermatozoide, en la división celular, en la muerte celular programada (apoptosis), y en la diferenciación celular que ocurre durante la embriogénesis, hasta la maduración. Todos los organismos están constituidos por varios niveles que van siendo incrementados en complejidad, así los seres vivos están formados por átomos, los cuales se organizan a la vez moléculas, éstas a su vez conforman los organelos celulares, los cuales forman parte de las células, que a su vez conforman los tejidos, que dan lugar a la formación de órganos y que pueden ser parte de los sistemas (Trosko, 2000). Así, los CEM pueden llegar a influir en cualquiera de estos niveles de los organismos provocando efectos detectables (Galar-Castelan, 1998).

Se han realizado a la fecha una gran cantidad de estudios, tanto de laboratorio como epidemiológicos, que tratan de asociar a los CEM con el cáncer, la diversidad de hallazgos no deja clara una conclusión acerca de si estos campos serían capaces de inducir neoplasias directamente. En un estudio realizado con cáncer de mama (uno de los más frecuente

en la especie humana), se trató de establecer si existía una relación entre los campos magnéticos y la expresión de genes humanos relacionados con cáncer de epitelio de mama (Loberg y cols., 1999), los genes estudiados fueron; C-erb, B-2, p53, p21, bax, bcl-x, mcl y fos. Para esto, se evaluaron los efectos de campos electromagnéticos de 60Hz de frecuencia a las intensidades de 0.1, 1.0 y 10 G en células HBL-100 por periodos de 20 min hasta por 24 h. Dichos tratamientos, se compararon con un grupo control que estuvo expuesto solamente a campos magnéticos ambientales ($<0.1 \mu\text{T}$). Los resultados obtenidos no indicaron una alteración de la expresión genética asociada a la exposición a campos magnéticos por lo que se concluyó que estas energías no tenían relación con inducción de cáncer de mama mediante el mecanismo de expresión de estos genes.

Por otra parte, se ha propuesto que los CEM pueden utilizarse como agentes bactericidas. En un trabajo realizado por Strazak y cols. (2002), se expuso a la bacteria *Escherichia coli* a CEM de baja frecuencia a intensidades entre 2.7 y 110 mT para determinar el efecto de este factor físico sobre el crecimiento. Se observó que los CEM afectaban negativamente la curva de crecimiento, además que el tamaño de las colonias bacterianas era menor conforme se incrementaba la intensidad magnética o el tiempo de exposición.

Por otro lado, los CEM de baja frecuencia son utilizados en la actualidad como herramienta para producir una variedad de efectos benéficos en



algunos sistemas biológicos. Por ejemplo, los CEM de tipo pulsante son usados frecuentemente para la reparación de fracturas óseas ya que se observó que el tejido óseo es sensible a campos magnéticos y eléctricos de baja frecuencia. Actualmente también se está utilizando a los CEM en personas con osteoporosis, con resultados muy alentadores (Pilla, 2002).

Otros investigadores, tuvieron como objetivo evaluar el efecto de los CEM en la protección de células del miocardio contra el daño isquémico, en pacientes que posteriormente iban a ser intervenidos quirúrgicamente (Han y cols., 1998). Ya que generalmente se utilizan temperaturas elevadas para estimular la expresión de la proteína hsp70 (proteína de choque térmico de 70 kilodaltons), debido a que esto permite proteger a los pacientes contra posible daño por isquemia. Los resultados obtenidos por el grupo de Han utilizando CEM fueron similares a los obtenidos con temperaturas altas, siendo los CEM más benignos, pues utilizan aproximadamente 14 veces menos energía que el choque térmico, y aun así generó una respuesta al estrés incrementando los niveles de hsp70.

Recientemente, se ha informado que los CEM son capaces de llevar a cabo regeneración de células neuronales (Kim y cols., 2002). Estos investigadores, intervinieron quirúrgicamente a ratas para provocar lesiones a nervios de la laringe para posteriormente exponer a CEM de una intensidad de 0.4 mT por 3 horas durante un periodo de 12 semanas. Ellos evaluaron la expresión de la enzima oxido sintetasa neural y la fosfolipasa C- γ 1 ya que han sido relacionadas con la regeneración nerviosa. Los resultados mostraron un incremento estadísticamente significativo en las dos enzimas estudiadas, comparado con el grupo control; además de que los animales presentaban regeneración de axones con lo que recobraban la función motora de los músculos de la laringe.

CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y EXPRESIÓN GÉNICA EN PROCARIOTES

En cuanto a el efecto de los CEM sobre la expresión génica en microorganismos, Cairo y cols. (1998) determinaron el efecto de los CEM de frecuencia

extremadamente baja sobre la expresión de ARN mensajero y del factor sigma 32 en *Escherichia coli*. Expusieron la bacteria a CEM de 1.1 mT de 60 Hz por un tiempo de 15 minutos, y encontraron que las intensidades utilizadas incrementaron los niveles intracelulares de ARN mensajero.

En otro trabajo realizado por Tsuchiya y cols., (1999) se determinó el efecto de los campos magnéticos sobre la actividad transcripcional de *E. coli*. Los investigadores expusieron la bacteria a un campo magnético que variaba entre 5.2 y 6.2 T el cual era producido por un sistema de magnetos superconductores y se encontró que el crecimiento incrementaba 3 veces en la fase estacionaria en comparación con el grupo control. Después, se expuso al campo magnético una cepa de *E. coli* defectuosa en el gen rpoS, el cual codifica para el factor σ , y se encontró que la sobrevivencia en la fase estacionaria estaba disminuida. Posteriormente, se utilizó una cepa de *E. coli* que contenía fusión rpoS-lacZ para después exponer al campo magnético y se observó un incremento en la actividad de la β -galactosidasa. Se concluyó que el campo magnético utilizado incrementó la actividad transcripcional en la fase estacionaria, así como un aumento de sobrevivencia celular.

En otro estudio (Libertin y cols., 1994), se evaluó el efecto de los rayos gama, luz ultravioleta, luz solar, microondas y CEM sobre la expresión génica mediada por un promotor de un virus de inmunodeficiencia. Se utilizaron células HeLa que fueron transfectadas con un vector que contenía el gen que expresa la enzima cloramfenicol acetil-transferasa el cual era regulado por un promotor HIV-LTR. Se encontró que la luz ultravioleta y la radiación de microondas afectaron la activación del promotor HIV-LTR. Sin embargo, la exposición a rayos gama, luz solar o CEM no afectó la expresión de HIV-LTR. Se concluyó así, que no todos los tipos de radiaciones son capaces de afectar la expresión de HIV-LTR.

CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS Y EXPRESIÓN GÉNICA EN EUCARIOTES

En lo que concierne a los efectos de los CEM sobre la expresión génica en organismo eucariotes, Saffer y Thurston (1995) expusieron células Daudi y HL60

humanas a CEM con un rango de $5.7 \mu\text{T}$ hasta 10 mT de 60 Hz de frecuencia por $20\text{-}60$ minutos, para evaluar la expresión del gen *myc*. Se encontró por medio de PCR que los CEM de frecuencia extremadamente baja no inducen cambios en la expresión de este gen en particular.

Otros resultados similares fueron obtenidos por Balcer-Kubiczek y cols. (1996) cuando evaluaron el efecto de los CEM sobre la expresión de gen de la enzima ornitín-descarboxilasa, exponiendo por 24 células de embrión de hámster sirio y fibroblastos de ratón C3H/10T1/2 a CEM de $200 \mu\text{T}$ de 60 Hz . No encontraron efectos de los CEM sobre la expresión de esta enzima en las células antes mencionadas.

Por otra parte, Jarhreis y cols. (1998) evaluaron el efecto de los CEM de 0.1 mT de 60 Hz sobre la expresión de los oncogenes *c-fos*, *c-jun* y *c-myc*. Ellos expusieron células CEM-CM3 a CEM generados por bobinas Helmholtz por periodos de tiempo de 15 , 30 , 60 y 120 minutos, para posteriormente extraer el núcleo y ARN citoplásmico. No encontraron diferencia en los niveles de transcripción de estos oncogenes entre el grupo expuesto al CEM y el grupo control (Figura 3).

Otro trabajo interesante que se realizó con objeto de probar el efecto de los CEM, y de éstos en combinación con diversos agentes químicos, sobre la expresión génica fue el llevado a cabo por Campbell-Beachler y cols. (1998) en células PC12 de ratón estimulado con el factor de crecimiento neural (NGF, por sus siglas en inglés) para después evaluar el efecto de los CEM de 60 Hz sobre la expresión de gene *c-fos*. Ellos expusieron estas células al NGF, a las concentraciones de 2 , 4 , 8 y 16 ng/ml , para luego exponerlas a CEM de 12.5 , 25.50 y $100 \mu\text{T}$ por 30 minutos. Posteriormente determinaron los niveles de transcripción de los genes *c-fos* mediante el análisis de Northern blot usando sondas marcadas con P^{32} . No se encontraron cambios en la expresión de este gen. Sin embargo, cuando expusieron las células PC12 a una combinación de agentes químicos (NGF, fosfocolina y acetato de tetradecanoforbol [TPA]) y posteriormente al CEM, encontraron que la expresión se incrementaba al doble de *c-fos* comparado con el grupo control. Por lo cual concluyen que la exposición de células previamente tratadas con los agentes NGF, fosfocolina y TPA juntos y expuestas posteriormente al CEM presentan un incremento en la expresión de *c-fos*.

Por su parte, Tuinstra y cols. (1998) examinaron el efecto de los CEM de 1.5 mT de 60 Hz y el ester de forbol sobre la proteína quinasa C. Se estudió el efecto de estos factores solos, y de manera combinada. En este trabajo realizaron 2 experimentos. En el primero expusieron cultivos celulares a CEM y forbol 12-miristato, 13 acetato (PMA) a una concentración de $2 \mu\text{M}$ y a la combinación de estos factores por 1 hora y no encontraron incrementos en la actividad de la proteína quinasa-C. En el segundo experimento, las células fueron previamente expuestas a una dosis menor a la óptima de PMA (50 nM) por 45 minutos, para posteriormente exponerse al CEM por 15 minutos. Los datos indicaron una disminución en la actividad de la quinasa-C a nivel citoplasmático y un aumento de actividad a nivel de membrana celular.

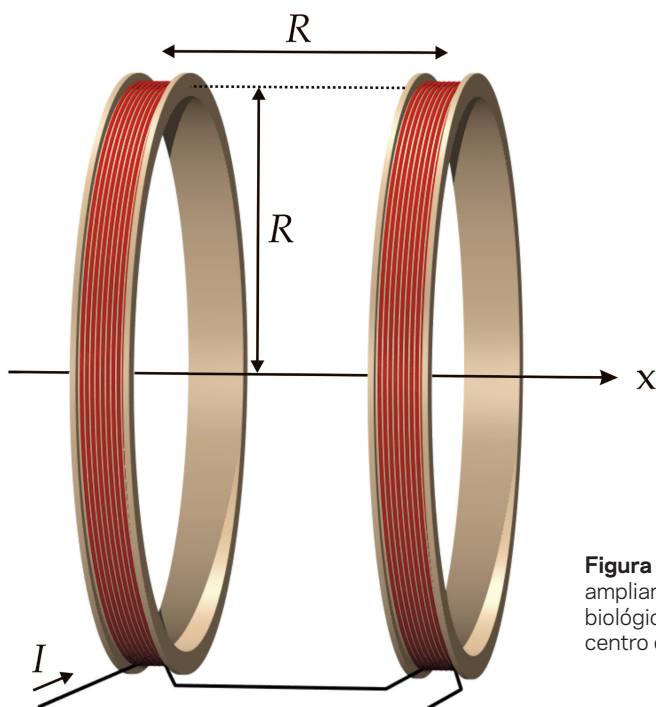


Figura 3. Sistema de bobinas Helmholtz. Este dispositivo es ampliamente utilizado en las investigaciones sobre el efecto biológico de campos electromagnéticos. (R = Distancia desde el centro de la bobina, I = Corriente eléctrica)

De este trabajo se concluyó que los CEM pueden actuar de manera sinérgica con otros factores, sobre la expresión génica.

En contraste, Miller y cols. (1999) no detectaron efectos de los CEM sobre la expresión génica al evaluar diferentes densidades de flujo magnético de 0.08, 0.1, 1.0 y 1.3 mT y de 60 Hz de frecuencia sobre la expresión de los genes NF-kappaB (factor nuclear potenciador de las cadenas ligeras kappa de las células B) y AP-1 (Proteína activadora 1) en una línea de células promonocíticas de leucemia humana.

En otro estudio, se determinó el efecto de los campos magnéticos sobre la expresión de proteínas de estrés (Pipkin y cols., 1999). Cultivos de células HL60 fueron expuestos por 2 horas a un campo magnético sinusoidal de 0.1 a 1 mT de 60 Hz de frecuencia para su posterior marcaje mediante isótopos radiactivos. Los marcadores radiactivos fueron incorporados en las proteínas celulares por síntesis o fosforilación. Las proteínas fueron obtenidas electrostáticamente y las proteínas de choque térmico fueron analizadas por síntesis y fosforilación en gel bidimensional de poliacrilamida. Los resultados obtenidos no indicaron diferencia estadística entre el grupo expuesto al campo magnético de 0.1 y el grupo control; sin embargo, si se encontró un incremento significativo en las proteínas de choque térmico en el grupo expuesto a campos magnéticos de 1.0 mT. Los autores concluyeron que el campo magnético de 1.0 mT interactúa a nivel celular para inducir proteínas de estrés.

En otro trabajo, se determinó el efecto de los campos magnéticos sobre la expresión del gen *myc* (codifica proteínas del núcleo de la célula que se unen al ADN y facilitan su transcripción) en las células Daudi (Morehouse y Owen, 2000). Dichas células fueron expuestas a campos magnéticos de 60 Hz de intensidades de 12.5, 50, 100 y 500 μ T por 20, 40 y 60 minutos, todos los tratamientos fueron emparejados con un grupo control no expuesto a dicho factor físico, La expresión de *myc* fue determinada mediante la técnica de hibridación de northern blot. Los resultados obtenidos indicaron que los campos magnéticos no alteraron de manera significativa la expresión del gen en células Daudi.

En otro estudio que involucró oncogenes (Romano-Spica y cols., 2000), se determinó el efecto de los

CEM de 50 Hz sobre la expresión del oncogene *ets1* que codifica a la proteína *c-ets-1* que actúa como factor de transcripción, se analizó dicha expresión en células hematopoyéticas y testiculares. Se encontró sobreexpresión del ARN de *ets1* a la intensidad de 45.7 μ T en células Jurkat linfoblastoide y en células TM3 Leydig. De este estudio se concluyó que los CEM son capaces de inducir la expresión génica en estos tipos celulares.

EFFECTO DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS EN LA EXPRESIÓN DE PROTEÍNAS DE ESTRÉS.

Las respuestas biológicas que diferentes organismos producen en situaciones de estrés han sido objeto de numerosas investigaciones. A nivel celular existen diferentes mecanismos para ello, aunque uno de los más interesantes es la respuesta de proteínas de estrés o heat shock proteins (HSP). En este sentido, una de las principales funciones de las HSP es luchar contra las alteraciones y los defectos en la síntesis de otras proteínas celulares, con el objeto de proteger a las células de los daños que puedan sufrir. Cualquier tipo de estrés, entendiéndose por tal la alteración de la homeostasis, es capaz de inducir su producción, pero en especial las temperaturas elevadas, la disminución del pH, ciertos procesos de isquemia, la disminución de los niveles de glucosa y el agotamiento del glucógeno, así como otros factores son causantes del aumento en los niveles de HSP (Carrasco-Páeza, 2009).

Con respecto al efecto de los CEM sobre la expresión de proteínas de estrés, Han y cols. (1998) expusieron células normales humanas de mama (HTB124) a campos magnéticos de 60 Hz y examinaron los niveles de hsp70 después de la exposición, en este trabajo utilizaron 3 tratamientos a) exposición continua a CEM por 3 horas, b) exposición solo por 20 minutos y c) exposiciones repetidas a CEM con duración de 20 minutos con diferente dirección del campo magnético. Los resultados obtenidos, indicaron que en el tratamiento de 3 horas continuas presentaba un incremento de hsp70 hasta de un 46% a los 20 minutos de exposición al ser comparados con el grupo control, sin embargo, conforme pasaba el tiempo disminuían los niveles. Cuando se exponían

solo por 20 minutos, los valores se mantenían altos por más de 3 horas. Cuando las células se expusieron repetidamente, se encontraron niveles elevados de hsp70 lo que indicaba un mecanismo de activación génica. Resultados similares fueron obtenidos por Lin y cols., ellos determinaron el efecto de los CEM sobre la expresión de los genes de proteínas de choque térmico en células humanas (Lin y cols., 1997). Expusieron células HL60 a CEM de 60 Hz bajo temperaturas de crecimiento normales. Se incrementó la transcripción del gen hsp70, además de un aumento en la síntesis de la proteína HSP70. Por esto, concluyeron que los CEM estimulan la producción de proteínas de estrés de manera similar a otros factores de estrés fisiológicos.

Por otra parte, también se ha evaluado el efecto de los CEM sobre el gen hsp16. Miyakawa y cols. (2001) expusieron el nemátodo *Caenorhabditis elegans* a CEM con una intensidad de 0.5 T de 60 Hz de frecuencia y determinaron el grado de expresión de hsp16 durante el periodo embrionario y posterior a éste. Los resultados indicaron que la expresión se presentaba más acentuada cuando la exposición era después de la etapa embrionaria. Esto permitió dar evidencia de que los CEM pueden afectar la etapa transcripcional de hsp16.

Asimismo, se determinó el efecto de los CEM de muy alta frecuencia sobre la expresión de hsp70 (Tian y cols., 2002) Se expusieron células MO54 a CEM de frecuencia de 2.45 Hz a una temperatura de 39°C y se determinó la cantidad de esta proteína de estrés a las 2, 4, 8 y 16 horas. Los resultados mostraron un ligero, pero significativo incremento, de expresión de hsp70 comparado con el grupo no expuesto al factor físico.

En otro trabajo realizado por Lin y cols. (1998), se investigó la posible participación de elementos genéticos adicionales sobre la expresión de hsp70' inducida por campos magnéticos Ellos evaluaron la exposición a los campos y al choque térmico sobre la unión ADN-proteína de los factores de transcripción HSF, AP-1, AP2 y SP1 en cuatro líneas celulares. Los sitios de transcripción para estos factores están localizados en el promotor HSP70. La actividad de AP-1 no se incrementó por el choque térmico, sin embargo si se incrementó con el campo magnético. Se encontró además que el choque térmico solo induce

la unión de HSF. Ellos concluyeron que los campos magnéticos inducen la transcripción de HSP70 y que hay un posible mecanismo de interacción de este factor físico directamente con el ADN, ya que los campos magnéticos penetran a la célula y pueden interactuar con los electrones presentes en las bases nitrogenadas del ADN.

En otro trabajo muy relacionado al anterior, de los mismos autores, se determinó cual era el sitio de respuesta del promotor HSP70 a campos magnéticos (Lin y cols., 1999). Se encontró que la expresión del gen HSP70 por campos magnéticos es afectada a nivel de la transcripción y es medida por la unión de la proteína c-myc a dos secuencias nCTCTn localizadas entre -230 y -160 de la cadena de ADN. Por otra parte, ellos informaron otro sitio de unión de c-myc (entre -158 y -162) el cual es un importante regulador de la expresión de HSP70 inducida por campo electromagnético. Además, ellos encontraron que el elemento de choque térmico está localizado entre -180 y -203.

ESTUDIOS HECHOS EN NUESTRO LABORATORIO ACERCA DEL EFECTO DE LOS CAMPOS ELECTROMAGNÉTICOS SOBRE LA ACTIVIDAD DEL PROMOTOR DE HSP70

En años recientes, dada la relevancia que el efecto de los CEM puede tener al modificar la expresión génica en la fisiología celular, nos avocamos a probar la influencia de estas radiaciones electromagnéticas no ionizantes sobre la expresión génica en un promotor específico para una proteína de estrés, denominado hsp70, y que es comúnmente expresada mediante estímulo térmico (Choque térmico). Para tal fin, fue necesario construir un vector de transfección para células de mamífero, que fue un plásmido que denominamos "Plásmido-CEM" (Rodríguez de la Fuente y cols., 2017), un constructo génico que contenía el promotor de hsp70 y que a su vez contiene las secuencias previamente descritas que responden a la acción de los CEM (Lin y cols., 2001). Este vector también incluye el gen reportero de la luciferasa, que permite evaluar la expresión génica por emisión

de luz, mediante luminometría. En primera instancia, se probó el efecto de los CEM sobre la expresión de este gen en células HeLa, que es una línea tumoral de adenocarcinoma humano, y en células BMK16 que son de riñón de ratón. Se observó que el tratamiento magnético incrementó la expresión génica en ambos tipos celulares (Rodríguez de la Fuente y cols., 2009). Cabe mencionar, que los bioensayos fueron diseñados para comparar el efecto de los CEM contra el de un tratamiento con choque térmico, que previamente se sabe incrementa la expresión del gene probado. Sin embargo, los CEM aquí evaluados no producen incremento alguno en la temperatura. El hallazgo se vuelve más significativo, si se toma en cuenta que las dosis de campos magnético utilizados en nuestros experimentos fueron muy similares a las que podríamos estar expuestos ambientalmente en ciudades industrializadas.

Por otra parte, también probamos el mismo tratamiento magnético, pero ahora en células INER-37 (proporcionadas por el Instituto Nacional de Enfermedades respiratorias, México y que son líneas tumorales de cáncer broncogénico) y en células RMA E7 que son de linfoma de ratón. En este caso, el resultado fue variable, ya que se encontró que los CEM incrementaron la expresión génica por activación del promotor de hsp70, pero no así en las células de la línea RMA E7. (Heredia-Rojas y cols., 2010). Estos hallazgos nos hacen proponer la hipótesis de que la activación de la expresión génica depende de otros factores no probados en nuestros bioensayos, y que el proceso es complejo.

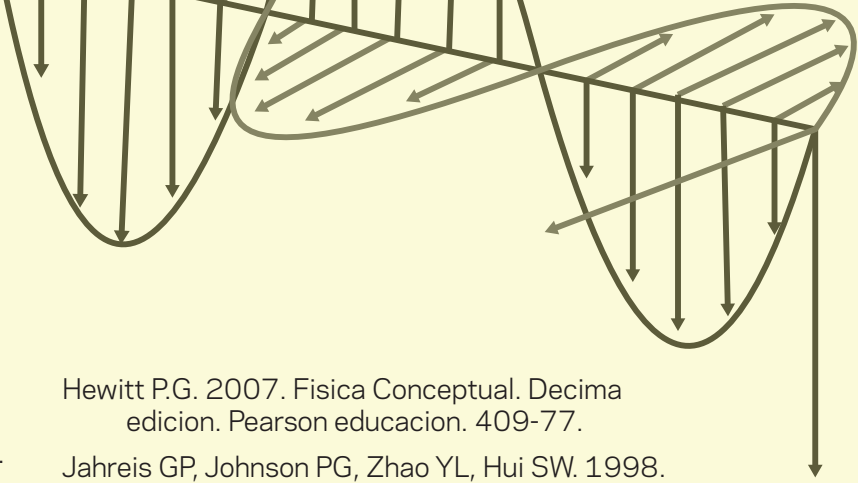
Posteriormente, trasladamos este modelo, pero ahora a condiciones *in vivo*. El vector de respuesta a CEM fue ahora electro-transfectado a músculo

cuadriceps de ratones BALB/c que posteriormente fueron sometidos a la misma intensidad de tratamiento magnético que se usó en el caso de las células anteriormente mencionadas. Se observó un incremento significativo en la expresión del gen de la luciferasa en los animales expuestos a los CEM (Rodríguez de la Fuente y cols., 2010).

Todos estos datos sugieren que la exposición a CEM debe ser considerada al evaluar los riesgos potenciales que puedan tener estas radiaciones electromagnéticas no ionizantes. Aunque si bien, estas exposiciones tienen una muy poca cantidad de energía, comparadas con otras del espectro electromagnético, ha quedado evidenciado por nuestros resultados, y los de otros muchos investigadores, que sí son capaces de alterar algunos mecanismos de expresión génica.

CONCLUSIÓN

Se ha generado una gran cantidad de investigaciones sobre los efectos de los CEM en la expresión génica. Sin embargo, los resultados no han indicado una respuesta definitiva. Esto puede ser debido, entre otras cosas, a que en las investigaciones realizadas se han utilizado condiciones experimentales muy variadas, las que no llegan a ser reportadas o tomadas en cuenta por el investigador, dando lugar a resultados contrastantes. Por otra parte, los resultados obtenidos acerca del efecto de los CEM sobre la activación de la expresión de hsp70, pueden ser utilizados también como una alternativa para terapia génica; regulando la expresión de genes de importancia terapéutica tomando como base la presencia de los elementos de respuesta del promotor de HSP70 que son sensibles al magnetismo.



LITERATURA CITADA

- Alonso M., Rojo O. 1987. Física: campos y ondas. Addison-Wesley. Pag 288-93.
- Balcer-Kubiczek EK, Zhang XF, Harrison GH, McCready WA, Shi ZM, Han LH, Abraham JM, Ampey LL 3rd, Meltzer SJ, Jacobs MC, Davis CC. 1996. Rodent cell transformation and immediate early gene expression following 60-Hz magnetic field exposure. *Environ Health Perspect.* 104(11):1188-98
- Cairo P, Greenebaum B, Goodman .1998. Magnetic field exposure enhances mRNA expression of sigma 32 in *E. coli*. *J Cell Biochem.* 68(1):1-7.
- Campbell-Beachler M, Ishida-Jones T, Haggren W, Phillips JL. 1998. Effect of 60 Hz magnetic field exposure on c-fos expression in stimulated PC12 cells. *Mol Cell Biochem.* 189(1-2):107-11.
- Carrasco-Páeza L, Martínez-Díaz IC, De Hoyo Lorac M, Sañudo-Corrales B. 2009. Proteínas de estrés: respuestas y funciones de HSP70 en el músculo esquelético durante el ejercicio físico. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte.* 2(4):109-49.
- Galar-Castelan I. 1998. Electricidad y Magnetismo. Editorial Limusa . 1ª. Edición. Mex., pp. 223-37.
- Han J, Moussavi Z, Szturm T, Goodman V.1998. Application of nonlinear dynamics to human postural control system. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 7:6885-8.
- Han L, Lin H, Head M, Jin M, Blank M, Goodman R. 1998. Application of magnetic field-induced heat shock protein 70 for presurgical cytoprotection. *J Cell Biochem.* 71(4):577-83.
- Heredia-Rojas JA1, Rodríguez de la Fuente AO, Alcocer González JM, Rodríguez-Flores LE, Rodríguez-Padilla C, Santoyo-Stephano MA, Castañeda-Garza E, Taméz-Guerra RS. 2010. Effect of 60 Hz magnetic fields on the activation of hsp70 promoter in cultured INER-37 and RMA E7 cells. *In Vitro Cell Dev Biol Anim.* 46(9):758-63
- Hewitt, P.G. 1998. Física Conceptual. Addison Wesley Logman de Mexico. Pag 559.
- Hewitt P.G. 2007. Física Conceptual. Decima edicion. Pearson educacion. 409-77.
- Jahreis GP, Johnson PG, Zhao YL, Hui SW. 1998. Absence of 60-Hz, 0.1-mT magnetic field-induced changes in oncogene transcription rates or levels in CEM-CM3 cells. *Biochim Biophys Acta.* 1443(3):334-42.
- Kim, S. S., Shin, H. J., Eom, D. W., Huh, J. R., Woo, Y., Kim, H., Ryu S.H., Suh PG, Kim JY, Koo, T. W. 2002. Enhanced expression of neuronal nitric oxide synthase and phospholipase C- γ 1 in regenerating murine neuronal cells by pulsed electromagnetic field. *Experimental & molecular medicine,* 34(1), 53.
- Libertin CR, Panozzo J, Groh KR, Chang-Liu CM, Schreck S, Woloschak GE. 1994. Effects of gamma rays, ultraviolet radiation, sunlight, microwaves and electromagnetic fields on gene expression mediated by human immunodeficiency virus promoter. *Radiat Res.* 140(1):91-6.
- Lin H, Han L, Blank M, Head M, Goodman R. 1998. Magnetic field activation of protein-DNA binding. *J Cell Biochem.* 70(3):297-303.
- Lin H, Blank M, Goodman R. 1999. A magnetic field-responsive domain in the human HSP70 promoter. *J Cell Biochem.* 75(1):170-6.
- Lin H, Blank M, Rossol-Haseroth K, Goodman R. 2001. Regulating genes with electromagnetic response elements. *J Cell Biochem.* 81(1):143-8.
- Lin H, Opler M, Head M, Blank M, Goodman R. 1997. Electromagnetic field exposure induces rapid, transitory heat shock factor activation in human cells. *J Cell Biochem.* 15;66(4):482-8.
- Lin J.C. 1994. Advances in electromagnetic fields in living systems. Plenum Press, New York. pp 16,17,130, 149.
- Loberg LI, Gauger JR, Buthod JL, Engdahl WR, McCormick DL. 1999. Gene expression in human breast epithelial cells exposed to 60 Hz magnetic fields. *Carcinogenesis.* 20(8):1633-6.



- Miller SC, Haberer J, Venkatachalam U, Furniss MJ. 1999. NF-kappaB or AP-1-dependent reporter gene expression is not altered in human U937 cells exposed to power-line frequency magnetic fields. *Radiat Res.* 151(3):310-8.
- Miyakawa T, Yamada S, Harada S, Ishimori T, Yamamoto H, Hosono R. 2001. Exposure of *Caenorhabditis elegans* to extremely low frequency high magnetic fields induces stress responses. *Bioelectromagnetics.* 22(5):333-9.
- Moraes F and Góes A. 2016. A decade of human genome project conclusion: Scientific diffusion about our genome knowledge. *Biochem. Mol. Biol. Educ.* 44: 215-223. doi:10.1002/bmb.20952
- Morehouse CA, Owen RD. 2000. Exposure to low-frequency electromagnetic fields does not alter HSP70 expression or HSF-HSE binding in HL60 cells. *Radiat Res.* 153(5 Pt 2):658-62.
- Pilla AA. 2002. Low-intensity electromagnetic and mechanical modulation of bone growth and repair: are they equivalent? *J Orthop Sci.* 7(3):420-8.
- Pipkin JL, Hinson WG, Young JF, Rowland KL, Shaddock JG, Tolleson WH, Duffy PH, Casciano DA. 1999. Induction of stress proteins by electromagnetic fields in cultured HL-60 cells. *Bioelectromagnetics.* 20(6):347-57.
- Rodríguez-de la Fuente AO, Alcocer-González JM, Antonio Heredia-Rojas J, Balderas-Candanosa I, Rodríguez-Flores LE, Rodríguez-Padilla C, Taméz-Guerra RS. 2009. Effect of 60 Hz electromagnetic fields on the activity of hsp70 promoter: an in vitro study. *Cell Biol Int.* 33(3):419-23.
- Rodríguez-De la Fuente AO, Alcocer-González JM, Heredia-Rojas JA, Rodríguez-Padilla C, Rodríguez-Flores LE, Santoyo-Stephano MA, Castañeda-Garza E, Taméz-Guerra RS. 2010. Effect of 60 Hz electromagnetic fields on the activity of hsp70 promoter: an in vivo study. *Cell Biol Int Rep.* 26;19(1): e00014.
- Rodríguez-De la Fuente A.O., Heredia-Rojas J.A., Alcocer-González J.M., Rodríguez-Flores L.E., Rodríguez-Padilla C., Taméz-Guerra R.S. 2017. Promoter Activation with Electromagnetism. In: Gould D. (eds) *Mammalian Synthetic Promoters. Methods in Molecular Biology*, vol 1651. Humana Press, New York, NY
- Romano-Spica V, Mucci N, Ursini CL, Ianni A, Bhat NK. 2000. Ets1 oncogene induction by ELF-modulated 50 MHz radiofrequency electromagnetic field. *Bioelectromagnetics.* 21(1):8-18.
- Saffer JD, Thurston SJ. 1995. Short exposures to 60 Hz magnetic fields do not alter MYC expression in HL60 or Daudi cells. *Radiat Res.* 144(1):18-25.
- Strasák L, Vetterl V, Smarda J. 2002. Effects of low-frequency magnetic fields on bacteria *Escherichia coli*. *Bioelectrochemistry.* 55(1-2):161-4.
- Tenforde T.S. 1991. ELF (extremely-low-frequency) field interactions at the animal, tissue and cellular levels. *Electromagnetics in biology and medicine.* 39:225-245.
- Tian F, Nakahara T, Wake K, Taki M, Miyakoshi J. 2002. Exposure to 2.45 GHz electromagnetic fields induces hsp70 at a high SAR of more than 20 W/kg but not at 5W/kg in human glioma MO54 cells. *Int J Radiat Biol.* 78(5):433-40.
- Trosko JE. 2000. Human health consequences of environmentally-modulated gene expression: potential roles of ELF-EMF induced epigenetic versus mutagenic mechanisms of disease. *Bioelectromagnetics.* 21(5):402-406.
- Tsuchiya K, Okuno K, Ano T, Tanaka K, Takahashi H, Shoda M. 1999. High magnetic field enhances stationary phase-specific transcription activity of *Escherichia coli*. *Bioelectrochem Bioenerg.* 48(2):383-7.
- Tuinstra R, Goodman E, Greenebaum B. 1998. Protein kinase C activity following exposure to magnetic field and phorbol ester. *Bioelectromagnetics.* 19(8):469-76.

PLANTAS MEDICINALES COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO EN EL TRASTORNO DEL COLESTEROL

✎ Rahim Foroughbakhch Pournab, Joel Hernández Vázquez, Jorge A. Villarreal Garza



Se conoce como plantas medicinales a aquellas plantas que pueden emplearse en el tratamiento de una afección o enfermedad. El uso de las plantas medicinales se ha incrementado en los últimos años, sobre todo en las clases populares ya que son más económicas que muchos medicamentos de patente. La medicina tradicional se basa en el uso de diversos vegetales, propios de la zona o importados de otros lugares, son tratamientos efectuados a base de diluciones, extractos o en forma directa de las estructuras morfológicas de la planta (Maiti y Gutiérrez, 1991). Son numerosas las plantas que, por sus propiedades y características son llamadas plantas medicinales ya que contribuyen a mejorar la salud de una persona. Los altos niveles de colesterol, particularmente del colesterol de baja densidad (LDL) que es el que aumenta los riesgos de ataques cardiacos, es un problema que se ha hecho demasiado común en nuestros días. Los malos hábitos alimenticios, las comidas rápidas, el exceso de grasas saturadas, la falta de suficientes verduras y frutas en la dieta, el sedentarismo o falta de actividad física, son las principales causas de esta peligrosa condición. (González, 2003).

QUÉ ES EL COLESTEROL

El colesterol es una sustancia cerosa y parecida a la grasa que se encuentra en todas las células del cuerpo; es necesario para producir hormonas, vitamina D y sustancias que le ayudan a digerir los alimentos. El cuerpo produce todo el colesterol que necesita.

Un exceso de colesterol en la sangre, puede combinarse con otras sustancias como grasa y calcio para formar placa; ésta placa se pega a las paredes de los vasos sanguíneos causando la arterioesclerosis que puede provocar enfermedad de las arterias coronarias, estrechándolas o incluso bloquearlas.

TIPOS DE COLESTEROL

El llamado colesterol bueno (HDL), el colesterol malo (LDL) y lipoproteína de muy baja densidad (VLDL) son lipoproteínas, es decir, una combinación de grasas (lípidos) y proteínas. Los lípidos necesitan estar unidos a las proteínas para moverse en la sangre. Los diferentes tipos de lipoproteínas tienen distintos propósitos:

- **HDL** significa lipoproteínas de alta densidad. En ocasiones se le llama colesterol «bueno» porque transporta el colesterol de otras partes del cuerpo de vuelta al hígado. El hígado luego elimina el colesterol del cuerpo.
- **LDL** significa lipoproteínas de baja densidad. A veces se le llama colesterol «malo» porque un nivel alto de LDL lleva a una acumulación de placa en las arterias
- **Lipoproteína de muy baja densidad.** Algunos también la califican como colesterol “malo” porque contribuye a la acumulación de placa en las arterias. Pero la lipoproteína de muy baja densidad y el LDL son diferentes; la lipoproteína de muy baja densidad transporta triglicéridos y el LDL principalmente lleva colesterol

PORQUE LA CAUSA DEL COLESTEROL ALTO

La causa más común del colesterol alto es un estilo de vida poco saludable. Esto puede incluir:

- Hábitos alimenticios poco saludables, como comer muchas grasas dañinas. Un tipo, la grasa saturada, se encuentra en algunas carnes, productos lácteos, chocolate, productos horneados y alimentos procesados y fritos. Otro tipo, la grasa trans, se encuentra también en algunos alimentos fritos y procesados. Comer estas grasas puede elevar el colesterol malo (LDL).
- Falta de actividad física, mucho sedentarismo y poco ejercicio reduce el colesterol bueno (HDL).
- Fumar, reduce el colesterol bueno (HDL), especialmente en las mujeres; también aumenta el colesterol malo (LDL).
- La genética también puede causar que las personas tengan un alto nivel de colesterol. Por ejemplo, la hipercolesterolemia familiar es una forma hereditaria de colesterol alto. Otras afecciones médicas y ciertos medicamentos también pueden causar un elevado colesterol.

FACTORES DE RIESGO

Varias cosas pueden aumentar su riesgo de colesterol alto:

- Edad: Los niveles de colesterol tienden a aumentar a medida que se envejece. Aunque es menos común, personas jóvenes, incluyendo niños y adolescentes, pueden también tener colesterol alto.
- Historia familiar: El colesterol alto puede presentarse en familias.
- Raza: Ciertas razas pueden tener un mayor riesgo de colesterol alto; por ejemplo, los afroamericanos suelen tener niveles más altos de colesterol bueno (HDL) y malo (LDL) que la raza blanca.
- Peso: Tener sobrepeso u obesidad aumenta el riesgo de alto nivel de colesterol.

PROBLEMAS DE SALUD ASOCIADOS AL COLESTEROL ALTO

Si se presentan grandes depósitos de placa en las arterias, un trozo de esta puede romperse, esto

puede causar que se forme un coágulo de sangre; si el coágulo es lo suficientemente grande, puede bloquear un poco o completamente el flujo de sangre en una arteria coronaria.

Si el flujo de sangre rica en oxígeno al músculo cardíaco se reduce o se bloquea, puede causar angina (dolor de pecho) o un ataque al corazón.

La placa también puede acumularse en otras arterias del cuerpo, incluidas las arterias que llevan sangre rica en oxígeno al cerebro y extremidades. Esto puede conducir a problemas como enfermedades de las arterias carótidas, accidente cerebrovascular y enfermedad arterial periférica.

DETECCIÓN DEL COLESTEROL ALTO

Por lo general, no hay signos o síntomas de que se tenga colesterol alto. La única forma de detectarlo es mediante un análisis de sangre. Cuándo y con qué frecuencia debe realizarse esta prueba depende de la edad, factores de riesgo e historia familiar. Las recomendaciones generales son:

Para personas menores de 19 años:

- La primera prueba debe ser entre los nueve y 11 años
- Los niños deberían hacerse la prueba nuevamente cada cinco años
- A algunos niños pueden realizarse esta prueba a partir de los dos años si hay antecedentes familiares de colesterol alto, ataque cardíaco o derrame cerebral.

Para personas mayores de 20 años:

- Los adultos más jóvenes deben hacerse la prueba cada cinco años
 - Los hombres de 45 a 65 años y las mujeres de 55 a 65 años deben hacérsela cada uno a dos años
- Medidas para bajar el colesterol "malo" (LDL) y subir el colesterol "bueno" (HDL).

Se puede mantener los niveles de colesterol dentro de los valores normales mediante cambios en el estilo de vida y medicamentos. Estos cambios incluyen un plan de alimentación saludable para el

corazón, control del peso y ejercicio regular. Si estos cambios en el estilo de vida no son suficientes, es posible que también deba tomar medicamentos. Hay varios tipos de medicamentos disponibles para reducir el colesterol, incluyendo estatinas. Si toma medicamentos para reducir el colesterol, aún debe continuar con los cambios en el estilo de vida.

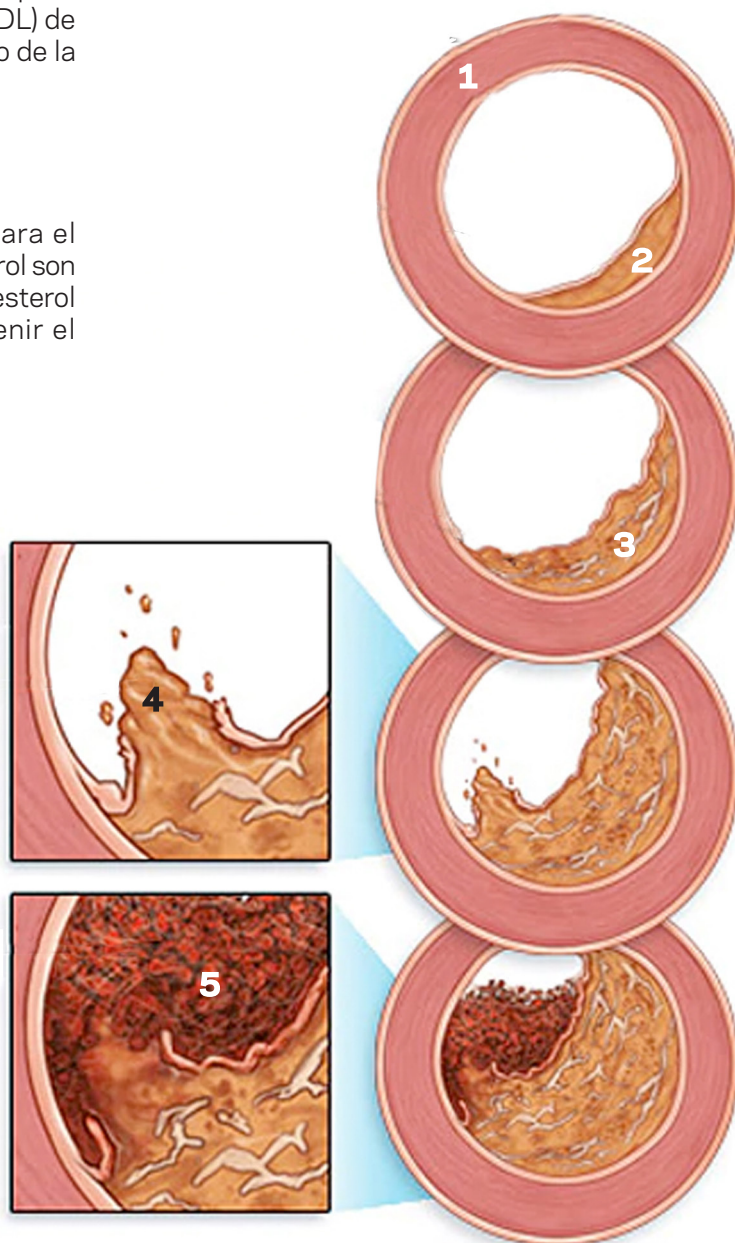
Algunas personas con hipercolesterolemia familiar pueden recibir un tratamiento llamado aféresis de lipoproteínas. Este tratamiento utiliza una máquina de filtrado para eliminar el colesterol malo (LDL) de la sangre. Luego, la máquina devuelve el resto de la sangre a la persona.

PREVENCIÓN:

Los cambios de estilo de vida saludable para el corazón, que pueden reducir el nivel de colesterol son los mismos que pueden ayudar a no tener colesterol alto. En primer lugar; para ayudar a prevenir el colesterol alto, se puede hacer lo siguiente:

- Hacer una dieta baja en sal y con muchas frutas, vegetales y cereales integrales.
- Limitar la cantidad de grasas de origen animal y usar las grasas buenas con moderación.
- Bajar de peso y mantener un peso saludable.
- No fumar.
- Realizar ejercicio la mayoría de los días de la semana durante, por lo menos, treinta minutos.
- Beber alcohol con moderación, o evitarlo por completo.

1. Arteria
2. Placas de revestimiento de arterias
3. Crecimiento de placas, revestimiento de arterias dañadas
4. Rotura de plaquetas
5. Coágulos sanguíneos que limitan el flujo de sangre





AJO: *ALLIUM SATIVUM L.*

OTROS NOMBRES: Ajo, ajos, ajo blanco.

PARTES UTILIZADAS: Bulbo fresco (cabeza) o bulbillos (dientes).

ORIGEN: El ajo es cultivado desde tiempos inmemoriales por el hombre, y se cree que es originario del Suroeste de Siberia, Medio Oriente y Asia.

DESCRIPCION: Planta bianual cultivada, apomicticas de la familia Liliacea subfamilia Alliioideae con bulbos compuestos de dientes, de 3-6 cm de diámetro de sabor picante que es la parte que se aprovecha principalmente. Tallos cilíndricos de color verdes de 40-60 cm, hojas planas, aquilladas, con el ápice agudo y de color verde glauco. Flores blancas o rosadas con pedicelos de 1-2 cm, en umbelas de 2,5-5 cm de diámetro en las que las flores están frecuentemente reemplazadas por bulbillos.

PROPIEDADES MEDICINALES: El principal uso de ajo es protector del corazón, antiarteriosclerótico, reductor del colesterol, hipotensor, diurético, estimulante de las tiroides, pectoral, expectorante, antiinflamatorio, antiagregante plaquetario, fibrinolítico, antihelmíntico, antimicrobiano, hipoglucemiante y antirradical libre.

PRINCIPIOS ACTIVOS: Es especialmente útil en las parasitosis intestinales. Es un complemento dietético en el tratamiento de la hipertensión, diabetes, reduciendo la glucosa sanguínea y el colesterol y; por ello, tiene acción hipolipemiante y antiarteriosclerótica, debido a ello, su uso regular. Previene la esclerosis vascular y cerebral, unido a un efecto hipotensor discreto, pero persistente. Por todo ello el ajo es una de las plantas medicinales con mayores efectos beneficiosos para el corazón. El ajo contiene además proteínas, una elevada cantidad de Potasio, Vitaminas A, B1, B2, PP, C, sales minerales y oligoelementos.

USO TERAPÉUTICO Y DOSIS: Ingerir de 2 a 3 dientes diarios. Si se desea consumir el jugo, hay que triturar los dientes y prensarlos para extraer el jugo; se toman de 5 a 10 gotas en media taza de agua, tres veces al día.

CONTRAINDICACIONES: Evitar su uso con los medicamentos anticoagulantes e hipertensión. No consumir el ajo en el caso de gastritis. Foroughbakhch et al. (2018).



CARDO MARIANO: *SILYBUM MARIANUM L.*

OTROS NOMBRES: Cardenia bendita, cardo bendita, chicalote.

PARTES UTILIZADAS: Hojas, savia, semillas.

ORIGEN: Región del Mediterráneo, desde Portugal hasta el mar Caspio.

DESCRIPCION: Planta herbácea anual de hasta 90 cm de altura, ramificada y con un látex de color amarillo. Las hojas son alternas, sésiles y lobadas, las inferiores son oblongo-lanceoladas y las superiores obovadas o elípticas, todas ellas espinosas. Las flores del cardo santo son de color amarillo intenso, de unos 7 cm de diámetro, con 4 pétalos obovados y estigmas purpúreos. El fruto es una capsula dehiscente.

PROPIEDADES MEDICINALES: Contiene un principio amargo, la cnicina, que actúa estimulando las glándulas que segregan los jugos digestivos en el estómago e intestino delgado. También favorece las funciones del hígado, hepática y del páncreas, al descongestionar y desinflamar estos órganos.

Además, el cardo santo contiene mucilagos y de tanino, que potencian su acción sobre: Atonía digestiva, falta de apetito, digestiones pesadas y vómitos. Tiene efecto Antiséptico y cicatrizante en aplicación externa, debido a las propiedades antibióticas de su principio activo, la cnicina. Se usa para lavar heridas, úlceras de la piel y para baños de asiento en caso de hemorroides. Es diurético y febrífugo, debido a su contenido en flavonoides y aceite esencial.

La decocción de los tallos o las hojas tiene una acción sedante, disminuye la tensión arterial, es relajante muscular y antiarrítmica. El aceite de las semillas es vomitivo y purgante drástico, posee una notable acción tóxica.

PRINCIPIOS ACTIVOS: Lactonas sesquiterpénicas del tipogermacranólido: cnidina, acompañada de benedictina. Flavonoides: glucósidos del apigenol, luteol y kenferol. Trazas de aceite esencial (triterpénicos). Taninos. Abundantes sales minerales (10 a 20%). Trazas de alcaloides, en los frutos.

USO TERAPÉUTICO Y DOSIS: Infusión: un puñado de hojas frescas o secas (30-50 g) por litro de agua. Tomar hasta 3 tazas diarias, junto con las comidas. Para su uso externo, usar en compresas empapadas en una decocción realizada con un puñado de hojas, tallos y/o flores por cada litro de agua.

CONTRAINDICACIONES: No consumir en el periodo de embarazo y Lactancia (Waisel, 2006).



CÚRCUMA: CÚRCUMA LONGA L.

OTROS NOMBRES: Azafrán, polluelo, azafrán cimarrón; yuquilla jengibrillo, palillo cholón, palillo chuncho, guisador.

PARTES UTILIZADAS: Rizomas.

ORIGEN: India y sureste asiático, se cultivada en Asia tropical y Antillas.

DESCRIPCION: La cúrcuma es una planta perenne con rizomas tuberosos oblongos anillados y aromáticos de color amarillo brillante en su interior.

Las hojas son radicales, anchas, de 50 cm, lanceoladas, pecioladas, de color verde uniforme. Las flores, en grupos de 3 a 5, son amarillas, rodeadas por brácteas verdes. La cúrcuma es utilizada como condimento (curry) y se le atribuyen propiedades anticancerígenas.

PROPIEDADES MEDICINALES: Tiene numerosas propiedades medicinales como disquinesias biliares, hepatitis, jaquecas. Gastritis, duodenitis, espasmos gastrointestinales, meteorismo, diarreas. Prevención de tromboembolismos. Reumatismo, artritis. Dermatitis. Tiene acción espasmolítica y se recomienda en la colecistitis y la coledocistitis. Puede utilizarse como complemento en el exceso de colesterol y triglicéridos.

PRINCIPIOS ACTIVOS: La propiedad principal de la cúrcuma es como hepatoprotector pero tiene acciones como colerético, hipolipemiante y espasmolítico. El característico color amarillo dorado de la cúrcuma le viene dado por una materia colorante, derivados del ácido aféico la curcumina, a la que se le atribuyen propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Además contiene Glúcidos (almidón), Aceite esencial, Sales potásicas, Resina, Polisacáridos, complejos ácidos: arabino-galactano, ukonano.

USO TERAPÉUTICO Y DOSIS: Para adulto la dosis es hasta 1.5g de cúrcuma diaria. No pasarse de esa dosis a no ser que realmente se esté usando la cúrcuma como terapia, en ese caso las dosis son de 2 a 3 gramos.

Niños: No recomendada a niños menores de 2 años. Niños mayores: Empezar con 0.5gr al día hasta 1.4gr. Personas mayores: Igual que niños mayores (máx. 1.4gr). Se prepara una decocción con el rayado del tubérculo hirviéndolo por 10 min en medio litro de agua.

CONTRAINDICACIONES: No administrar a bebés, niños ni mujeres embarazadas (Sánchez, 1980).



LINAZA: *LINUM USITATISSIMUM L.*

OTROS NOMBRES: Linaza, lino

PARTES UTILIZADAS: Semillas.

ORIGEN: Es una especie ampliamente cultivada en Europa, América, norte de África y Asia.

DESCRIPCION: Planta anual con tallos huecos de hasta 80 cm, erectos, estriados, ramificados en la mitad superior, glabros. Las hojas, alternas, lanceoladas o linear-lanceoladas, trinervadas, glabras. La inflorescencia en panícula laxa, está compuesta de flores largamente pediceladas.

Los frutos son cápsulas de 8-12 mm, globosas, puntiagudas con 10 lóculos con semillas de color oscuro, brillante y de forma aplastada y alargada de 5-

6 mm. El fruto seco se denomina «baga» o «gárgola».

PROPIEDADES MEDICINALES: Antiinflamatorios, auxiliar en gastritis, hepatitis, artritis, colitis, amigdalitis, meningitis, estreñimiento, acidez estomacal, antioxidantes, desintoxicantes y antialérgicos. Ayuda a prevenir el cáncer (cáncer de próstata, colon, pulmón y riñones). Regula los síntomas de la menopausia. Ayuda a controlar la presión, disminuyendo la tensión nerviosa y brinda un sentimiento de calma. Mejora el sistema cardiovascular eliminando el colesterol en arterias. Controla los niveles de azúcar en la sangre. Contribuye con la pérdida de peso.

PRINCIPIOS ACTIVOS: Mucilago urónico, Aceite (omega 3), Glucósidos, cianogenéticos, Diglucósidos, Sales potásicas y magnésicas, Fosfolípidos, lecitina, Tanino, Resina y Fitosteroles.

USO TERAPÉUTICO Y DOSIS: Macerado, 3 cucharadas por litro de agua y tomar 3-4 tazas/día. Decocto, hervir 1 minuto e infundir 10 minutos, 2-3 tazas al día. Aceite: 1-2 cucharadas por dosis, antes de las comidas, como protector de mucosas, antiácido y laxante-lubrificante.

CONTRAINDICACIONES: Obstrucción esofágica, pilórica o intestinal, íleo Paralítico. Vence et al. (2009).



DIENTE DE LEÓN: *TARAXACUM OFFICINALE* WEBER

OTROS NOMBRES: Achicoria silvestre, amargón, corona de fraile, morro de cerdo.

PARTES UTILIZADAS: Las hojas y la raíz cosechadas antes de la floración.

ORIGEN: Regiones templadas de Europa y Asia.

DESCRIPCION: Planta vivaz, anual y perenne, de raíz pivotante. Presenta una roseta basal de hojas radicales y oblongas, de color verde brillante, pinnatisectas y con lóbulos irregulares, triangulares e incurvados en forma de agujón, el margen con una dentición múltiple. Las flores son liguladas, de color amarillo intenso, con lígulas terminadas, formando un capítulo floral solitario de brácteas recurvadas. El fruto es un aquenio terminado en una expansión filiforme sedosa. El nombre de esta planta deriva del margen de la hoja, de forma agudamente dentada.

PROPIEDADES MEDICIONALES: Es una planta depurativa, diurética, hepática, colagoga y colerético. En el sistema digestivo, actúa como tónico amargo y estimula la secreción de los órganos de la digestión, por lo que se recomienda en la hipoacidez, los cálculos biliares, la falta de apetito y los trastornos digestivos en general. También es hepatoprotectora y colagoga sobre el hígado, la vesícula biliar, por lo que incrementa el flujo de bilis y previene los cálculos biliares. Por su actividad diurética, se recomienda en los cálculos del riñón. Con la raíz seca y tostada, se puede preparar un sucedáneo de café, que además es útil para tratar las afecciones del hígado los riñones.

PRINCIPIOS ACTIVOS: Raíces: Sesquiterpenos (sustancias amargas): eudesmanólido (taraxacina), germacranólidos. Triterpenos y esteroides, Flavonoides: glucósido de apigenina, glucósido de luteolina. Mucílagos y abundantes sales potásicas. Inulina (2% que aumenta hasta un 40% en otoño). Hojas: flavonoides, cumarinas, vitaminas B y C.

USO TERAPÉUTICO Y DOSIS: Decocción de raíces: hervir 5 minutos e infundir 15 minutos, 2-3 tazas/día. Extracto fluido: 4-18 g/día repartidos en 2-3 tomas. Extracto seco: 0.5-2 g/día repartidos en 2-3 tomas. Jugo fresco de raíz: 5-10 ml/día.

CONTRAINDICACIONES: Obstrucción del dueto biliar, empiema. Íleo paralítico (Berdonces, 2004).



LITERATURA CITADA

- Berdonces J. L. 2004. Gran Enciclopedia de Plantas Medicinales. Editorial Océano. ISBN 978-84-494-4068-1.
- Foroughbakhch-Pournavab R., J. Hernández-Vázquez, J. A. Villarreal-Garza. 2018. Plantas Medicinales Descripción, propiedades, principios activos uso terapéutico y dosis. 1a edición, ISBN 978-607-27-1001-6 Editorial Universidad Autónoma de Nuevo León.
- González F.M. 2003. Los remedios de la abuela. La Casa de las Hierbas. Ediciones Pacalli. Primera edición. México. 114 pp <https://medineplus.gov/spanisch/colesterol.html>
- Maiti R. y J.L. Gutiérrez. 1991. Plantas medicinales de Nuevo León Contribución a su conocimiento. Parte 1. UANL FCB. Monterrey, N.L., 84 pp.
- Sánchez J.M. 1980. Grandes Remedios Vegetales. Editorial Divulgación.
- Vance F., L. Baez, H.M- Cherne. 2009. Enciclopedia de los Remedios Naturales Edición Familiar.
- Waisel-Bucay J. 2006. Las plantas medicinales y las Ciencias. Ed. Instituto Politécnico Nacional. ISBN 970-36-0025-5.





EL IMPACTO CIENTÍFICO DEL TRABAJO DE STEPHEN HAWKING

CS J. Rubén Morones Ibarra

INTRODUCCIÓN


Stephen Hawking, considerado uno de los científicos más notables en los campos de la cosmología y la astrofísica de los últimos cincuenta años, nace en la ciudad de Oxford, Inglaterra el 8 de enero de 1942 en el seno de una familia de clase media. Su vida constituye un ejemplo de tenacidad, de optimismo y entrega a la actividad científica, lo cual ha sido motivo de inspiración para muchos jóvenes que se han inclinado por estudiar carreras científicas.

Algo que debemos admirar de Hawking, además de su obra intelectual, es que a pesar de su condición física que lo mantuvo postrado en una silla de ruedas durante gran parte su vida, amó la vida intensamente y fue un apasionado de su trabajo. Sus logros científicos y la admiración que el mundo sentía por él constituían el acicate para que siguiera trabajando arduamente. Fue incansable en sus actividades académicas manteniéndose activo en su trabajo hasta el final de su vida.

Hawking, quien murió en Cambridge Inglaterra el 14 de marzo de 2018, ha sido uno de los científicos más influyentes en la cosmología y la astrofísica modernas. Su trabajo es considerado de gran relevancia para la comprensión de la física de los agujeros negros, así como también del origen del universo y su evolución. El impacto de su obra científica y sus ideas han tenido también consecuencias importantes en el desarrollo posterior de la física teórica.

Su trabajo científico está basado en la Teoría General de la Relatividad (TGR) que Einstein publicó en 1915 y a la que Hawking contribuyó con importantes ideas que dieron origen a nuevos campos de investigación en esta y otras ramas de la física.

Durante mucho tiempo, después de las confirmaciones observacionales de sus predicciones teóricas en los años posteriores a su publicación en 1915, hasta principios de la década de 1960, la TGR permaneció apartada del resto de los campos de la física, sin tener ningún avance significativo. Los físicos relativistas se mantenían aislados con muy poca comunicación científica con los físicos de otras áreas. Parecía que esta teoría ya había agotado sus resultados interesantes y que ya no había casi nada novedoso que se pudiera obtener de ella. Sin embargo, en el año de 1964 el matemático británico Roger Penrose introdujo en la teoría nuevas técnicas matemáticas que la revitalizaron. Este hecho fue considerado como una resucitación de la relatividad general. Estas contribuciones han sido consideradas como los más grandes logros en la relatividad general y en la física



matemática después de la publicación de esta teoría. Su impacto en la TGR fue inmediato pues a partir de ellos se empezaron a generar nuevos resultados que arrojaron luz sobre el origen del universo y el colapso gravitacional, dos problemas fundamentales de la TGR.

Penrose aplicó sus técnicas a los agujeros negros (AN) obteniendo nuevos e interesantes resultados. Hawking en su época de estudiante de doctorado dominó las técnicas desarrolladas por Penrose y las aplicó al universo como un todo. Los resultados de esta investigación los incorporó en el trabajo de su tesis doctoral, la cual defendió en el año de 1966, con el título "Properties of expanding Universes" ("Propiedades de los universos en expansión").

Penrose y Hawking establecieron una colaboración donde propusieron nuevos modelos matemáticos que los llevaron a establecer varios teoremas en el campo de la relatividad general. Sus conclusiones fueron que las singularidades en la teoría de la relatividad general son inevitables. Esto convirtió a la TGR en una teoría incompleta. Este resultado representó un gran avance en la TGR, de donde surgieron una serie de resultados que llevaron a Hawking a probar varios teoremas sobre agujeros negros. Con esto se abrieron nuevos campos de investigación en la física, entre los cuales encontramos la termodinámica de los AN, la teoría cuántica de la gravedad, la cosmología cuántica, la teoría de la información cuántica, las computadoras cuánticas, la geometría cuántica y el concepto de universo holográfico. En todos estos campos se desarrolla actualmente una intensa actividad de investigación.

LAS SINGULARIDADES DE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD GENERAL

Hawking era una persona que se proponía metas muy ambiciosas. Pensaba siempre en grandes proyectos intelectuales. El trabajo de Penrose lo inspiró para buscar comprender y a la vez realizar aportaciones al conocimiento que permitan explicar la manera en la que funciona el universo. Cuando Penrose presenta lo que hoy se conoce como primer teorema de la singularidad, Hawking mostró un gran interés en este tema⁴.

Antes de 1960 muchos científicos no aceptaban la idea de la existencia de los AN. El mismo Einstein había dicho que este solo era un resultado matemático de su teoría, pero que no podía presentarse en la naturaleza debido a la influencia de otras fuerzas repulsivas más intensas que la gravedad que evitarían el colapso gravitacional. Entre estas fuerzas estaría la fuerza nuclear que es repulsiva a distancias muy cortas.

El concepto de singularidad es fundamental para entender lo que ocurre en un AN o en el inicio del universo. En general, una ecuación diferencial tiene una singularidad cuando existe un valor de la variable independiente para la cual uno de los términos de la ecuación queda indeterminado. En la TGR la estructura matemática de la teoría está determinada por 10 ecuaciones diferenciales parciales no-lineales. Las soluciones de estas ecuaciones diferenciales determinan la curvatura del espacio-tiempo.

El origen de las singularidades en la TGR se debe a la presencia de densidades de masa o energía infinitas.



Figura 1.- Roger Penrose, físico-matemático británico con quien Hawking colaboró en varios proyectos científicos.

Esto provoca que las soluciones de las ecuaciones de Einstein lleven a valores de curvatura infinita. Esto se expresa también diciendo que existen puntos o regiones donde la superficie del espacio-tiempo es no diferenciable, o que contiene picos (que la superficie no es suave).

Otra forma de definir una singularidad es estableciendo que esta se presenta donde el tensor métrico no está definido o que no es diferenciable. Desde el punto de vista de la física interpretamos una singularidad como un punto o una región del espacio donde el tiempo se detiene, y las leyes de la física ya no son válidas. Estas ideas son suficientes para los propósitos que aquí se persiguen, que son los de mostrar que la TGR es una teoría incompleta o deficiente debido a que no puede evitar la presencia de singularidades.

Como ya ha ocurrido en el pasado con la mecánica Newtoniana, por ejemplo, seguramente nuevos desarrollos matemáticos nos mostrarán que la TGR es solo una aproximación a una teoría más completa que nos permitirá tener una visión más profunda de los fenómenos del cosmos.

La existencia de singularidades en la TGR tiene efectos importantes o desastrosos para la cosmología y la astrofísica. Para entender lo que sucede en un AN o en el origen del universo, Penrose y Hawking desarrollaron nuevas técnicas matemáticas que probaron la inevitabilidad de las singularidades en la TGR. Estos resultados son impactantes porque muestran que todo colapso gravitacional conduce a una singularidad del espacio-tiempo. Esto es lo que ocurre en los AN.

Un concepto importante para estudiar los AN es el de Horizonte de Eventos (HE). Este se define como una superficie que rodea a un AN y que separa el espacio en dos regiones: la interior, de donde ya no puede escapar nada, ni siquiera la luz, y la exterior de donde solo la masa, la carga eléctrica y la rotación del AN pueden observarse.

El fenómeno del colapso de una estrella por el efecto gravitacional para convertirse en un AN es impresionante debido a que, como ya se mencionó, el tiempo se congela, es decir, el tiempo se detiene. Esto es el significado de una singularidad en el espacio-tiempo. Si un observador externo observa un reloj cercano al HE, en la región exterior, por supuesto, verá que el tiempo se detiene, el reloj no marcha, el tiempo no transcurre. La TGR falla o deja de tener validez. Sin embargo, el observador externo no ve la singularidad, solo el AN. El observador externo podrá seguir observando los fenómenos físicos fuera del AN, explicándolos con la TGR, fuera del HE, pero no en la región interior del AN, donde está la singularidad. En el interior del HE las teorías de la física que hoy tenemos, como la TGR no tienen ya validez.

Hawking reflexionó sobre lo que ocurre en un AN buscando aplicar las ideas de Penrose al universo. Su reflexión se centro en la idea de que si el universo se está expandiendo, esto implica que en el pasado, en el momento del big bang, toda la materia y la radiación debieron estar concentradas en un punto, lo que implica una singularidad del espacio-tiempo. Pero esta no es una singularidad de destrucción del espacio-tiempo como en un AN sino, en este caso, de creación de espacio-tiempo. Esta resultó ser una de sus grandes ideas que le permitieron aportar nuevos conocimientos sobre el origen del universo.

EL IMPACTO DEL TRABAJO DE HAWKING EN LA FÍSICA MODERNA

La especialidad de Hawking fue la teoría de la relatividad general orientada hacia el estudio de la cosmología y la astrofísica, donde realizó enormes aportaciones. En ambos campos incorporó las ideas cuánticas, dando origen a la cosmología cuántica y la astrofísica cuántica. El impacto de sus ideas y sus trabajos transformó el estudio de estas áreas de la física. Se citan enseguida algunos ejemplos del efecto

de sus contribuciones al conocimiento de nuestro universo.

LOS AGUJEROS NEGROS NO SON ETERNOS

Antes de Hawking se pensaba que un agujero negro una vez que se formaba se mantenía creciendo y aumentando su masa engullendo todo lo que existía a su alrededor. De acuerdo con la TGR el AN permanecía eternamente en el universo. Sin embargo con las aportaciones de Hawking sobre el comportamiento físico de los AN se ha llegado a la conclusión de que estos se evaporan y terminan en una explosión desapareciendo como tales. Estas ideas fueron tan revolucionarias en la física que provocaron una cascada de nuevos conceptos, nuevos problemas y nuevos descubrimientos². El cálculo estimado para la vida de un agujero negro de una masa equivalente a dos masas solares es de 10^{70} años. Una cantidad increíblemente grande, que escapa a la posibilidad de imaginarla. De acuerdo con los cálculos se estima que la edad del universo es de 10^{10} años así que la vida de un AN excede por mucho a la edad del universo.

IMAGEN DE UN AGUJERO NEGRO

En la imagen de abajo se muestra la primera visualización fotografía de un agujero negro de los que se conocen como supermasivos por su enorme masa. Este AN está localizado en el centro de la galaxia M87 (Virgo A). Lo que se observa no es propiamente una fotografía sino una imagen creada por un conjunto de ocho telescopios colocados en diferentes lugares de la Tierra. Este logro científico es parte de un programa internacional denominado Event Horizon Telescope (EHT), donde participan más de 200 investigadores de todo el mundo, y cuyo propósito era precisamente este, captar la imagen de un agujero negro. Cada telescopio registra una enorme cantidad de datos capturando ciertos aspectos de la radiación total emitida por el gas que rodea al AN.

Para capturar esta imagen se requirieron seis días de observaciones durante el mes de abril de 2017 y ocho potentes telescopios colocados en diferentes lugares alrededor del mundo. Se estima que su masa

Figura 2.- Imagen de un agujero negro captada por ocho poderosos telescopios que integraron las imágenes de cada uno de ellos dando como resultado la que se muestra.

es de alrededor de seis mil quinientos millones de veces la de nuestro Sol.

Un agujero negro es invisible, ya que de él no escapa absolutamente nada, ni la luz. Sin embargo, fuera del horizonte de eventos, en las inmediaciones de este, se genera una intensa actividad que se ve como una mancha brillante alrededor del agujero negro. El brillo se debe al vertiginoso remolino de gas ardiente que gira alrededor del AN y que emite una intensa radiación antes de precipitarse en él. El centro de color negro corresponde a la región encerrada por el horizonte de eventos (la frontera del AN) que constituye propiamente el agujero negro. La imagen se dio a conocer en el mundo el 10 de abril de 2019. Se calcula que la distancia a la cual se encuentra es de 54 millones de años luz.

La imagen que es la primera que se ha tomado hasta ahora, es importante para la astrofísica y la física debido a que ayudará a entender que es lo que ocurre

en los AN, lo cual es uno de los grandes misterios del universo. Se ha logrado con esta imagen lo que siempre se creyó que era imposible, capturar lo que ocurre en un agujero negro. La emoción del suceso fue muy grande debido a que era algo frustrante para los investigadores estudiar durante años estos objetos y pensar que nunca los llegarían a “ver”.

En realidad, a lo único que se puede tener acceso en estos cuerpos astronómicos es a lo que ocurre en el exterior del horizonte de eventos. Esta imagen será estudiada exhaustivamente para analizar los procesos físicos que tienen lugar en esta región. Con esta observación que constituye en sí un laboratorio celeste, se pondrá a prueba las predicciones de la TGR.

Lo que capturó el EHT fue en realidad la radiación emitida por las partículas que forman la corona exterior al AN las cuales se mueven a velocidades cercanas a la de la luz emitiendo radiación para posteriormente ser tragadas por el AN.

TERMODINÁMICA DE LOS AGUJEROS NEGROS

En el año de 1967 se probó un teorema sobre los AN que establece que un AN se describe completamente mediante tres cantidades: su masa, su carga eléctrica y su momento angular. El físico Jacob Bekenstein, basado en el teorema de las áreas de Hawking estableció que en todo AN hay información oculta, la cual está asociada con la entropía y ésta es proporcional al área del HE del AN. Hawking explicó el fenómeno introduciendo ideas cuánticas por primera vez en la TGR. El trabajo impulsó cambios en las leyes de la termodinámica para estar en concordancia con los fenómenos teóricos recién descubiertos que ocurren en los agujeros negros. La segunda ley de la termodinámica establece que en cualquier proceso que ocurra en la naturaleza la entropía total del universo nunca decrece. Matemáticamente se escribe como $\delta S \geq 0$ donde S es la entropía total del universo. En presencia de un agujero negro que absorbe materia de su entorno la segunda ley de la termodinámica escrita en esta forma ya no tiene validez. Debemos incluir la entropía del AN. Si llamemos a ésta entropía S_{BH} , tendremos que, de acuerdo con Hawking y Bekenstein la segunda ley de la termodinámica tomará la forma $\delta(S + S_{BH}) \geq 0$.³

Su artículo sobre la radiación de los AN publicado en la revista Nature en 1974 abrió el camino para una nueva física, la termodinámica de los agujeros negros y la posibilidad de la unificación de la teoría cuántica con la teoría de la gravitación de Einstein.

ES NECESARIA LA MECÁNICA CUÁNTICA PARA EXPLICAR EL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO

Einstein no aceptaba la interpretación ni los resultados de la mecánica cuántica. Su famosa frase "Dios ni juega a los dados" se refería a su desacuerdo con la manera como la mecánica cuántica interpreta y describe los fenómenos de la naturaleza. Hawking que tenía la firme convicción de que solo integrando la mecánica cuántica y la teoría de Einstein se podía explicar el origen y evolución del universo, hizo una réplica a la frase de Einstein afirmando: "Dios no tan solo juega a los dados sino que hace trucos con ellos

escondiéndolos bajo la manga". Con esto mostraba su opinión de que las leyes de la mecánica cuántica son los que rigen los fenómenos del universo⁴.

Con la combinación de la mecánica cuántica y la relatividad general, Hawking buscaba explicar el origen del tiempo, durante el big bang, y salvar el fin del tiempo en los agujeros negros. Ambos extremos del tiempo solo podían evitarse, en el caso del origen del universo y explicarse en el caso de los AN, si se consideraba en la descripción del universo la mecánica cuántica⁵.

LA TEORÍA CUÁNTICA DE LA GRAVEDAD

La teoría actual de la gravedad es la teoría general de la relatividad de Einstein. Esta teoría describe los fenómenos a gran escala, como los que ocurren en el sistema solar, en las galaxias, en los agujeros negros, o los fenómenos cosmológicos, donde se estudia al universo como un todo.

Por otra parte, la teoría que describe los fenómenos en la escala opuesta, es decir aquellos que suceden a muy pequeñas distancias, en la estructura atómica y subatómica, es la mecánica cuántica. La inclusión de la interacción gravitacional entre las teorías cuánticas es lo que se conocería como teoría cuántica de la gravedad.

Para introducir la idea de la cuantización de la relatividad general, es conveniente primero presentar el proceso para el caso del campo electromagnético. La teoría cuántica del campo electromagnético cuantiza este campo, lo que significa que se asocia una partícula al campo. Esta teoría se conoce como electrodinámica cuántica y en ella el campo electromagnético es una partícula llamada fotón. Similarmente las otras teorías cuánticas de la interacción débil y la interacción fuerte asocian partículas o cuantas a los campos.

Dado que la relatividad general es una teoría donde el campo gravitacional corresponde a la geometría del espacio-tiempo, la cuantización del campo gravitacional corresponde a la "granulación" del espacio-tiempo. Con esto tendríamos que el espacio y el tiempo no son continuos sino que existen en paquetes de dimensiones que tienen un valor mínimo.



COSMOLOGÍA CUÁNTICA

Hawking dio un enorme impulso a la cosmología. Desarrolló la cosmología cuántica. Propone que el universo es finito pero sin límites. Con esto se evitan las singularidades y las leyes de la física tienen validez en todo el espacio y el tiempo incluido el momento del big bang, el cual ya no es considerado como una singularidad. Para soportar esta hipótesis se requiere introducir ideas cuánticas que rompan con la singularidad que la TGR predice durante el big bang⁶.

Hawking buscó demostrar que el origen del universo no se puede determinar porque aparece como una singularidad de las ecuaciones de Einstein. Esto significa que en sus orígenes el universo tenía una densidad de masa y energía infinitas. Un resultado inaceptable para cualquier teoría física. Por lo tanto la TGR es insuficiente para explicar el origen del universo. Hawking buscó dar solución a este problema introduciendo ideas cuánticas. Su postura fue siempre que solo cuantizando la gravedad se podía solucionar el problema de las singularidades de la TGR. Buscó muchas salidas al problema de las singularidades, entre ellas una propuesta donde introdujo un formalismo de tiempo imaginario. Fundamentalmente propone que en el inicio del universo este se encontraba en un estado cuántico. Las condiciones iniciales del universo siendo de naturaleza cuántica pudieron tener una fluctuación de donde todo brotó y condujo a nuestro universo actual. Aseguró que los teoremas sobre la inevitabilidad de las singularidades que él y Penrose probaron, son un fuerte soporte para la idea de que el universo se originó de un proceso cuántico. Muy probablemente de una fluctuación cuántica del vacío. Estas son algunas de las ideas que soportan a la cosmología cuántica. Debemos admitir nuestras limitaciones para explicar el origen del universo y aceptar que lo mejor que podemos decir es que el universo pudo haber surgido de una fluctuación cuántica del vacío.

DIVULGADOR CIENTÍFICO

Hawking fue un gran divulgador de la ciencia. Su gran habilidad para explicar conceptos científicos difíciles de una manera sencilla fue demostrada en su libro "Breve Historia del Tiempo". En este libro aborda el tema del origen y destino del universo, así como de los

agujeros negros. Con este libro, que ha sido traducido a más de 30 idiomas y del que se han vendido millones de copias, Hawking adquirió una popularidad mundial.

Su fama alcanzó niveles de una estrella del cine. Era consultado para múltiples temas de la ciencia y de la ciencia ficción, como los viajes en el tiempo, los extraterrestres, la existencia de Dios, la inteligencia artificial y el futuro de la humanidad. Además, sus conferencias eran muy concurridas, a ellas asistían personas de todos los niveles educativos.

Sus influyentes opiniones sobre múltiples aspectos cautivaron a sus audiencias, a editores de revistas y periódicos que publicaban sus ideas en las páginas principales de sus medios. Con esto se convirtió en el científico más famoso del mundo.

EPÍLOGO

Las contribuciones de Hawking a la ciencia fueron numerosas y sus trabajos sobre los agujeros negros y el origen del universo están entre las más notables aportaciones a la astrofísica y la cosmología de todos los tiempos. Se ha especulado que no obtuvo el Premio Nobel debido a que sus predicciones teóricas son difíciles de comprobar. Como sabemos, uno de los más importantes aspectos de una teoría física es que contenga resultados que involucren predicciones que puedan someterse a pruebas experimentales u observacionales. Sin embargo, en su trabajo de investigación "The Development of Irregularities in a single bubble inflationary Universe", Physics Letters B 115 (1982) pp. 295-297, Hawking propone algunas ideas que involucran la razón de expansión del universo. Los efectos de esto ya han sido observados por varios observatorios, entre ellos el "Cosmic Background Explorer" (COBE) un satélite construido para poner a prueba las predicciones del big bang. Por otra parte, el Premio Nobel no es otorgado post-mortem, solamente cuando el laureado fallece después de anunciado el premio.

Otra de sus predicciones es la de la posible existencia de mini-agujeros negros, los cuales probarían el fenómeno de la evaporación de los AN. Estos mini-agujeros negros no se han observado hasta ahora⁷.



REFERENCIAS

Stephen Hawking, Agujeros negros y pequeños universos, Planeta, 1999.

Richard Panek, The 4% UNIVERSE, Mariner Books, 2011.

Bekenstein J.D. Statistical black-hole thermodynamics, Physical Review D, 12, 3077 (1975).

<http://www.hawking.org.uk/does-god-play-dice.html>

Roger Penrose, El camino a la realidad, Edit. Debate, 2008, P. 1030.

Dan Falk, Universe on a T-Shirt, Arcade Publishing, 2004.

https://www.physicsoftheuniverse.com/topics_blackholes_theory.html



Figura 3..-Representación esquemática de la radiación de Hawking.

LAS ARAÑAS TELA DE BOLSO EN AMÉRICA

✉ Manuel de Luna, Roberto García-Barrios, Carlos Solís-Rojas

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias
Biológicas Departamento de Invertebrados, Autor de correspondencia:
scolopendra94@gmail.com





Palabras clave: *Mígala, atípido, atípida, tarántula atípica, Sphodros, Atypus*

Key words: *Mygalomorph spiders, atypid, atypical tarantula, dispersion, Sphodros, Atypus*

THE PURSEWEB SPIDERS IN AMERICA

RESUMEN

En este artículo conoceremos sobre la biología, diversidad y distribución de las arañas tela de bolso de la familia Atypidae Thorell, 1870 del continente americano. Estas mías con tres garras en sus patas se caracterizan por presentar una placa dura en la parte anterior del dorso del opistosoma, enditos largos y curvos y quelíceros muy desarrollados. Esta familia incluye a 54 especies clasificadas dentro de los géneros *Atypus* Latreille, 1804, *Calommata* Lucas, 1837 y *Sphodros* Walckenaer, 1835 de los cuales el primero y el último se encuentran representados en América por al menos una especie. Tanto Canadá como México tienen la presencia de una sola especie, *Sphodros niger* (Hentz, 1842) y *Sphodros paisano* Gertsch y Platnick, 1980 respectivamente; esta familia es más diversa en EE.UU. donde se encuentran ocho especies, una del género *Atypus* y siete del género *Sphodros*, incluyendo aquellas encontradas en Canadá y México. Los miembros de esta familia se encuentran asociados generalmente a bosques templados, donde viven en una madriguera a forma de calcetín hecho de seda que generalmente se encuentra anclada al suelo y sosteniéndose en el tronco de un árbol, una roca o entre la vegetación arbustiva; además de protección, la madriguera ayuda en su técnica de caza la cual consiste en esperar a que un animal camine sobre él para después ser empalado, desde adentro del bolso, por los largos colmillos de la araña. A diferencia de la mayoría de otras mías, las Atypidae se dispersan vía aérea por un mecanismo llamado vuelo en globo (ballooning).

ABSTRACT

In this article we will deal with the biology, diversity and distribution of the purseweb spiders of the family Atypidae in the Americas. These mygalomorphs with three claws are characterized by having a hard shield in the anterior dorsal region of the opisthosoma, large and curved endites and large chelicerae. This family includes 54 species classified under the genera *Atypus* Latreille, 1804, *Calommata* Lucas, 1837 and *Sphodros* Walckenaer, 1835 of which the first and last are represented in the Americas by at least one species. Canada as well as Mexico have only one species, *Sphodros niger* (Hentz, 1842) and *Sphodros paisano* Gertsch and Platnick, respectively; this family is more diverse in the USA where eight species can be found, including those found in Canada and Mexico. The members of this family are associated with temperate forest, where they live in a nest in the shape of a sock built out of silk and soil particles, generally anchored to the ground and being held by a tree, a rock or bushes; besides protection, the nest helps in their hunting techniques which consists in waiting until an animal walks above it so it can be impaled from inside the nest by the large fangs of the spider. Unlike most mygalomorphs, the Atypidae disperse by air using a mechanism called ballooning.

INTRODUCCIÓN

Araneae es el orden más diverso de la clase Arachnida, la cual incluye también a los escorpiones, falsos escorpiones, segadores, vinagrillos, tenderapos, arañas camello, cacerolas marinas así como otros grupos menos conocidos (Hoffman, 1993); mundialmente se reconocen 117 familias, 4131 géneros y 48,148 especies de este orden (World Spider Catalog, 13 de Mayo de 2019). Los taxónomos dividen al orden Araneae en dos subórdenes: Mesothelae, que es representado en la actualidad solo por las primitivas arañas de la familia Lipisthiidae Thorell, 1869 las cuales cuentan con un opistosoma segmentado con hileras ubicadas en posición medioventral (Jocqué y Dippenaar-Schoeman, 2007), y Opisthothelae, que incluye a todas las demás arañas las cuales presentan un opistosoma sin segmentación e hileras ubicadas en posición terminal. El suborden Opisthothelae es subsecuentemente dividido en dos infraórdenes: Araneomorphae, que incluye a las arañas verdaderas o araneomorfas las cuales tienen quelíceros diaxiales, es decir, que sus quelíceros se mueven en sentido contrario y Mygalomorphae, que incluye a las mígalas o migalomorfas las cuales tienen quelíceros paraxiales, en cuyo caso los quelíceros se mueven de arriba hacia abajo en sentido paralelo (Jocqué y Dippenaar-Schoeman, 2007)

Las arañas tela de bolso de la familia Atypidae pueden distinguirse del resto de las mígalas norteamericanas por la siguiente combinación de caracteres: presentan tres garras en los tarsos de las patas, a diferencia de los miembros de las familias Barychelidae, Paratropididae y Theraphosidae así como algunos Nemesiidae; presentan una placa dura en la parte anterior del dorso del opistosoma (Figs. 1-2), a diferencia de los miembros de las familias Dipluridae, Euctenizidae, Halonoproctidae y Nemesiidae, que carecen de el; el segmento apical de sus hileras laterales posteriores se encuentra entero, a diferencia de los segmentos apicales de las hileras de los miembros de la familia Mecicobothriidae, los cuales presentan pseudosegmentación; sus enditos son largos y curvos y sus quelíceros se encuentran muy desarrollados en ambos sexos (Figs. 1-2), a diferencia de los miembros de la familia Antrodiaetidae los cuales presentan las dos estructuras antes mencionadas no tan desarrolladas (Coyle, 2017;

Gertsch, 1936; Gertsch y Platnick, 1980; Jocqué y Dippenaar-Schoeman, 2007; Raven, 1990)

Se conocen a la fecha tres géneros de esta familia: *Calommata* Lucas, 1837 que cuenta con 13 especies nativas de Asia y África que se distingue de los otros dos géneros en que presenta solo tres pares de impresiones musculares en el esternón llamadas sigilas mientras que el resto presentan cuatro pares; *Atypus* Latreille, 1804 que cuenta con 34 especies nativas de América, Asia y Europa y se distingue del género restante en que los machos presentan un esternón rebordeado y en que las hembras presentan una espermateca muy dura con varios receptáculos y *Sphodros* Walckenaer, 1835 que cuenta con siete especies nativas de América y se distingue de *Atypus* en que los machos presentan un esternón con bordes lisos y en que las hembras presentan una espermateca de tubos enrollados (Gertsch y Platnick, 1980; Raven, 1990; World Spider Catalog, 9 de Abril de 2019).

La identificación a nivel género de las Atypidae americanas puede efectuarse con cualquiera de los dos sexos siempre y cuando se trate de ejemplares adultos, esto es porque se requiere el esternón de un macho adulto o la espermateca de una hembra adulta para su correcta diagnosis (Gertsch y Platnick, 1980). La identificación a nivel especie es más bien indulgente puesto que usualmente se basa en caracteres externos como lo son la segmentación de las hileras, coloración, pseudosegmentación de los artejos de las patas, la ubicación y forma de las sigilas en el esternón y la forma del carapacho, labio y esternón (Gertsch y Platnick, 1980).

HISTORIA TAXONÓMICA

Durante el siglo XIX se describen tres especies de Atypidae para América: *S. rufipes* Latreille, 1829 (Fig. 3), *S. abboti* Walckenaer, 1835 (Fig. 4) y *S. niger* (Hentz, 1842) (Fig. 5), posteriormente en el siglo XX se describieron el resto de las especies conocidas para la región: *A. snetsingeri* Sarno, 1973, *S. atlanticus* Gertsch y Platnick, 1980 (Figs. 6-7), *S. coylei* Gertch y Platnick, 1980, *S. fitchi* Gertsch y Platnick, 1980 y *S. paisano* Gertsch y Platnick, 1980 (Figs. 1-2). En cuanto a las investigaciones acerca de la familia Atypidae en América, destacan algunos autores como McCook (1888) y Poteat (1889) que



Figura 1. Macho de *Sphodros paisano* del Cerro de la Silla "Las Cascadas", municipio de Guadalupe, Nuevo León, México, sobre papel milimétrico para referencia de tamaño.



Figura 2. Hembra de *Sphodros paisano* del Parque Natural "La Estanzuela", municipio de Monterrey, Nuevo León, México, sobre papel milimétrico para referencia de tamaño.



Figura 3. Macho de de Lenexa, Condado de Johnson, Kansas, EE.UU. Foto de Betsy Bertros, usada con autorización. Este representa un nuevo registro de esta especie a nivel estatal para Kansas.



Figura 4. Macho de *Sphodros abboti*. Condado de Bradford, Florida, EE.UU. Foto de Daniel D. Dye, usada con autorización.



Figura 5. Macho de *Sphodros niger* de Lenexa, Condado de Johnson, Kansas, EE.UU. Foto de Betsy Bertros, usada con autorización.



Figura 6. Macho de *Sphodros atlanticus* de Elachee Nature Center, Gainesville, Condado de Hall, Georgia, EE.UU. Foto de Troy Bartlett, usada con autorización.

describen sus guaridas y técnica de caza; Gertsch (1936), Sarno (1973), Gertsch y Platnick (1980) y Platnick (1986) mencionan su importancia en la clasificación taxonómica; Coyle y Shear (1981) reportan historia natural de *S. abboti* y *S. rufipes* en Georgia y Florida, EE.UU.; Coyle (1981) y Coyle et al. (1985) detallan la dispersión aérea de juveniles; Hoffman (2010) nos habla sobre la distribución espacial y temporal de *S. atlanticus*, *S. coylei*, *S. niger* y *S. rufipes* en Virginia, EE.UU.; McKenna-Foster et al. (2011) realizaron un estudio poblacional de *S. rufipes* en una isla del estado de Massachusetts, EE.UU.; Reichling et al. (2011) contribuyen un estudio poblacional de *S. rufipes* en un parque urbano en Tennessee, EE.UU. y finalmente Luna y Millán (2017) reportan la presencia de *S. paisano* en nuevas localidades de Nuevo León y Tamaulipas, México.

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN

A continuación se presenta una lista de las especies de esta familia presentes en América, incluyendo su distribución a nivel de estado en el caso de EE.UU. y México o provincia en el caso de Canadá.

ATYPUS LATREILLE, 1804

- *Atypus snetsingeri* Sarno, 1973 EE.UU. (Pensilvania, Virginia)

SPHODROS WALCKENAER, 1835

- *Sphodros abboti* Walckenaer, 1835 EE.UU. (Florida, Georgia)
- *Sphodros atlanticus* Gertsch y Platnick, 1980 EE.UU. (Carolina del Norte, Georgia, Illinois, Virginia)
- *Sphodros coylei* Gertsch y Platnick, 1980 EE.UU. (Carolina del Sur, Virginia)
- *Sphodros fitchi* Gertsch y Platnick, 1980 EE.UU. (Arkansas, Kansas, Nebraska, Oklahoma)
- *Sphodros niger* (Hentz, 1842) Canadá (Ontario), EE.UU. (Carolina del Norte, Connecticut, Illinois, Indiana, Kansas, Michigan, Missouri, Nueva Jersey, Nueva York, Ohio, Pensilvania, Tennessee, Virginia, Wisconsin)
- *Sphodros paisano* Gertsch y Platnick, 1980 EE.UU. (Texas), México (Nuevo León, Tamaulipas)
- *Sphodros rufipes* (Latreille, 1829) EE.UU. (Carolina

del Norte, Florida, Georgia, Illinois, Kansas¹, Luisiana, Maryland, Mississippi, Nueva York, Rhode Island, Tennessee, Texas, Virginia, Washington)

BIOLOGÍA

El nombre "arañas tela de bolso" es una traducción literal de su nombre común en idioma inglés: purse-web spiders, sin embargo, el nombre es un tanto incorrecto puesto que sus madrigueras mas bien asemejan a un calcetín que a un bolso (Fig. 8-9) (McCook, 1888). Una parte se encuentra bajo tierra y la otra en la superficie, generalmente anclada al suelo, a un tronco, a una roca o a vegetación arbustiva y para no ser llamativa para los depredadores, esta madriguera se encuentra camuflada por la adhesión de partículas de suelo así como musgo que generalmente crece alrededor y sobre ella. Las hembras viven toda su vida en su madriguera y los machos solo la abandonan una vez que alcanzan la madurez con el solo propósito de buscar hembras (Fig. 10) (McCook, 1888; Poteat, 1889).

Su técnica de caza depende enteramente de esta madriguera pues dentro, la araña espera oculta y protegida a que algún pequeño artrópodo camine sobre ella, al hacer esto, se crean vibraciones que la araña siente y desde abajo de la seda, atraviesa tanto la pared de la madriguera como a su presa con la ayuda de sus largos colmillos, una vez atravesada y paralizada por el veneno, la araña puede seguramente hacer un agujero y llevarla consigo adentro para que sea consumida (Fig. 11) (McCook, 1888; Poteat, 1889).

Poco se sabe de la reproducción de estas arañas en América y por supuesto la cópula en la naturaleza es completamente desconocida puesto a que se aparean dentro de sus madrigueras, sin embargo, se conoce que la hembra recubre su madriguera de feromonas que el macho detecta al hacer contacto con ellas y que, al menos en *S. abboti* y *S. rufipes*, los machos buscan a las hembras durante el día y al encontrar una madriguera y sentir dichas feromonas, usan sus colmillos para abrirla por la parte superior y entran (Coyle y Shear, 1981). En especies europeas como *A. affinis* se reporta que el macho las busca durante la noche y tamborilea primero en busca de una respuesta de la hembra, sin embargo, no se ha

.....
1 primer registro para el estado.

observado que las especies americanas tengan este comportamiento (Coyle y Shear, 1981)

Puede asumirse lo que pasa dentro de la madriguera comparando con el comportamiento de *A. affinis* el cual se ha observado en cautiverio (Clark, 1969): una vez entrando en la madriguera de la hembra, el macho la coloca contra la pared de la madriguera usando sus quelíceros y sus patas delanteras, durante ese momento la hembra adopta una pose de sumisión completa, con sus patas plegadas a su cuerpo y el macho aprovecha para insertar el bulbo de su pedipalpo en la cavidad genital de la hembra.

El macho parece poder convivir cierto tiempo con la hembra y al menos en *A. affinis* se reporta que es común encontrar a los machos en las madrigueras de las hembras durante el otoño y el invierno (Clark, 1969), sin embargo, restos de varios machos han sido encontrados en madrigueras de hembras de *S. rufipes* por lo que esta interacción ciertamente no ocurre sin riesgo para el macho (Coyle y Shear, 1981).

El comportamiento llamado ballooning es una técnica de dispersión aérea empleada por muchas familias de araneomorfas, esta consiste en que los ejemplares juveniles (Fig. 12-13) que recién emergen del ovisaco trepen y liberen hilos de seda para que ráfagas de aire y corrientes electroestáticas las lleven a otro lugar. Este comportamiento es muy raro en mías, estando presente solo en dos familias: Atypidae (géneros *Atypus* y *Sphodros*) y Halonoproctidae Pocock (géneros *Conothele* Thorell y *Ummidia* Thorell) (Coyle, 1983, 1985; Coyle y Shear, 1981; Coyle et al. 1985).



Figura 7. Macho de *Sphodros atlanticus* de Condado de Fulton, Georgia, EE.UU. Foto de E. Christina Butler, usada con autorización.

Figura 8. Madriguera de *Sphodros abboti* en Ichetucknee, Condado Columbia, Florida, EE.UU. Foto de Jeff Hollenbeck, usada con autorización. La flecha azul indica la parte basal que conecta con la parte subterránea de la madriguera y la flecha amarilla indica la parte terminal o apical de la madriguera, que se une al tronco.



Figura 9. Hembra de *Sphodros rufipes* en la parte terminal de su madriguera. Parque estatal Torreya, Condado de Liberty, Florida, EE.UU. Foto de Daniel D. Dye, usada con autorización.

Figura 10. Tronco con seis madrigueras de *Sphodros abboti* en Ichetucknee, Condado Columbia, Florida, EE.UU. Foto de Jeff Hollenbeck, usada con autorización. Las flecha amarillas señalan cada una de las madrigueras, se puede apreciar una madriguera de una hembra adulta y cinco de ejemplares juveniles.

Figura 11. *Sphodros abboti* dando caza a un grillo en Ichetucknee, Condado de Columbia, Florida, EE.UU. Fotos de Jeff Hollenbeck, usada con autorización. A - Tras detectar al grillo caminando sobre su madriguera, la araña atraviesa la pared y con un colmillo perfora al grillo y le inyecta veneno para paralizarlo. B - Una vez paralizado, procede a romper un hoyo en su madriguera con sus quelíceros para introducir a la presa. C - Una vez la presa dentro, la araña procederá a consumirla y después reparará los daños a su madriguera.

Figura 12. Hembra de *Sphodros abboti* con sus crías. Foto de Nick Krueger, usada con autorización. Ejemplar de cautiverio.



Figura 13. Juveniles de *Sphodros* sp. en Rock Bridge State Park, Condado de Boone, Missouri, EE.UU. Foto de Jon Rapp, usada con autorización.

En Atypidae, *Sphodros* en particular, el ballooning es distinto en metodología al de la mayoría de las araneomorfas, consistiendo en que la araña trepa a lo alto de un árbol, se deja caer segregando tras de sí un hilo de seda el cual la brisa se encarga de alargar, levantar y romper cerca de la base, el hilo restante siendo la pieza que, junto a la araña, el viento se lleve lejos (Fig. 1.3), este tipo de ballooning se considera más primitivo y de menor alcance y se conoce que es empleado también por familias de araneomorfas Dysderidae C.L. Koch y Segestriidae Simon (Coyle, 1983).

DATOS IMPORTANTES

Atypidae es una familia de arañas poco estudiada, quizá por no presentar especies de importancia médica como lo son las especies de la familia Sicariidae y algunas de la familia Theridiidae o de importancia comercial como lo son la mayoría de las especies de la familia Theraphosidae. Otro dato importante que no ayuda a su estudio son los hábitos en extremo crípticos de las hembras y los juveniles, que los hace difíciles de encontrar y por ende recolectar; encontrarse con machos errantes en busca de hembras es en extremo inusual y mas bien algo atribuido a la buena suerte del colector.

El grupo es poco conocido en México puesto que aparte de un reporte para Tamaulipas hecho por Chickering (1937) el cual resultó ser una especie no descrita luego nombrada *Sphodros paisano* por Gertsch y Platnick (1980), y el reporte de nuevas localidades de esta especie realizado por Luna y Millán (2017), no se tiene información adicional sobre esta familia en México. La familia aparenta ser igual de poco conocida en Canadá puesto que aparte de las menciones de *Sphodros niger* en los trabajos de Gertsch (1936) y Gertsch y Platnick (1980), solo existe información adicional en los trabajos de Gray (1956) y Paquin y Dupérré (2003).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece en gran manera a Betsy Bertros, Daniel D. Dye, E. Christina Butler, Jeff Hollenbeck, Jon Rapp, Nick Krueger y Troy Barlett por autorizar el uso de sus fotos en este artículo.



LITERATURA CITADA

- Chickering, A. M. 1937. VI. Notes and studies on Arachnida. III. Arachnida from the San Carlos Mountains. En: Geology and biology of the San Carlos Mountains, Tamaulipas, México. Ann Arbor University of Michigan Press: 271-272.
- Clark, D.J. 1969. Notes on the biology of *Atypus affinis* Eichwald (Araneae - Atypidae). Bulletin of the British Arachnological Society. 1(3): 36-39.
- Coyle, F.A. 1981. Aerial dispersal by mygalomorph spiderlings (Araneae, Mygalomorphae). Journal of Arachnology 11: 283-286.
- Coyle, F.A, M.H. Greenstone, A.L. Hultsch & C.E. Morgan. 1985. Ballooning mygalomorphs: estomates of the masses of *Sphodros* and *Ummidia* ballooners (Araneae: Atypidae, Ctenizidae). Journal of Arachnology 13: 291-296.
- Coyle, F.A. 2017. Chapter 5 Atypidae. In: Ubick, Darrel, P. Paquin & P. Cushing. (editores). Spiders of North America: An identification Manual. 2nd Edition. American Arachnological Society. Pages: 49-50.
- Coyle, F. A. & W. A. Shear. 1981. Observations on the natural history of *Sphodros abboti* and *Sphodros rufipes* (Araneae, Atypidae), with evidence for a contact sex pheromone. Journal of Arachnology, 9: 317-326.
- Gertsch, W. J. 1936. The nearctic Atypidae. American Museum Novitates, 895: 1-19.
- Gertsch, W. J. & N. I. Platnick. 1980. A revision of the American spiders of the family Atypidae (Araneae, Mygalomorphae). American Museum Novitates, 2704: 1-39.
- Gray, D.P. 1956. A note on the occurrence in Canada of the purse-web spider, *Atypus niger* Hentz. (Araneae: Mygalomorphae). The Canadian Entomologist. 78-79.
- Hardy, L.M. 2003. Trees used for tube support by *Sphodros rufipes* (Latreille, 1892) (Araneae, Atypidae) in northwestern Louisiana. Journal of Arachnology 31: 437-440.
- Hoffman, R. L. 2010. Purse-web spiders, genus *Sphodros* in Virginia (Mygalomorphae: Atypidae). Banisteria, 36: 31-38.
- Hoffmann, A. 1993. El maravilloso mundo de los arácnidos. Fondo de Cultura Económica, S.A. de C.V. México. 117pp.
- Jocqué, R & A. S. Diappenaar-Schoeman. 2007. Spider families of the World. Belgium. RMCA. Pages: 82-83.
- Luna, M. & A.B. Millán. 2017. Nuevos registros de *Sphodros paisano* Gertsch & Platnick, 1980 (Araneae: Mygalomorphae: Atypidae) del noreste de México. Revista Ibérica de Aracnología. 31: 131-132.
- McCook, H. C. 1888. Nesting habits of the American purseweb spider. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia 1888: 203-220.
- McKenna-Foster, A., M.L. Draney & C. Beaton. 2011. An unusually dense population of *Sphodros rufipes* (Mygalomorphae: Atypidae) at the edge of its range on Tuckernut Island, Massachusetts. Journal of Arachnology 39: 171-173.
- Paquin, P. & Dupérré, N. (2003). Guide d'identification des araignées de Québec. Fabreries, Supplement 11: 1-251
- Platnick, N. I. 1986. On the male of *Sphodros paisano* (Araneae, Atypidae). Journal of Arachnology, 14: 140-141.
- Poteat, W.L. 1889. A tube-building spider. Journal of the Elisha mitchell Scientific Society 6: 134-147.
- Raven, R. J. (1985a). The spider infraorder Mygalomorphae (Araneae): Cladistics and systematics. Bulletin of the American Museum of Natural History 182: 1-180.
- Reichling, S.B., C. Baker & C. Swatzell. 2011. Aggregations of *Sphodros rufipes* (Araneae: Atypidae) in an urban forest. Journal of Arachnology 39: 503-505
- Sarno, P.A. 1973. A new species of *Atypus* (Araneae, Atypidae) from Pennsylvania. Entomological News, 84: 37-52.
- World Spider Catalog (2019). World Spider Catalog. Version 20.0. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on {14 de Mayo 2019}. doi: 10.24436/2



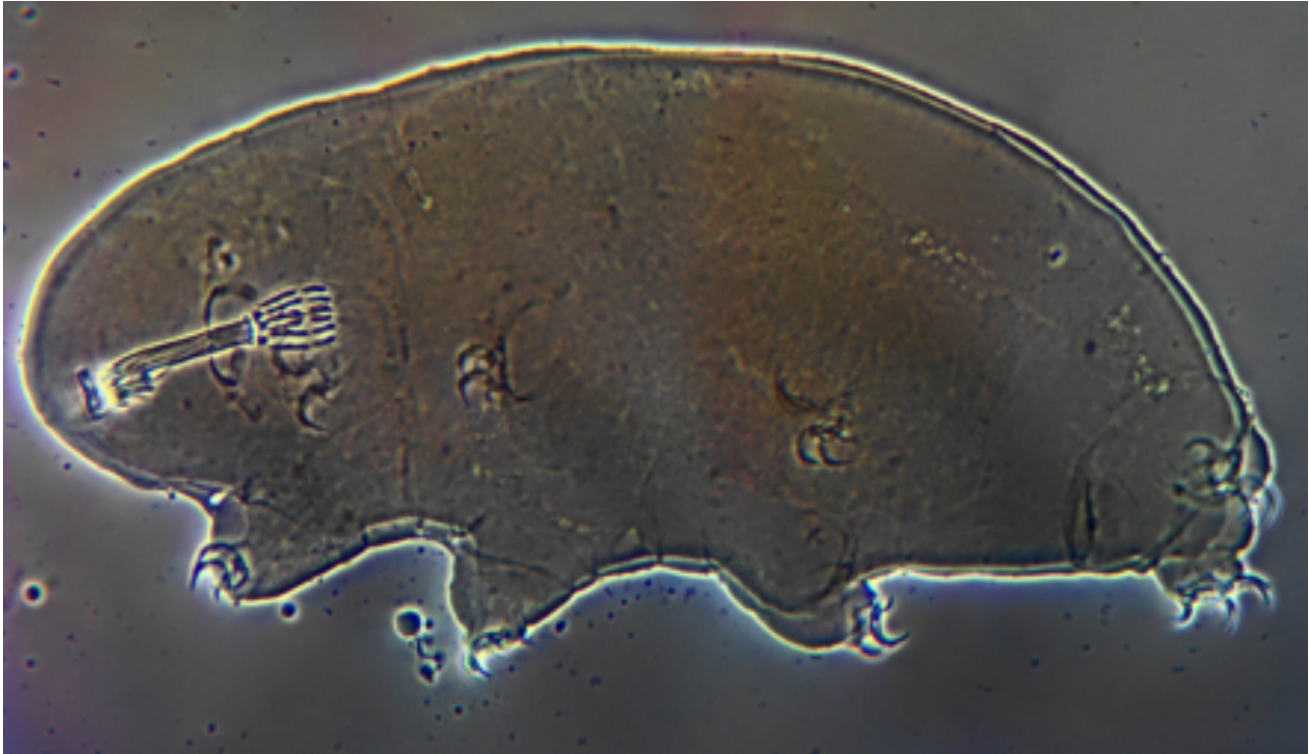
OSITOS DE AGUA (TARDIGRADA) DE MÉXICO: LOS FAMOSOS DESCONOCIDOS

✉ Gisela A. León-Espinosa¹, Antonio Moreno-Talamantes² y Gabino A. Rodríguez-Almaraz¹

¹Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Laboratorio de Entomología y Artrópodos. Cd. Universitaria, C.P. 6455, San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México.

²Especies, Sociedad y Hábitat, A. C., Dalí 410, Col. Misión Real, C.P. 66644, Apodaca, Nuevo León, México

*Autor de correspondencia: gisela.leonesp@gmail.com



Tardígrado (oso de agua) del género *Dactylobiotus* (microscopia de contraste de fase MCF). Microfotografía tomada por Antonio Moreno-Talamantes.



Palabras clave. Tardígrado, osito de agua, México, criptobiosis

Keywords. Tardigrade, water bear, Mexico, cryptobiosis

RESUMEN

Los tardígrados popularmente llamados ositos de agua forman un *phylum* de invertebrados microscópicos poco conocidos que se encuentran en hábitats de agua dulce, marinos y terrestres. Desde su descubrimiento han sido objeto de estudio por su capacidad de entrar en criptobiosis, esta adaptación fisiológica les da la capacidad de sobrevivir a condiciones ambientales extremas. Globalmente se han descrito un poco más de 1,300 especies de tardígrados, México cuenta con 56 especies registradas, pero este bajo número es debido al poco conocimiento que se tienen sobre estos espectaculares organismos en el país.

ABSTRAC

The tardigrades known as water bears form a *phylum* of poorly know microscopic invertebrates found in freshwater, marine and terrestrial habitats. Since their discovery, they have been studied for their ability to under extreme conditions called cryptobiosis, this physiological adaptation allows them to survive in extreme environmental conditions. Worldwide, a little more than 1,300 species of tardigrades have been described, in Mexico has 56 registered species, but this low number is due to the little taxonomic effort of these spectacular organisms in the country

INTRODUCCIÓN

Tal vez algún lector recuerde que un tardígrado apareció en la famosa saga de *Avengers* en Ant Man cuando este se vuelve subatómico, o en la serie de *Star Trek Discovery* como los monstruos del espacio, incluso en la serie *Cosmos: A spacetime odyssey* (odisea del espacio-tiempo). Actualmente, los tardígrados han acaparado las noticias por ser uno de los organismos más tolerantes a los ambientes inhóspitos del planeta, lo que conlleva a verlos como animales “indestructibles”, por la resistencia que presentan bajo estas condiciones han sido acreedores al título “organismos extremófilos” y son modelo para estudios astrobiológicos (Jönsson, 2007, Jönsson et al. 2008), las especies de tardígrados que habitan los agujeros de criocónita cubiertos de hielo pueden ser prometedoras para una posible supervivencia en planetas helados debido a que forman una combinación única entre las aguas superficiales de la Tierra y las interacciones bióticas y abióticas que pueden formar análogos astrobiológicos.

Por otra parte, además de poseer un gran carisma por el aspecto de forma de oso, son conocidos como ositos de agua (*water bears*) o lechones de musgo (*moss piglet*) haciendo alusión a la forma de su cuerpo. En este artículo se presentan los tardígrados en aspectos generales sobre su biología y el conocimiento actual en México.

PARTICULARIDADES DE LOS OSITOS DE AGUA

Los tardígrados son un grupo de microinvertebrados hidrófilos con cuatro pares de patas en terminación en garras (y/o dedos digitados en algunas especies marinas) que les sirve para su desplazamiento. La longitud del cuerpo presenta valores extremos que va desde las 50 μm a 1,500 μm (Nelson et al. 2015), los adultos llegan a alcanzar tallas que oscilan normalmente entre los 250-500 μm . Estos diminutos animales necesitan estrictamente una ligera película de agua para estar activos, residen en una gran variedad de ambientes húmedos o acuáticos, en ecosistemas marinos, dulceacuícolas y terrestres (Glime, 2017; Nelson et al. 2018). Dicho grupo cuenta con poco más de 1,300 especies descritas distribuidas en todos los continentes (Degma y Guidetti, 2007; Degma et al. 2019). Los tardígrados

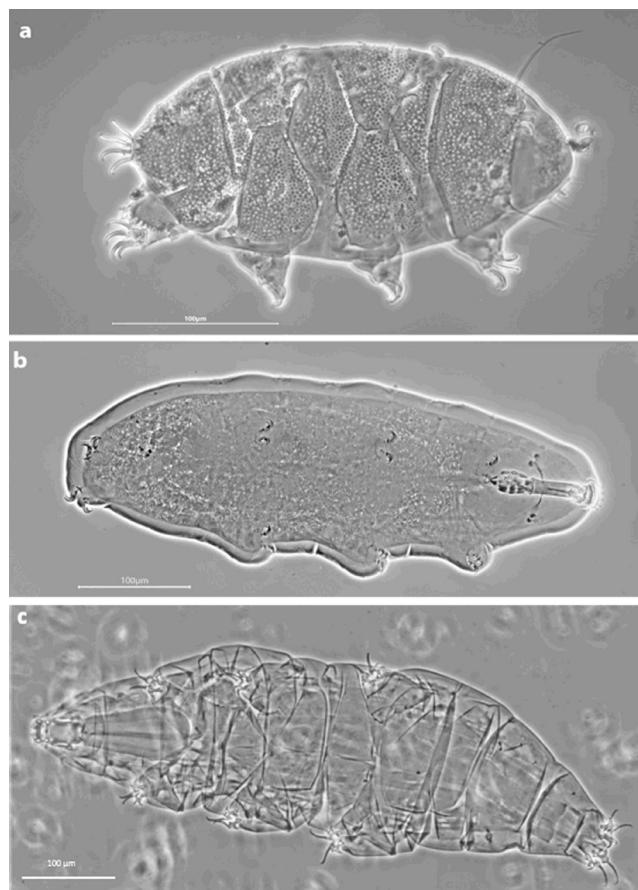


Figura 1. Microfotografía de contraste de fase (MCF) que muestra un representante de la clase Heterotardigrada (a), Eutardigrada (b) y Apotardigrada (c). Tomada por Antonio Moreno-Talamantes y (c) Gisela A. León Espinosa.

se alimentan de algas, bacterias, detritus orgánicos, y el contenido celular de las plantas que estos habitan, algunas especies son depredadores de protozoos, nematodos, rotíferos e incluso otros tardígrados como el caso del género *Milnesium* (Degma, 2010).

Basado en caracteres morfológicos el *phylum* Tardigrada es dividido en cuatro grandes clases: Heterotardigrada, Apotardigrada, Eutardigrada y Mesotardigrada siendo esta última *nomen dubium* (fig. 1). Los primeros particularmente marinos o limnoterrestres como es el caso de las especies pertenecientes al orden Echiniscoidea, son caracterizados por poseer una armadura en forma de placas, proyecciones laterales (apéndices cefálicos sensoriales) y cuatro garras simétricas y en el caso de las especies marinas están poseen dedos digitados. La clase apotardigrada presentan papilas alrededor de la boca (papilas peribucales) y dos papilas laterales en la cabeza están presentes, las garras ramas primarias y secundarias están completamente separadas. Los eutardigrados son limnoterrestres, exhiben un cutícula lisa u ornamentada, presentan dos diplogarras en cada pata (fig. 2).



Figura 2. Garras de tardígrados limnoterrestres. a) garras tipo Milnesium, representante de la clase Apotardígrada; b) representante de la clase Heterotardígrada, c) garras tipo hufelandi, representante de la clase Eutardígrada. Microfotografías de contraste de fases (MCP). Tomada por Gisela A. León-Espinosa y Antonio Moreno-Talamantes.

CRIPTOBIOSIS

Probablemente lo más fascinante de los ositos de agua es su capacidad de sobrevivir a períodos desfavorables de cambios en su entorno mostrando una extraordinaria tolerancia a los ambientes inhóspitos. La criptobiosis es considerada una forma de reposo del metabolismo asociado con alteraciones en su morfología y anatomía que se induce y mantiene directamente por la aparición de condiciones adversas para una vida activa, y que se rompe rápidamente una vez que se eliminan las condiciones adversas (Guidetti *et al.* 2011; Møbjerg *et al.* 2018), las especies limnoterrestres contraen el cuerpo al retraer sus patas y reorganizan sus órganos internos y células mientras adquieren una forma llamada “tun” o “barril” (fig. 3). De esta manera, las especies limnoterrestres sobreviven a la deshidratación (anhidrobiosis), congelación (criobiosis), falta de oxígeno (anoxibiosis) y cambios en la salinidad (osmobiosis). Sin embargo, los mecanismos que les permite vivir en condiciones extremas siguen siendo poco comprendidas (Møbjerg *et al.* 2011). Los tardígrados adultos y juveniles no son los únicos capaces de entrar en estos estados, los huevos (fig. 4) de tardígrados también pueden sobrevivir en un estado deshidratado

pero otras formas de latencia del huevo en tardígrados son prácticamente desconocidos (Bertolani *et al.* 2004), esto sincroniza el ciclo de vida con un ambiente favorable para el desarrollo y la reproducción. Algunos insectos, ranas y crustáceos son capaces como los tardígrados de entrar en criptobiosis (anhidrobiosis), pero los tardígrados puede mantener este estado durante muchos años y estando en un estado anhidrobiótico durante la vida adulta se ha demostrado que pueden suspender o retrasar el envejecimiento y cuando las condiciones sean apropiadas pueden volver a su estado metabólico normal. (Kaczmarek *et al.* 2019).

Es idóneo reflexionar que la criptobiosis en sus distintas facetas permitan a los tardígrados resistir a condiciones adversas durante largos periodos de tiempo, otorgándoles la capacidad de extender su supervivencia en condiciones ambientales desfavorables con la capacidad de reproducirse cuando las condiciones se vuelven adecuadas, lo que contribuye a la creación de escenarios evolutivos de estos organismos y sus posibles consecuencias para su biología, diversificación y biogeografía. Ahora bien, esto sólo es una fracción de lo que nos falta por conocer y es parte de la exhaustiva búsqueda por los tardigradólogos, que seguramente nos colmaran de sorpresas en el futuro.



Figura 3. Microfotografía de contraste de fases (MCF) de un eutardígrado del género *Milnesium* en proceso de formación de "tun" durante la anhidrobiosis. Tomada por Gisela A. León Espinosa.

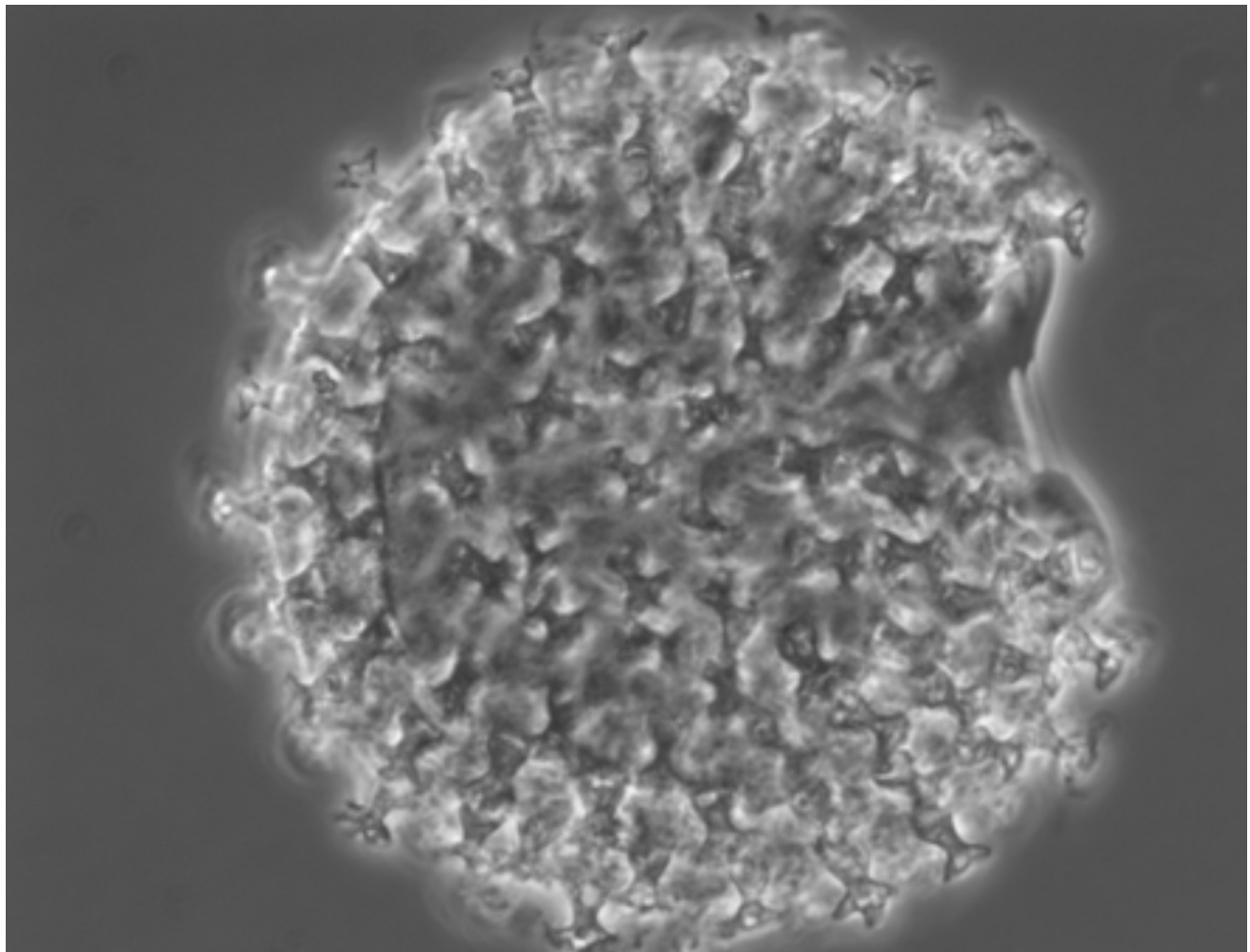


Figura 4. Microfotografía de contraste de fase (MCF) que muestra un huevo de tardígrado del género *Macrobiotus*. Tomada por Antonio Moreno-Talamantes

NÚMERO DE ESPECIES Y DISTRIBUCIÓN NACIONAL

Gracias a su capacidad de resistencia, la abundancia de las especies de tardígrados en hábitats recónditos de la Tierra los ha catalogado como organismos cosmopolitas, un término difícil de asegurar en vista de que la distribución de las especies conocidas puede no ser una indicación de su abundancia en todo el mundo, sino de la cantidad y origen de los tardigradólogos, el muestreo esporádico y la selección en los sitios de recolección (Guil y Cabrero-Sañudo 2007; Bartels et al. 2016; Nelson et al. 2015).

En México se tienen contabilizados 22 géneros de tardígrados limnoterrestres: *Adropion*, *Astatumen*,

Cornechiniscus, *Dactylobiotus*, *Diaena*, *Diaforobiotus*, *Diphascion*, *Doryphoribius*, *Echiniscus*, *Haplomacrobiotus*, *Hypsibius*, *Isohypsibius*, *Kristenseniscus*, *Macrobiotus*, *Mesobiotus*, *Milnesium*, *Minibiotus*, *Paramacrobiotus*, *Pseudoechiniscus*, *Ramazzottius*, *Pilatobius*, *Viridiscus*, 5 géneros marinos: *Archechiniscus*, *Batillipes*, *Coronarctus*, *Dipodarctus*, *Wingstrandarctus* y 56 especies (Tabla 1) de tardígrados limnoterrestres lo que representan sólo el 4.3% de la fauna de tardígrados conocidos a nivel global (Anguas-Escalante et al. 2018; Beasley, 1972; Beasley et al. 2008; Claps y Rossi, 2002; Cutz-Pool et al. 2019; Kaczmarek et al. 2011, 2014; Heinis, 1911; May, 1948; McInnes, 1994; Meyer, 2013; Moreno-Talamantes et al. 2015, 2019; Moreno-Talamantes y León-Espinosa, 2019; Pérez-Pech et al. 2016, 2017a, 2017b, 2018; Pilato, 2006; Pilato y Lisi, 2006; Romano et al. 2011; Schuster, 1971).

Tabla 1. Especies de tardígrados limnoterrestres y su distribución en México; * - especies endémicas; ? - Registro dudoso

Espece	Estado	Referencia
<i>Cornechiniscus lobatus</i> Ramazzotti, 1943	NL, Sin	Beasley (1972), Moreno-Talamantes et al. (2019)
? <i>Echiniscus kerguelensis</i> Richters, 1907	Mex, Mor	Beasley (1972)
<i>Kristenseniscus kofordi</i> Schuster & Grigarick, 1966	Chi	Pilato y Lisi (2006)
<i>Echiniscus manuelae</i> da Cunha & du Nascimento Ribeiro, 1962	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
* <i>Echiniscus siegristi</i> Heinis, 1911	Oax	Heinis (1911)
<i>Echiniscus</i> cf. <i>tamus</i>	Chih, NL	Schuster (1971), Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Viridiscus viridis</i> Murray, 1910	Chi	Schuster (1971)
<i>Virudiscus virisissimus</i> Péterfi, 1956	Oax	Kaczmarek et al. (2011)
<i>Pseudechiniscus facettalis</i> Petersen, 1951	Chih	Schuster (1971)
* <i>Pseudechiniscus gullii</i> Pilato & Lisi, 2006	Chi	Pilato y Lisi (2006)
<i>Pseudechiniscus</i> cf. <i>juanitae</i>	Chi, NL	Pilato y Lisi (2006), Moreno-Talamantes et al. (2019)
? <i>Pseudechiniscus suillus</i> (Ehrenberg, 1853)	Oax	Heinis (1911)
<i>Milnesium barbadosense</i> Meyer & Hinton, 2012	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Milnesium cassandrae</i> Moreno-Talamantes, Roszkowska, García-Aranda, Flores-Maldonado & Kaczmarek, 2019	NL, Tams	Moreno-Talamantes et al. (2019)
? <i>Milnesium tardigradum tardigradum</i> Doyère, 1840	Chih, Mex, Mor	Schuster (1971), Beasley (1972), Kaczmarek et al. (2011)
<i>Adropion carolar</i> (Binda & Pilato, 1969)	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Astatumen trinacriae</i> Pilato, Sabella, D'Urso & Lisi, 2017	NL, Coah	Moreno-Talamantes et al. (2019)
? <i>Diphascion chilense</i> Plate, 1888	Chih	Schuster (1971)
<i>Diphascion pingue pingue</i> (Marcus, 1936)	NL, Coah	Moreno-Talamantes et al. (2019)
? <i>Hypsibius</i> cf. <i>convergens</i>	Chih, NL, Coah	Schuster (1971), Moreno-Talamantes et al. (2019)

Estados: Coah= Coahuila, Chih = Chihuahua, Chi= Chiapas, Mex= México, NL =Nuevo León, Mich= Michoacán, Mor = Morelos, Oax = Oaxaca, Sin = Sinaloa, Son = Sonora, Qroo = Quintana Roo, Tams = Tamaulipas

Espece	Estado	Referencia
? <i>Hypsibius pallidus</i> Thulin, 1911	Sin datos	Ramazzotti y Maucci (1983)
<i>Itaquascon umbellinae</i> de Barros, 1939	Chih	Schuster (1971)
<i>Pilatobius nodulosus</i> (Ramazzotti, 1957)	Mex, NL	Beasley (1972), Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Ramazzottius baumanni</i> (Ramazzotti, 1962)	Mex, Mich, Mor	Beasley (1972)
<i>Ramazzottius cf. oberhaeuseri</i>	Mex*, Mich*, NL	Beasley (1972), Moreno-Talamantes et al. (2019)
* <i>Doryphoribius chetumalensis</i> Pérez-Pech, Anguas-Escalante, Cutz-Pool & Guidetti, 2017	QRoo	Pérez-Pech et al. (2017a)
<i>Doryphoribius dawkinsi</i> Michalczyk & Kaczmarek, 2010	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Doryphoribius evelinae</i> (Marcus, 1928)	Chih	Schuster (1971)
? <i>Doryphoribius flavus</i> (Iharos, 1966)	Chi	Pilato y Lisi (2006)
<i>Doryphoribius gibber</i> Beasley & Pilato, 1987	Chi	Pilato y Lisi (2006)
* <i>Doryphoribius mexicanus</i> Beasley, Kaczmarek & Michalczyk, 2008	Oax	Beasley et al. (2008)
<i>Doryphoribius quadrituberculatus</i> Kaczmarek & Michalczyk, 2004	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
* <i>Haplomacrobotus hermosillensis</i> May, 1948	Son	May (1948)
<i>Dianeia sattleri</i> (Richters, 1902)	Chi	Pilato y Lisi (2006)
<i>Isohypsibius sculptus</i> (Ramazzotti, 1962)	Mor	Beasley (1972)
<i>Dactylobiotus parthenogeneticus</i> Bertolani, 1982	NL	Moreno-Talamantes et al. (2015)
<i>Macrobotus cf. acadianus</i>	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Macrobotus anemone</i> Meyer, Domingue & Hinton, 2014	Tams	Moreno-Talamantes et al. (2019)
<i>Macrobotus alvaroi</i> Pilato & Kaczmarek, 2007	Chi	Kaczmarek et al. (2011)
? <i>Macrobotus ascensionis</i> Richters, 1908	Oax	Heinis, 1911
? <i>Macrobotus echinogenitus</i> Richters, 1904	Mex	Beasley (1972)
<i>Macrobotus furcatus</i> Ehrenberg, 1859	Mex, Mor	Beasley (1972)
? <i>Macrobotus hufelandi</i> C.A.S. Schultze, 1834	Chih, Mex, Oax	Heinis (1911), Schuster (1971), Beasley (1972)
<i>Macrobotus kazmierskii</i> Kaczmarek & Michalczyk, 2009	NL	Moreno-Talamantes et al. (2019)
* <i>Macrobotus ocotensis</i> Pilato, 2006	Chih	Pilato (2006)
? <i>Macrobotus persimilis</i> Binda & Pilato, 1972	Chih	Kaczmarek et al. (2011)
? <i>Macrobotus rubens</i> Murray, 1907	Oax	Heinis (1911)
<i>Macrobotus terminalis</i> Bertolani & Rebecchi, 1993	Oax	Kaczmarek et al. (2011)
* <i>Mesobiotus contii</i> (Pilato & Lisi, 2006)	Chi	Pilato y Lisi (2006)
<i>Mesobiotus coronatus</i> (de Barros, 1942)	Chih, Oax	Schuster (1971), Kaczmarek et al. (2011)
? <i>Mesobiotus harmsworthi</i> harmsworthi (Murray, 1907)	Oax, Sin	Heinis (1911), Beasley (1972)
<i>Minibiotus continuus</i> Pilato & Lisi, 2006	Chi, NL	Pilato y Lisi (2006), Moreno et al. (2019)
<i>Minibiotus cf. intermedius</i>	Chih, NL	Schuster (1971), Moreno et al. (2019)
? <i>Paramacrobotus (Amicrobiotus) areolatus</i> (Murray, 1907)	Chih	Schuster (1971)
? <i>Paramacrobotus (Paramacrobotus) richtersi</i> (Murray, 1911)	Chih	Schuster (1971)
<i>Diaforobiotus islandicus</i> (Richters, 1904)	NL	Moreno-Talamantes y León-Espinosa (2019)

Estados: Coah= Coahuila, Chih = Chihuahua, Chi= Chiapas, Mex= México, NL =Nuevo León, Mich= Michoacán, Mor = Morelos, Oax = Oaxaca, Sin = Sinaloa, Son = Sonora, Qroo = Quintana Roo, Tams = Tamaulipas

Cabe destacar que algunos de los registros son dudosos (Tabla 1) o considerados como complejos de especies (Kaczmarek *et al.* 2011; Moreno-Talamantes *et al.* 2019), y es probablemente uno de los grupos de invertebrados menos conocidos y estudiados de nuestro país (Kaczmarek *et al.* 2011; Moreno-Talamantes *et al.* 2015). Es importante señalar que estas cifras cambian año con año, ya que se continúa describiendo nuevas especies y adicionando nuevos registros regionales.

IMPORTANCIA DE LOS OSITOS DE AGUA

Los ositos de agua desempeñan un papel importante en el ambiente, son depredadores y controladores de poblaciones de protozoos y nemátodos (Sánchez-Moreno *et al.* 2008). Así mismo, se han utilizado como bioindicadores de la calidad del aire y del agua, aunque el monitoreo ecológico no se ha desarrollado ampliamente (Nelson *et al.* 2015). También se encuentran entre los animales más desecantes y tolerantes a la radiación y se ha demostrado que sobreviven a niveles extremos de radiación ionizante (Zawierucha *et al.* 2017) esto podría proporcionar aplicaciones biotecnológicas como nuevos crioprotectores (protección contra la radiación UV) que pueden ser beneficiosos para futuros estudios astrobiológicos, en términos de organismos multicelulares existentes en planetas helados .

La anhidrobiosis (perdida completa del agua es considerada la forma más frecuente de criptobiosis) puede proporcionar información en diversas ramas de la ciencia que se podría aplicar, por ejemplo, a las vacunas secas, la preservación de materiales biológicos para trasplantes o la producción de alimentos, las enzimas que trabajan en una pequeña cantidad de agua y los mecanismos de protección y reparación del ADN (Kaczmarek *et al.* 2019).

RETOS ACTUALES

Un número tan bajo de especies de tardígrados en México representa una oportunidad excepcional de investigación, caracterización y descripción de nuevos registros y nuevas especies para la ciencia. Si bien es cierto que aún faltan estudios sobre la ecología, patrones de distribución y el descubrimiento de nuevas especies se debe a la dificultad que representa su estudio puesto que se han catalogado como complejos taxonómicos y muchos de ellos no pueden concluirse. Quienes nos dedicamos a la investigación de estos curiosos invertebrados tenemos un verdadero entusiasmo por descubrir los enigmas que esconden los famosos osos de agua, sin duda un reto apasionante para el futuro de la investigación.





LITERATURA CITADA

- Anguas-Escalante A, W.A. Pérez-Pech, R. Guidetti, L.Q. Cutz-Pool y H. León-Ortíz. 2018. Tardígrados asociados a una plantación de cítricos de traspatio en la comunidad de El Palmar en Quintana Roo México. *Investigación y Ciencia: de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 26 (73): 20-26. <https://revistas.uaa.mx/index.php/investycien/article/download/203/188>
- Bartels, P.J., J.J. Apodaca, C. Mora y D.R. Nelson. 2016. A global biodiversity estimate of a poorly known taxon: phylum Tardigrada. *Zoological Journal of the Linnean Society*. 178 (4): 730-736. <https://doi.org/10.1111/zoj.12444>.
- Beasley, C.W. 1972. Some Tardigrades from Mexico. *The Southwestern Naturalist*. 17: 21-29.
- Beasley, C.W., Ł. Kaczmarek y Ł. Michalczyk. 2008. *Doryphoribius mexicanus*, a new species of Tardigrada (Eutardigrada: Hypsibiidae) from Mexico (North America). *Proceedings of the Biological Society of Washington*. 121: 34-40.
- Bertolani, R., R. Guidetti, I. Jönsson, T. Altiero, D. Boschini, y L. Rebecchi. 2004. "Experiences with dormancy in tardigrades", *Journal of Limnology*. 63(1s):16-25. <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2004.s1.16>
- Claps, M.C. y G. C. Rossi. 2002. Tardigrada. En *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento* Vol. III. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 171-186 pp.
- Cutz-Pool, L.Q., J.I. Crisanto, W.A. Pérez-Pech, A. Anguas-Escalante y R. Guidetti. 2019. Caracterización de la Fauna de Tardígrados (Ecdysozoa: Tardigrada) de Lique y Musgo en dos sitios con diferente uso de suelo, en Quintana Roo, México. En: *Agroecosistemas tropicales: conservación de recursos naturales y seguridad alimentaria*. 193-200.
- Degma, P. y R. Guidetti. 2007. Notes to the current checklist of Tardigrada. *Zootaxa*. 1579: 41-53.
- Degma P. 2010. Moss dwelling Tardigrada - from sampling to their identification. In: *European Distributed Institute of Taxonomy*. Madeira.
- Degma, P., R. Bertolani y R. Guidetti. 2019. Actual checklist of Tardigrada species (2009-2019, 35th Edition: 31-07-2019), 1-48. (Cons. 5/08//2019). <http://www.tardigrada.modena.unimo.it/miscellanea/Actual%20checklist%20of%20Tardigrada.pdf>
- Guidetti, R., T. Altiero. y L. Rebecchi. 2011. On dormancy strategies in tardigrades. *Journal. Insect Physiology*. 57: 567-576.
- Guil N. y F.J. Cabrero-Sañudo. 2007. Analysis of the species description process for a little known invertebrate group: The limnoterrestrial tardigrades (Bilateria, Tardigrada), *Biodiversity and Conservation*. Vol. 16, No 4.
- Glime, J. M. 2017. Chapter 5 - Tardigrades. En: *Bryophyte Ecology: Volume 2. Bryological Interaction*. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. (Cons. 12/04/2019). <https://digitalcommons.mtu.edu/bryophyte-ecology2/5/>
- Heinis, F. 1911. Contribución al conocimiento de la fauna en musgo de Centro América. *Revue Suisse de Zoologie*. 19: 253-266.
- Jönsson K.I. 2007. Tardigrades as a potential model organism in space research. *Astrobiology*. 7: 757-766.
- Jönsson K.I., E. Rabbow, R.O. Schill, K. Harms-Ringdahl, P. Rettberg. 2008. Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit, *Current Biology*. 18 (17): 729-731. ISSN 0960-9822, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2008.06.048>.
- Kaczmarek, Ł., D. Diduszko, y Ł. Michalczyk. 2011. New records of Mexican Tardigrada. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82(4): 1324-1327.
- Kaczmarek, Ł., Ł. Michalczyk. y S.J. McInnes. 2014. Annotated zoogeography of non-marine Tardigrada. Part I: Central America. *Zootaxa*. 3763: 1-62.
- Kaczmarek, Ł., M. Roszkowska, D. Fontaneto, M. Jezierska, B. Pietrzak, R. Wieczorek, I. Poprawa, J. Z. Kosicki, A. Karachitos y H. Kmita. 2019. Staying young and fit? Ontogenetic and phylogenetic consequences of animal anhydrobiosis. *Journal of Zoology*. doi:10.1111/jzo.12677
- Møbjerg N, K. A. Halberg, A. Jørgensen, D. Persson, M. Bjørn, H. Ramløv y R. M. Kristensen. 2011. Survival in extreme environments - on the current knowledge of adaptations in tardigrades. *Acta Physiologica*. 409-420. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.2011.02252.x>



- Møbjerg N., A. Jorgensen, R. Kristensen, y R. Neves. 2018. Water bears: The biology of Tardigrades. (Morphology and Functional Anatomy). Zoological Monographs.
- Nelson, D. R., R. Guidetti, L. Rebecchi. 2015. Phylum Tardigrada. In: Thorp JH, Rogers DC, editors. Ecology and general biology. Thorp and Covich's freshwater invertebrates. 4th ed.
- Nelson, D.R., P.J. Bartels y N. Guil. 2018. Tardigrade ecology. Capítulo 7. En Water Bears: The Biology of Tardigrades. Zoological Monographs 2. Springer Nature. Suiza. 163-212.
- May, R.M. 1948. Nuevos géneros y especies de tardígrados mexicanos: *Haplomacrobotus hermosillensis*. Boletín de la Sociedad Zoológica de Francia. 73: 95-97.
- McInnes, S.J. 1994. Zoogeographic distribution of terrestrial/freshwater tardigrades from current literature. Journal Natural History. 28(2): 257-352.
- Meyer, H.A. 2013. Terrestrial and freshwater Tardigrada of the Americas. Zootaxa, 3747: 171.
- Moreno-Talamantes, A., M. Roszkowska, P.R. Guayasamín, J.J. Flores-Maldonado, y Ł. Kaczmarek. 2015. First record of *Dactylobiotus parthenogeneticus* Bertolani, 1982 (Eutardigrada: Murrayidae) in Mexico. Check List. 11(4): 1723.
- Moreno-Talamantes, A., Roszkowska, M., García Aranda, M.A., Flores-Maldonado, J.J. y Kaczmarek, Ł. 2019. Current knowledge on Mexican tardigrades with a description of *Milnesium cassandrae* sp. nov. (Eutardigrada: Milnesiidae) and discussion on the taxonomic value of dorsal pseudoplates in the genus *Milnesium* Doyère, 1840. Zootaxa. [en prensa].
- Moreno-Talamantes, A. y León-Espinosa G. A. 2019. Nuevo registro de *Diaforobiotus islandicus* (Richters, 1904) (EUTARDIGRADA: RICHTERSIIDAE) para México. Árido-Ciencia. 6 (1): 5-12.
- Pérez-Pech W. A., A. Anguas-Escalante, L. Q. Cutz-Pool, y R. Guidetti. 2017a *Doryphoribius chetumalensis* sp. nov. (Eutardigrada: Isohypsibiidae) a new tardigrade species discovered in an unusual habitat of urban areas of Mexico. Zootaxa. 4344 (2): 345-356.
- Pérez-Pech W. A., R. Guidetti, A. Anguas-Escalante, L.Q. Cutz-Pool, y A. Blanco-Piñón. 2017b. Primer registro genérico de tardígrados para Pachuca Hidalgo, México y áreas circundantes. Entomología Mexicana. 4: 688-694.
- Pérez-Pech W. A., A. Anguas-Escalante, A. Jesús-Navarrete y H.J. Goulberg. 2018. Primer registro genérico de tardígrados marinos en costas de Quintana Roo, México. Academia Journals. 1 (4): 1909-1912.
- Pérez-Pech W. A., L.Q. Cutz-Pool, R. Guidetti, y A. Blanco-Piñón. 2016. Primer registro genérico de tardígrados, habitantes del área urbana de Chetumal Quintana Roo. Entomología Mexicana. 3: 912-918.
- Pilato, G. 2006. Remarks on the *Macrobotus polyopus* group, with the description of two new species (Eutardigrada, Macrobiotidae). Zootaxa. 1298: 37-47.
- Pilato, G. y O. Lisi. 2006. Notes on some tardigrades from southern Mexico with description of three new species. Zootaxa. 1236: 53-68.
- Ramazzotti, G. y W. Maucci. 1983. Il Phylum Tardigrada. Memorias del Instituto Italiano de Hidrobiología. 41: 1-1012.
- Romano, F. III., M. Gallo, R. D'Adaabbo, G. Accogli, J. Baguley y P. Montagna. 2011. Deep-sea tardigrades in the northern Gulf of Mexico with a description of a new species of Coronarctidae (Tardigrada: Arthrotardigrada), *Coronarctus mexicus*. Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research. 49 (1): 48-52.
- Sánchez-Moreno S., H. Ferris, N. Guil. 2008. Role of tardigrades in the suppressive service of a soil food web, Agriculture, Ecosystems & Environment. 124 (3.4): 187-192. ISSN 0167-8809. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.09.011>.
- Schuster, R.O. 1971. Tardigrada from Barranca del Cobre, Sinaloa and Chihuahua, México. Proceedings of the Biological Society of Washington. 84: 213-224.
- Zawierucha, K., M. Ostrowska, y M. Kolicka. 2017. Applicability of cryoconite consortia of microorganisms and glacier-dwelling animals in astrobiological studies. Contemporary Trends in Geoscience. 6: 1 - 10.

SOBRE LOS AUTORES

Dr. Sergio I. Salazar Vallejo

Investigador Titular C de ECOSUR. Biólogo (1981), Maestro en Ciencias en Ecología Marina (1985), Doctor en Biología (1998). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1985 (Investigador Nacional desde 1988, SNI 3901). Ciento cuatro artículos en revistas JCR y 3 en revistas non-JCR, 27 capítulos de libro. Tres libros publicados (1989. Poliquetos de México; 1991. Contaminación Marina; 2005. Poliquetos pelágicos del Caribe) y tres co-editados (1991. Estudios Ecológicos Preliminares de la Zona Sur de Quintana Roo; 1993. Biodiversidad Marina y Costera de México, 2009. Poliquetos de América Tropical); 49 publicaciones de divulgación. Veintiseis tesis dirigidas: 8 de doctorado (todos SNI), 10 de maestría y 8 de licenciatura. Profesor de Licenciatura en ocho instituciones (Cursos: Zoología de Invertebrados, Ecología Marina, Biogeografía, Comunicación Científica, Taxonomía de Poliquetos), Profesor de Posgrado en seis instituciones (Cursos: Ecología del Bentos, Comunicación Científica, Ecología Costera, Sistemática Avanzada) y del Diplomado Reserva. Veintiocho ponencias en congresos nacionales y 33 ponencias en congresos internacionales. Treinta y seis distinciones académicas. Arbitro de 33 revistas o series y miembro del comité editorial de cuatro de ellas. Veintinueve estancias de investigación en Museos e Instituciones de Estados Unidos, Europa y Sudamérica. Áreas de investigación: biodiversidad costera, taxonomía de invertebrados marinos, política ambiental y científica (evaluación académica).

Dr. Abraham Octavio Rodríguez de la Fuente

Químico Bacteriólogo Parasitólogo egresado de la UANL, con Doctorado en Microbiología. Profesor de tiempo completo Titular A de la Facultad de Ciencias Biológicas desde hace 20 años. Jefe del Cuerpo Académico de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano de la misma Facultad de Ciencias Biológicas. Perfil PRODEP. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Su línea de investigación es la Biofísica de Radiaciones.

Dr. José Antonio Heredia Rojas

Biólogo egresado de la UANL, con Doctorado en Ciencias Biológicas. Profesor de tiempo completo Titular B de la Facultad de Ciencias Biológicas desde hace 38 años. Jefe del Departamento de Ciencias Exactas y Desarrollo Humano de la misma Facultad de Ciencias Biológicas desde hace 28 años. Perfil PRODEP. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Su línea de investigación es la Biofísica de Radiaciones.

M.C. Omar Heredia Rodríguez

Químico Bacteriólogo Parasitólogo egresado de la UANL. Maestro en Ciencias con especialidad en

Microbiología. Profesor de asignatura de Biofísica, Física y Matemáticas de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL desde hace 4 años. Su línea de trabajo es sobre Biofísica de Radiaciones.

Dr. Pedro Cesar Cantú Martínez

Biólogo egresado de la UANL, con Doctorado en Ciencias Biológicas.

Doctor en Ecología y es Profesor de tiempo completo Titular A.

Perfil PRODEP. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I.

Dr. Juan Manuel Alcocer González

Licenciatura: Químico Bacteriólogo Parasitólogo, Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. Doctorado en Microbiología y es Profesor de tiempo completo Titular D

Perfil PRODEP. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores, Nivel I. Su línea de investigación es la Investigación Educativa.

Dr. José Rubén Morones Ibarra

Es Licenciado en Ciencias Físico Matemáticas por la Universidad Autónoma de Nuevo León y Doctor en Física Nuclear Teórica por la Universidad de Carolina del Sur, en EUA. Ha publicado 35 artículos de investigación en revistas especializadas y 120 artículos de divulgación de la ciencia. Ha publicado además trece libros de divulgación científica. Actualmente es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Miembro del SNI nivel I

Miembro Regular de la Academia Mexicana de Ciencias

Rahim Foroughbakhch Pournavab

Biólogo, Univ. De Tabriz, Irán. Especialización en Ecología vegetal, en USTL, Montpellier, Francia. Maestría y doctorado en Ecología Cuantitativa Aplicada, CNRS, Francia. Estancia de Postdoctorado en Ciencias Agrarias por el INRA, Montpellier, Francia. Profesor investigador de la Universidad Autónoma de Nuevo León desde el 1982 a la fecha. Jefe del departamento de Botánica, de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL. Miembro del SNI-II, de la Academia Mexicana de Ciencias, Cuerpo Académico Consolidado, cuenta con el perfil de Promep. Más de 200 Publicaciones, editor y autor de 8 libros y 45 capítulos de libros. Dirección de tesis de Lic, Maestría y Doctorado. Responsable de 34 proyectos de investigación (1985-2012). Más de 200 ponencias en eventos académicos.

Biología y Sociedad

Revista de Divulgación Científica
de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL