

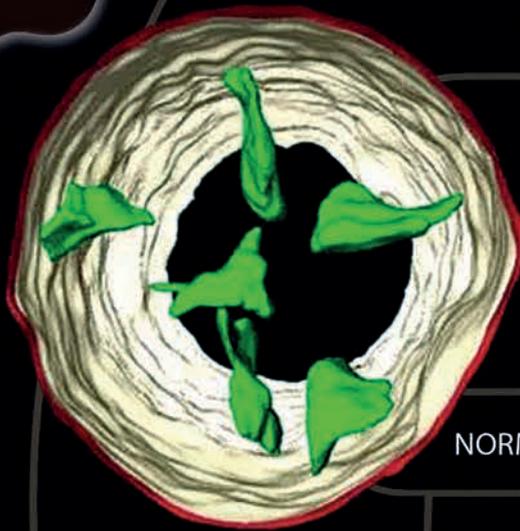


ISSN: 2007-1175

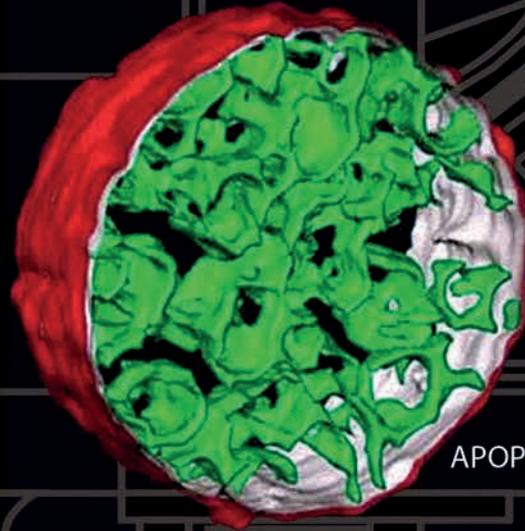
CiENCiA UANL

Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León

PREMIOS
de Investigación
2017



NORMAL



APOPTOSIS



La muerte celular: proceso indispensable

La vejez, un enfoque sociocultural

Pez león: invasor descubierto

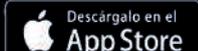
Reconstruyendo el pasado geológico



Año 21,
Número 87
enero
febrero
2018



Revista Ciencia UANL



 RevistaCiencia.UANL
 @Ciencia_UANL
 Revista CIENCIA UANL



INSTRUMENTOS Y EQUIPOS FALCON S.A. DE C.V.

VENTA, ASESORÍA Y SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO DE EQUIPOS PARA LABORATORIO CLÍNICO, INDUSTRIAL, DE INVESTIGACIÓN, EDUCACIONAL Y ELECTROMÉDICO

CONTAMOS CON 4 DIVISIONES:

• INDUSTRIAL E INVESTIGACIÓN

Hornos de Microondas, Espectrofotómetros de ultravioleta visible (UV-VIS), Espectrofotómetros de Absorción Atómica (AA), Espectrofotómetros de infrarojo (FITR, RAMA, NIR), Espectrómetros de Emisión de Plasma (ICP-OES, ICP-MS), Cromatógrafos de Gases (GC, GC-MS) Cromatógrafos de Líquidos (HPLC, LC-MS), Electroforesis Capilar (CE), Medición de Color, Tamaño de Partículas, Área Superficial, Potencial Z, Ultracentrifugación, Centrifugación de Alta y Baja Velocidad, PHímetros (PH), Balanzas, Microscopia, Refractómetros, Hornos, Mufflas, etc.

• DIAGNÓSTICOS

Hematología, Hormonas, Drogas de Abuso, Drogas Terapéuticas, Química Clínica, Inmunología, Diagnóstico de Enfermedades Infecciosas, Glucometros, Biología Molecular, Proteínas Específicas, Electrolitos, Centrifugas, Hematología, Gasómetros, Electrolitos, Microbiología Automatizada, Coagulación, Centrifugas, etc.

• ELECTROMÉDICA

Electrocardiogramas, Potenciales Evocados, Monitoreo Ambulatorio, Accesorios, Aguja Monopolares, Concentricas, Estimulación Magnética, Pastas, etc. Electroencefalogramas, Mapeo, Video, Electrodo, etc.

• CALIBRACIONES

Calibraciones de Espectrofotómetros UV-VIS, Espectrofotómetros de Medición de Color, Medidores de Brillo, Instrumentos para pesar, Medidores de PH y MV, Centrifugas de RPM, Controladores de Temperatura, etc. LABORATORIO ACREDITADO POR LA EMA.

SOMOS REPRESENTANTES EXCLUSIVOS DE:



Abbott
Laboratories, S.A.



SIEMENS



Thermo
ELECTRON CORPORATION



Tacubaya No. 1701 Fracc. Jardín Español. Monterrey, N.L.

www.falconmx.com
e-mail: infomty@falconmx.com

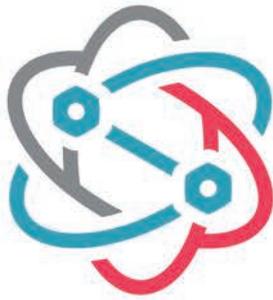
OFICINA MATRIZ MONTERREY:

TEL.: 8128-3800 con 30 líneas

FAX: 8359-4471

GUADALAJARA, JAL.	(33) 3122-4954
CD. OBREGÓN, SON	(644) 415-5804
TAMPICO, TAMP.	(633) 227-1157
MÉXICO, D.F.	(55) 5661-8508
CHIHUAHUA, CHIH.	(614) 418-0513
MÉRIDA, YUC.	(999) 938-0379
LEÓN, GTO.	(477) 711-9126
VILLAHERMOSA, TAB	(993) 131-3828





CTR[®]
S C I E N T I F I C



CTR Scientific,
líder en la distribución de
Equipo, Material y Reactivos
para todo tipo de Laboratorio.

DIVISIONES:

- INVESTIGACIÓN
- DIAGNÓSTICO CLÍNICO
- INDUSTRIA Y EDUCACIÓN

AGUASCALIENTES | CHIHUAHUA | CULIACÁN | GUADALAJARA | MÉRIDA | MÉXICO
MONTERREY | PUEBLA | SAN LUIS POTOSÍ | TORREÓN | VERACRUZ

www.ctr.com.mx

ctrscientific@ctr.com.mx

Ventas-Mostrador: Av. Lincoln 3410 Pte. Col. Mitras Norte, Monterrey, Nuevo León. C.P. 64320



Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

Mtro. Rogelio Garza Rivera
Rector

M.A. Carmen del Rosario de la Fuente García
Secretaria general

Dr. Juan Manuel Alcocer González
Secretario de investigación científica y desarrollo tecnológico

Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo

Consejo Editorial

Dr. Sergio Estrada Parra / Dr. Jorge Flores Valdés /
Dr. Miguel José Yacamán / Dr. Juan Manuel Alcocer González /
Dr. Ruy Pérez Tamayo / Dr. Bruno A. Escalante Acosta /
Dr. José Mario Molina-Pasquel Henríquez

Coeditora: Melissa Martínez Torres
Redes y publicidad: Jessica Martínez Flores
Diseño: Montserrat García Talavera
Traductor: Vladimir Flores Flores
Servicio social:
Francisca Hernández Nieto
Citlali Casas Beas

Corrector y gestión editorial: Luis E. Gómez
Asistente administrativo: Claudia Moreno Alcocer
Portada: Francisco Barragán Codina
Webmaster: Mayra Silva Almanza
Diseño de página web: Rodrigo Soto Moreno

Ciencia UANL Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León, Año 21, N° 87, enero-febrero de 2018. Es una publicación bimestral, editada por la Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación. Domicilio de la publicación: Biblioteca Universitaria Raúl Rangel Frías, Alfonso Reyes 4000 norte, 5° piso, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64290. Teléfono: + 52 81 83294236. Fax: + 52 81 83296623. Directora editorial: Dra. Patricia del Carmen Zambrano Robledo. Reserva de derechos al uso exclusivo No. 04-2013-062514034400-102. ISSN: 2007-1175 ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Licitud de Título y Contenido No. 16547. Registro de marca ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial: 1437043. Impresa por: Serna Impresos, S.A. de C.V., Vallarta 345 Sur, Centro, C.P. 64000, Monterrey, Nuevo León, México. Fecha de terminación de impresión: 12 de enero de 2018, tiraje: 2,500 ejemplares. Distribuido por: Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Dirección de Investigación, Alfonso Reyes 4000 norte, 5° piso, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64290.

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.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicación indexada al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, LATINDEX, CUIDEN, PERIÓDICA, Actualidad Iberoamericana, Biblat.

Impreso en México
Todos los derechos reservados
© Copyright 2018

revista.ciencia@uanl.mx

COMITÉ ACADÉMICO

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. Lourdes Garza Ocañas

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Ma. Aracelia Alcorta García

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Roque Gonzalo Ramírez Lozano

CIENCIAS NATURALES

Dr. Rahim Foroughbakhch Pournavab

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Veronika Sieglin

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Dra. María Idalia del Consuelo Gómez de la Fuente

CIENCIAS DE LA TIERRA

Dr. Carlos Gilberto Aguilar Madera

COMITÉ DE DIVULGACIÓN

CIENCIAS DE LA SALUD

Dra. C. Gloria María González González

CIENCIAS NATURALES

Dr. Sergio Moreno Limón

CIENCIAS AGROPECUARIAS

Dr. Hugo Bernal Barragán

CIENCIAS EXACTAS

Dra. Nora Elizondo Villarreal

CIENCIAS SOCIALES

Dra. Blanca Mirthala Tamez

INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Yolanda Peña

EDITORIAL

6

7

CIENCIA Y SOCIEDAD

La vejez desde un enfoque sociocultural
Leticia Huerta Benze

OPINIÓN

La imaginación, la base del conocimiento
en Ciencias de la Tierra
Reneé González-Guzmán

12

16

ANDAMIAJES

De sismos y patrimonio arquitectónico
Armando V. Flores Salazar

SUSTENTABILIDAD ECOLÓGICA

Turismo y sustentabilidad
Pedro César Cantú-Martínez

20

ACADÉMICO

26

Control de la virulencia de cepas
patógenas de *Escherichia coli* por
antimicrobianos naturales
Alam García-Heredia, Santos García,
Ángel Merino-Mascorro, Norma Heredia

Una metaheurística con reencadenamiento
de trayectorias para optimizar planes
territoriales

Roger Z. Ríos Mercado, Hugo Jair Escalante Balderas

ACADÉMICO

34

SAM disminuye la replicación de VHC mediante regulación de procesos celulares
Sonia Amelia Lozano Sepúlveda, Paula Cordero Pérez, Linda Muñoz Espinosa, Ana María Rivas Estilla

ACADÉMICO

40

46

CURIOSIDAD

Pez león: invasor al descubierto
Estefanía Gómez-del Río, Luis Mendoza-Cuenca, José Adán Caballero-Vázquez

CONCIENCIA

La muerte celular: un proceso indispensable para la vida
Ana Carolina Martínez-Torres, Luis Gómez-Morales, Cristina Rodríguez-Padilla

51

55

TÓPICOS

Reconstruyendo el pasado geológico por medio del análisis de minerales pesados
Sonia Alejandra Torres Sánchez, Uwe Jenchen, Carita Augustsson, José Rafael Barboza-Gudiño

CIENCIA EN BREVE

60

66

COLABORADORES

INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

68

Ciencia UANL se complace en compartir, en éste número 87, los artículos ganadores del Premio de Investigación UANL 2017. El primer trabajo que presentamos es el ganador del área Ciencias Naturales, “Control de la virulencia de cepas patógenas de *Escherichia coli* por antimicrobianos naturales”, de Alam García-Heredia, Santos García, Ángel Merino-Mascorro y Norma Heredia, quienes analizan la actividad antimicrobiana del orégano mexicano en las cepas patógenas de *Escherichia coli*, un estudio muy relevante si tomamos en cuenta que los distintos grupos de estas bacterias pueden causar enfermedades con gran resistencia a los medicamentos.

Por su parte, en el campo de las Ciencias Exactas, Roger Z. Ríos y Hugo Jair Escalante, en “Una metaheurística con reencadenamiento de trayectorias para optimizar planes territoriales”, plantean, como respuesta a las problemáticas del diseño territorial, un método que eficientiza la realización de planos con características específicas.

La hepatitis C es una enfermedad viral causante de la mayoría de los casos de cirrosis hepática, “SAM disminuye la replicación de VHC mediante regulación de procesos celulares”, es un estudio de Sonia Amelia Lozano, Paula Cordero, Linda Muñoz y Ana María Rivas, en éste nos muestran que el s-adenosil metionina (SAM) ayuda a inhibir la multiplicación del agente causal de dicha hepatitis. Esta investigación las hizo acreedoras al premio en Ciencias de la Salud.

Arropando a estas importantes investigaciones, el lector también encontrará nuestras secciones de divulgación ya tradicionales: en Ciencia y sociedad leerán un estudio de caso sobre la vejez; en Opinión se aborda la imaginación como motor para investigar nuestro planeta; Andamiajes toca un tema de mucha actualidad, como los terremotos y sus consecuencias para el patrimonio arquitectónico; Sustentabilidad ecológica nos hablará sobre el turismo sustentable y las diferentes definiciones del mismo; en ConCiencia encontraremos la importancia de la muerte celular para la vida; en Tópicos presentamos un estudio sobre minerales pesados y cómo nos ayudan éstos a encontrar el pasado geológico; descubriremos, además, la inserción de especies exóticas, como el pez león, en nuestra sección de Curiosidad; y Ciencia en breve nos actualizará sobre los avances de ciencia y tecnología.

Esperamos que el número sea de su agrado.

Melissa del Carmen Martínez Torres
Universidad Autónoma de Nuevo León.

La vejez desde un enfoque sociocultural

Leticia Huerta Benze*

Este trabajo presenta algunos apuntes respecto a las potencialidades analíticas de la dimensión cultural y del método etnográfico en la comprensión de los fenómenos de vejez y envejecimiento. Se señala la pertinencia de pensar las problemáticas de las personas adultas mayores a partir de la documentación de la experiencia del sujeto en contextos y situaciones de vida particulares. Se conceptualiza la vejez a partir de la comprensión del conjunto de factores, procesos, actores y relaciones que configuran las distintas construcciones colectivas que los posicionan en escenarios de mayor decisión o constreñimiento.

Parto de que la selección y la cualidad de las teorías determinan las posibilidades de su descripción y comprensión, por lo que será necesario reflexionar en torno a los impactos sociales, políticos, culturales y económicos de las distintas estrategias de análisis y visiones de las disciplinas interesadas en los estudios a analizar.

De este modo, el objeto del documento es puntualizar acerca de las investigaciones culturales sobre la vejez y el envejecimiento como un campo de observación en expansión que busca destacar la diversidad del fenómeno a partir del rescate de la experiencia de sujetos histórico-sociales que explican y detallan sus necesidades más apremiantes, dan cuenta de desigualdades, señalan y desarrollan panoramas por venir.

Este artículo se fundamenta a partir de evidencia empírica del trabajo de campo realizado en un asilo de Nuevo León y reúne el análisis de las interpretaciones generales de los adultos mayores residentes en los que se profundizó la indagación.

LA VEJEZ: ENVEJECER COMO PROCESO BIOPSIOSOCIOCULTURAL

La vejez, como todo proceso relativo a los sucesos biológicos y físicos que los seres humanos atraviesan a lo largo de la vida, no está sólo permeado por diversas y complejas experiencias sociales y subjetivas de acuerdo a la cultura, momento histórico y trayectoria que han vivido los sujetos, también es constitutivo de la forma individual y colectiva del transcurrir irreversible de los años en un cuerpo.

Los abordajes del estudio de la vejez, pero sobretudo del envejecimiento, sugieren varios enfoques para tratar áreas específicas de la investigación de las personas envejecidas. Sin duda, el abordaje sobre el envejecimiento biológico es una de las aproximaciones más importantes a contemplar cuando se tiene por objeto determinar a la población anciana a partir de los cambios que el cuerpo tiene al paso de los años. Este enfoque problematiza los elementos asociados al deterioro biológico y hace énfasis en el debilitamiento de la funcionalidad, así como de la fuerza y la masa muscular, las complicaciones en la agudeza visual y auditiva, la disminución de la reserva funcional, cardiaca, respiratoria, neurológica, etcétera.

Otra aproximación al estudio del envejecimiento de la población ha sido establecida a través de la edad de los sujetos, y aunque es un marcador nominal del paso del tiempo, no permite reflexionar acerca de las implicaciones sociales asociadas. Para la mayoría de las instituciones dedicadas al estudio de la población adulta mayor, e incluso las que se

dedican a la realización de los censos poblacionales en el país, clasifican a la población adulta mayor como aquella que supera los 60 años (INEGI, 2013).

De acuerdo a la bibliografía revisada,¹ los estudios que abordan la temática del envejecimiento, según la postura de la cual se parta, tienden a privilegiar las explicaciones biologicistas, detallando el proceso como una cuestión evolutiva, de deterioro molecular o de transformaciones de un organismo. No obstante, los enfoques demográficos, socioeconómicos y socioculturales cada vez son más notables en los análisis. Podemos encontrar cada vez más abordajes que incorporan diversas metodologías y puntos de partida que integran el saber empírico en los análisis, proporcionando un tratamiento más fino y detallado de los datos al cotejarse y discutirse con las teorías.

Si bien el nuevo paradigma² es inclusivo con perspectivas más orientadas al papel social y las posturas psicológicas más abiertas, la conceptualización sigue siendo un asunto ambiguo y dependiente en gran medida de la orientación teórica saliente. No obstante, en este trabajo parto de la premisa de que el envejecimiento y la vejez pueden ser asuntos conceptualmente distintos y estar contruidos desde dos miradas que sugieren metodologías que caminan en dirección paralela, pero que no deberían tener el mismo significado conceptual, ni equipararse o esperarse el mismo tipo de hallazgos. Sin embargo, una explicación pertinente y que llega a aclarar acerca de lo que puede tratar uno u otro concepto, es que el envejecimiento es un proceso que vive todo organismo desde que nace, es decir, es inherente a él como lo es el desarrollo, no obstante, uno está más presente que el otro o es más representativo en ciertas etapas de la vida de las personas (Ariztizabal *et al.*, 2013). En este sentido, la vejez, como una etapa de la vida de los individuos que incluye el proceso de envejecimiento y de desarrollo, permite indagar sobre la experiencia de vida de dicho periodo en cada sujeto, pero también posibilita adentrarnos al marco sociocultural y de vida cotidiana en el cual se encuentre.

Otra postura aclaratoria y relacionada a la anterior es la que señala Zetina (1999), quien indica que hablar de vejez es hablar de supuestos hipotéticos de un proceso dinámico que debe estudiarse desde diversas edades. Esta aproximación incluye las formas en que

los individuos vivieron esas etapas, de tal modo que se incorporen variables desde otras miradas y disciplinas. Por ello, hablar de vejez es hablar de “un periodo de la vida humana muy amplio y variante, que puede abarcar más de 40 años de la vida del ser humano”, por lo que la apuesta debe ser un abordaje que promueva la pluralidad y las diversas manifestaciones.

Si bien toda revisión conceptual es necesaria y pertinente para el complejo proceso de la construcción del objeto de estudio, de acuerdo a la propuesta de ruptura epistemológica que proponen Bourdieu, Chamboredon y Passeron (2008), una definición previa de un objeto como construcción teórica provisional favorece la fragmentación de nociones ajenas a una primera noción científica.

De este modo, la vejez puede ser un concepto construido a partir de un abordaje cualitativo, un dato etnográfico, un ejercicio que abstrae del material empírico aspectos simbólicos que se materializan en categorías que son más heterogéneas y tendentes a la particularización de los casos y a sus componentes; y el envejecimiento, a su vez, una aproximación con más tradición en los estudios de la población adulta mayor de acuerdo a sus características demográficas y psicológicas que se anclan al deterioro orgánico y que tienden a dialogar con las posturas biomédicas preponderantes. En México, la invitación hacia la primera perspectiva la encontramos en los importantes aportes pioneros de Robles (2006) y Montes de Oca (2010), cuyas preocupaciones de análisis se interesan por trabajar la vejez desde una perspectiva compleja y contemporánea que incluya el conocimiento de otros conceptos, temas y actores, así como la discusión de las cualidades heterogéneas.

Como hemos visto, el término de vejez es amplio y no existe una apuesta en concreto, y aunque hay variadas dimensiones para definirle, como las perspectivas cronológica, fisiológica y social (Huenchuan, 2015), en esta investigación me aproximo más a una concepción que implica:

(...) una fase más de nuestro ciclo vital (como la infancia, la adolescencia o la madurez), con sus características propias, unas más agradables y otras menos, que se irán presentando de forma progresiva, en función de factores intrínsecos individuales (genéticos, hereditarios), actitudes personales y circunstancias que han rodeado nuestra vida (Marín, 2003; p. 28).

¹Cabe aclarar que la bibliografía revisada, así como el rastreo de la construcción del concepto de envejecimiento a partir los aportes no empíricos, subrayan la orientación psicologista, pues en estos documentos así se tiende a iniciar la mayoría de las discusiones. No obstante, no quiere decir que sean los únicos puntos de partida ni las únicas referencias en el tema, pero quizá sí los más citados y más ampliamente difundidos fuera del área exclusivamente biomédica. Compilaciones como la de Nérida Asili (2004) y Fernando Quintanar (2011), entre otras fuentes citadas en este trabajo, ejemplifican la orientación de la interpretación y análisis en los temas de vejez y envejecimiento.

²Como nuevo paradigma me refiero al posicionamiento de los nuevos estudios sobre vejez y envejecimiento, los cuales complejizan el problema con otras variables y perspectivas fuera de la dimensión eminentemente biológica.

Este texto, sin embargo, invita a pensar una definición como una construcción sociocultural de la vejez, desde ahora CSVE, la cual incorpore las voces de los sujetos entrevistados con base a un ejercicio de traducción de su autobiografía, tanto antes de la experiencia asilar, como las que se dan dentro de éste, es decir, a partir del manejo de la interpretación personal de dichas experiencias, las cuales son resultado de la forma en que se ha impuesto la cuestión asilar en la conciencia de los sujetos.

En este sentido, Vásquez y Ronzón (2014) plantean la importancia de antropologizar las vejez y dar cuenta de la etnografía de las experiencias y expectativas de los ancianos desde una nueva cultura.

Por ello, el aporte antropológico a los estudios sobre vejez y envejecimiento me parece fundamental, ya que busca realizar una reflexión en torno a un flujo de acontecimientos socioculturalmente situados que se arraigan con elocuencia en las representaciones y acciones de los sujetos en la vida cotidiana, que es, en todo caso, lo que da sentido a su existencia y lo que construye su devenir. La vejez, desde esta perspectiva, es una aproximación de sentido, un estado que subyace de la memoria del sujeto frente a una situación sociocultural concreta, que incorpora su biografía en la experiencia de un cuerpo en un estado específico de deterioro biológico y de disminución de las capacidades sociales frente a la interacción social que le toca afrontar.

Esta definición incluye similitudes, diferencias y contradicciones, pues retoma la voz de un sujeto que trata de explicar el orden de eventos significativos a lo largo de su vida y su sentir actual bajo la condición de encierro. Estas nociones de vejez y enfermedad se sitúan frente a una posición que revela a unos sujetos en interacción que se reconocían y construían de acuerdo a una trayectoria de vida, a las relaciones interpersonales más significativas que tenían en el pasado y las que inevitablemente establecieron en el asilo a través de las rutinas cotidianas de cuidado y algunas actividades terapéuticas relacionadas con cada una de sus enfermedades. De este modo, las definiciones de estos conceptos fueron resultado de una comprensión intersubjetiva, como proceso situado en la vida asilar dentro de una estructura física y de espacio sociocultural. Esta orientación participa de la propuesta de Menéndez (2010), cuyo cuerpo teórico-metodológico y dimensión analítica consideran el punto de vista del actor (PVA), el aspecto relacional, así como las representaciones y prácticas de los sujetos dentro de los procesos de salud/enfermedad/atención, rectores de los temas de salud y enfermedad desde la antropología médica.

EL ASILO Y LA CONSTRUCCIÓN SOCIAL DE LA VEJEZ: UNA FORMA PARTICULAR DE ENTENDER LA EXPERIENCIA DEL ENVEJECIMIENTO

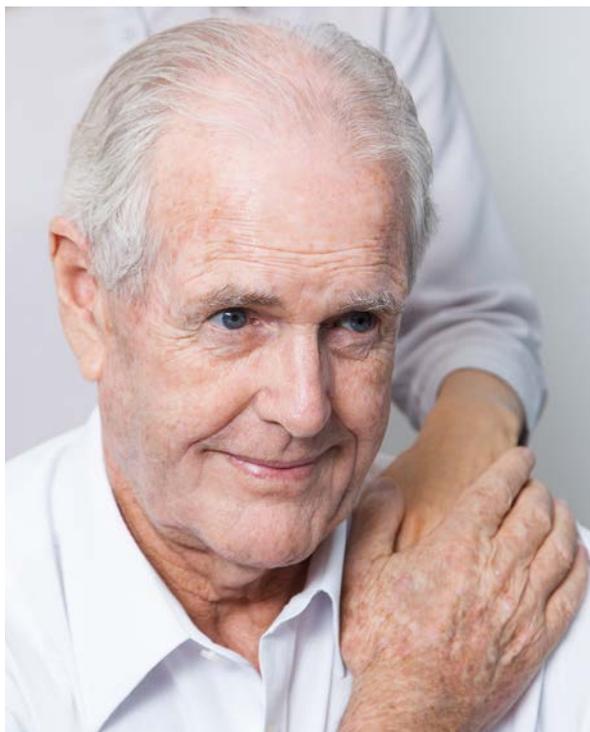
Investigar a la población envejecida a partir de la experiencia del tránsito que tienen de la vida en el hogar y otros espacios domésticos a un asilo permite ver cómo es, a partir de revisiones retrospectivas y experiencias cotidianas de un escenario doméstico a uno institucional, la constitución no sólo de configuraciones sobre su vejez, también de la enfermedad o enfermedades que padecen, de la vida que dejan atrás y de expectativas sobre el futuro ahora como personas institucionalizadas.



Abordarla como una construcción social es importante para entender cómo procesos que la mayoría de la población en general vivirá, pueden evocar tragedias personales, violencias y desigualdades sistemáticas en la vida de un sujeto en la que será la última etapa de su vida. La posición social respecto a su familia y comunidad, los roles que se le atribuyen, así como el tipo de relaciones sociales que tuvieron a lo largo de su vida, trascienden hasta el punto de proporcionar una

etiqueta a los sujetos como ancianas, viejos, personas adultas mayores, enfermos, discapacitados, etcétera, que, en general, devalúan, descalifican al adulto mayor y le representan como una persona dependiente, frágil y sujeto de tutela, o por el contrario, objeto de arbitrariedades y abandono que facilitan que otros convengan el establecimiento de ciertos espacios institucionales como los idóneos para atenderles, en la mayoría de los casos sin el menor consentimiento.

Las nociones de vejez y enfermedades en los sujetos se exploraron de acuerdo a diversos factores socioculturales que influyeron en su vida ahora como personas adultas mayores. La edad, el comienzo de enfermedades, el distanciamiento de las relaciones sociales, la disminución o el término de la vida productiva, son algunos de los elementos que resultan fundamentales en las representaciones que construyen los ancianos y ancianas para comprender su presente. De igual manera, al ser la experiencia vivida la determinante en las representaciones rescatadas, se introducen elementos en la subjetividad de los actores a partir de los cambios en la vida cotidiana que experimentan en el asilo: la reconfiguración de identidad, la construcción del yo, las emociones y el dolor son elementos que se destacan para elaborar una representación de la realidad.



Así, lo que los sujetos envejecidos interpretan, suele establecerse de acuerdo a momentos continuados de

su experiencia, a su biografía y lo que logran explicitar de su vida tiende a encajar y a ser mayormente coherente (Berger y Luckmann, 2003). Esta línea de tiempo explicativa puede que no sea ordenada para quien analiza su contenido, pero para el actor sigue siendo una explicación real de acontecimientos.

En los sujetos, estar experimentando un mismo proceso como el envejecimiento no homogeniza ni la forma en que lo viven cotidianamente ni cómo se siente y encarna esta situación; de ahí la importancia de recuperar los elementos con los que los ancianos y ancianas construyen el sentido de su realidad como sujetos envejecidos.

Por haber atravesado procesos particulares de vida, los términos con que definen la realidad de su situación de vejez, aunque parecen distantes a un ordenamiento estructural, también refieren a una dimensión social de acuerdo a la posición que ocupan los ancianos y ancianas en la cultura, la comunidad y sus familias.

Para entender cómo se construye la vejez a través de un contexto institucional, es necesario establecer que también éste se experimenta como una realidad objetiva. “Las instituciones, en cuanto facticidades históricas y objetivas, se enfrentan al individuo como hechos innegables. Las instituciones están ahí, fuera de él, persistentes en su realidad” (Berger y Luckmann, 2003, p. 80).

De esta manera, el estudio de las instituciones revela una capa de significados que moldean a los individuos que ahí se desenvuelven, pero no a condición estricta de las normativas que una estructura asilar les imputa, sino de la serie de acciones que desarrollan intersubjetivamente en la misma. En este encuentro entre rutinas que organizan la vida asilar en términos prácticos, también están implicados el devenir colectivo e individual de los ancianos asilados.

La perspectiva de cada sujeto, así como la propia dinámica asilar, permitieron observar que, más allá de la narrativa de los sujetos sobre las prácticas rutinizadas de cuidado y atención, existen temas circundantes de la vida de los ancianos que en un asilo elucidan una significación muy íntima de la experiencia de este proceso.

Así, cada sujeto expone lo que realmente le es relevante transmitir, recordar y omitir, y con ello explica en cierta manera las causantes del internamiento. Estar en una institución no es una casualidad y, como se expuso, responde a diversas causas que derivan de una determinada trayectoria individual, no obstante, los arreglos respecto al cuidado a los ancianos, la permanencia y

la imposibilidad de salir, sí son un asunto condicionado por la estructura asilar y el diagnóstico médico, así como a la forma en que son utilizadas dichas normativas por parte de los familiares.

En resumen, la potencialidad de este tipo de aproximación revela que realmente conocemos muy poco de las percepciones de los servicios de estancias geriátricas por parte de los sujetos quienes se encuentran en las mismas y quienes reciben directamente todo el aparato organizado de cuidados. También es poco frecuente reconocer los elementos subjetivos y la experiencia emocional de las personas ancianas, los cuales en estos espacios no tienen muchas oportunidades de autonomía ni poder de decisión.

REFLEXIONES FINALES

Sin duda, los enfoques y las variables con las que los estudios se acercan a tratar el fenómeno del envejecimiento y el de la vejez son diversos, abordan partes necesarias de la realidad del universo en que se estudian y se complementan unas a otras. La importancia de seguir realizando este tipo de investigaciones radica en la necesidad de retratar la forma de vida y representaciones de un sector vulnerable que personifica toda serie de imposibilidades físicas, mentales y sociales para darse voz a sí mismos y a sus problemáticas.

Me parece que los trabajos que exploran esta condición en espacios asilares posibilitan la descripción y el análisis de problemáticas que no sólo atraviesan el fenómeno desde una perspectiva de deterioro biológico a nivel individual, también posibilita una aproximación colectiva y estructural al llevarse a cabo en un espacio físico y normativo delimitados.

Finalmente, la contribución del estudio etnográfico de la situación en la que se encuentran los adultos mayores y la forma en que ellos sitúan y definen su vejez es necesaria para comprender holísticamente la problemática y contribuir junto a otros enfoques disciplinarios de teorización y aplicación de estrategias a la difusión de este tema y a la búsqueda de soluciones de acuerdo al contexto sociocultural y las representaciones y prácticas cotidianas que brindan sentido al microgrupo en materia de salud, ya que son ellos mismos los que pueden ir generando sus propios recursos de solución, en tanto es el mismo grupo que lo padece, quien puede establecer criterios anclados al valor de su experiencia.

REFERENCIAS

Ariztizabal V., N., et al. (2013). *Envejecimiento activo. Un proceso de todos y para todos*. Colombia: Maestros de la supervivencia.

Asili, N. (2004). *Vida plena en la vejez. Un enfoque multidisciplinario*. México: Editorial Pax.

Berger, P., y Luckmann, T. (2003). *La construcción social de la realidad*. Argentina: Amorrortu editores.

Bourdieu, P., Chambordeon, J.C., y Passeron, J.C. (2008). *El oficio del sociólogo. Presupuestos epistemológicos*. México: Siglo XXI Editores.

Huenchuan N., S. (2015). *Conceptos de vejez y enfoques de envejecimiento*. Disponible en: <http://www.cepal.org/celade/noticias/paginas/7/13237/pp2.pdf>

INEGI. (2013). *Estadísticas a propósito del día internacional de las personas de edad. Datos nacionales*. Disponible en <http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?c=274>

Marín, J.M. (2003). Envejecimiento. *Revista Salud Pública y Educación para la Salud*, 3 (1): 28-33, disponible en: <http://mpsp.webs.uvigo.es/rev03-1/envejecimiento-03-1.pdf>

Menéndez, E. (2010). *La parte negada de la cultura. Relativismo, diferencias y racismo*. Argentina: Prohistoria ediciones.

Montes de Oca, V. (2010). Pensar la vejez y el envejecimiento en el México contemporáneo. *Revista Renglon*. No. 62, pp. 159-181.

Quintanar, F. (2011). *Atención psicológica de las personas mayores. Investigación y experiencias en psicología del envejecimiento*. México: Editorial Pax.

Robles, L. (2006). La vejez. Nuevos actores, relaciones sociales y demandas políticas. *Relaciones. Estudios de historia y sociedad*. Vol. XXVII, No. 105, pp. 140-175. Disponible en <http://www.facso.uchile.cl/observa/LA%20vejez%20nuevos%20actores%20relaciones%20sociales.pdf>

Vázquez, F., y Ronzón, Z. (2014). Tendencias de investigación en antropología de la vejez en México. *Ichan Tecolotl*. Año 25. No. 291, noviembre, pp. 11,12.

Zetina L., M.G. (1999). Conceptualización del proceso de envejecimiento. *Papeles de Población*. Vol. 5, No. 19, enero-marzo, pp. 23-41. Disponible en: <http://>



La imaginación, la base del conocimiento en Ciencias de la Tierra

Reneé González-Guzmán*

Uno de los primeros intentos en cuantificar los procesos geológicos fue hecho por el arzobispo James Ussher (Armagh, Irlanda), quien en 1650 d.C. determinó que la Tierra se había formado durante la noche del 22 de octubre de 4004 a.C. Geocronológicamente, esta cifra es ridícula y sólo mencionada como anecdótica en los cursos introductorios en las geociencias. Ussher, sin embargo, fue un académico serio que en su monumental obra de 2000 páginas siguió los pasos de muchos otros pensadores que por siglos habían intentado datar la Tierra utilizando la Biblia como única herramienta. El consenso sobre el catastrofismo como paradigma fue necesario sólo para que la formación del universo encajase en ese lapso. En contraste, el padre de la geología moderna, James Hutton, introdujo el concepto de tiempo geológico, una idea revolucionaria que estableció las bases del uniformismo.

Hutton fue un libre pensador producto de la transición entre una economía de carácter rural –partícipe como granjero– y la primera revolución industrial. Sus experiencias de vida fueron cruciales para establecer sus hipótesis, ya que observó que los ciclos



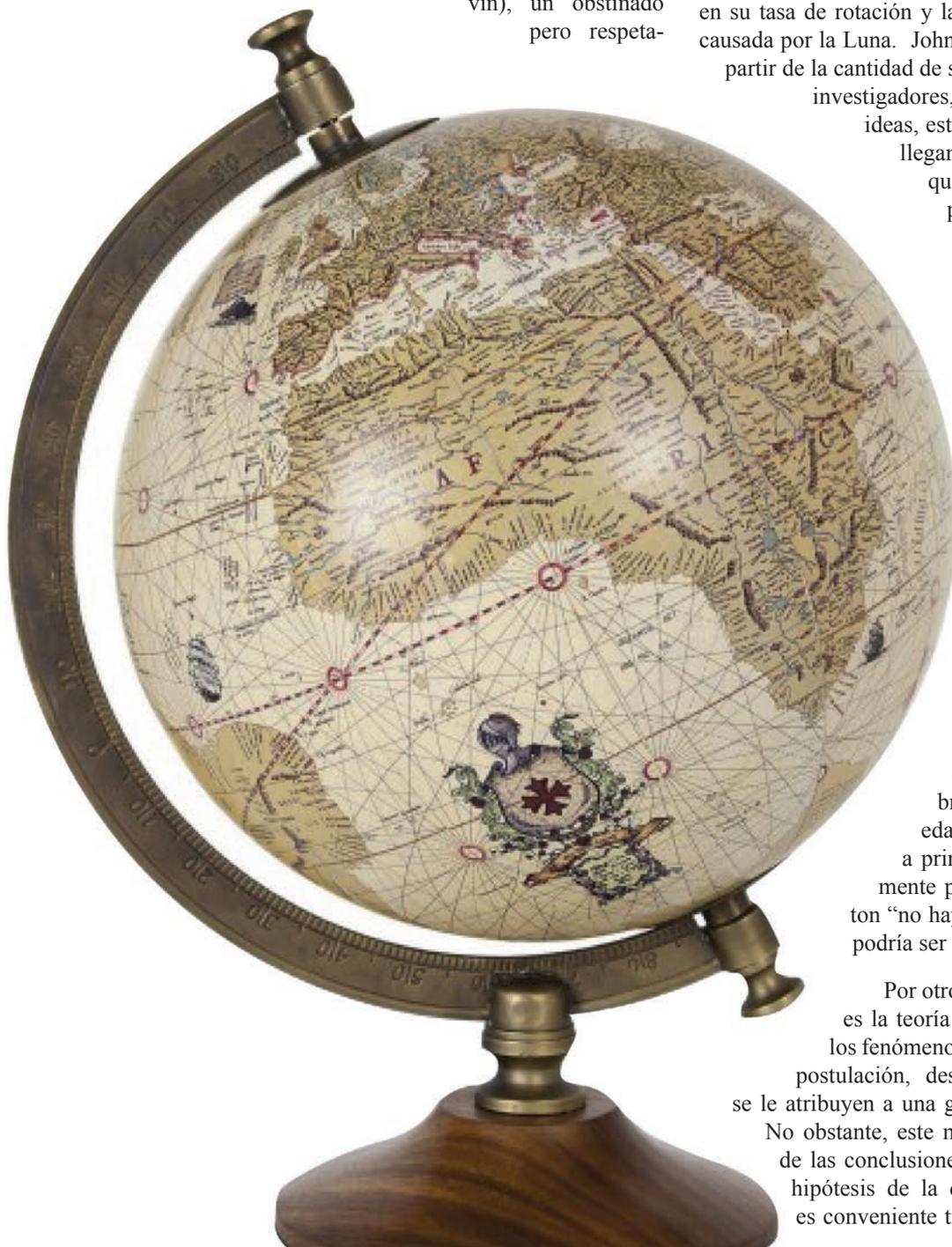
geológicos no son diferentes a las de un proceso industrial, pero concluyó que éste requiere grandes extensiones de tiempo para operar.

Enfoques diferentes sobre el tiempo geológico, pero con principios abstractos, fueron realizados por una gran cantidad de científicos en el siglo XIX. William Thompson (Lord Kelvin), un obstinado pero respetado

personaje, calculó la edad de la Tierra con base en la determinación cuantitativa de su tasa de enfriamiento en 98 millones de años (+302/-78). Aunque Lord Kelvin desdénaba a los geólogos por su formación en la física, sus primeras inferencias y principal prueba proviene de la observación en el incremento de la temperatura conforme se adentra en minas profundas. George Darwin, hijo de Charles Darwin y notable científico por méritos propios, calculó la edad de la Tierra con base en su tasa de rotación y la resistencia al estiramiento causada por la Luna. John Joly hizo una estimación a partir de la cantidad de sal disuelta en el mar. Otros

investigadores, emulando alguna de estas ideas, estimaron la edad de la Tierra, llegando a la misma conclusión que sus antecesores, no sobrepasando 1/40 de la edad real de ésta. Sólo el descubrimiento de los procesos de desintegración radioactiva tuvo efectos importantes en el modelo establecido, obligando a una revisión radical de éste, que se quedaba sin fundamento físico desde el momento en que había aparecido una fuente de energía presente en profundidad, y que parecía capaz de compensar o superar la disipación del calor residual. Además, cada vez más edades radiométricas de rocas y minerales que sobrepasaban inclusive 1/4 de la edad de la Tierra se reportaban a principios del siglo XX. Realmente parecía que la frase de Hutton “no hay vestigios de un principio” podría ser casi literalmente cierto.

Por otro lado, la tectónica de placas es la teoría que trata de explicar todos los fenómenos y objetos geológicos, cuya postulacion, desarrollo y comprobaciones se le atribuyen a una gran cantidad de científicos. No obstante, este marco teórico surge a partir de las conclusiones de Alfred Wegener en su hipótesis de la deriva continental. Aunque es conveniente tratar los avances científicos



como acontecimientos singulares, es raro que realmente sean así. Por ejemplo, Wegener tomó en cuenta que la idea del movimiento de las masas continentales se había presentado en investigaciones, comentarios y bocetos imaginativos realizados por diversos autores con anterioridad, personajes como Benjamin Franklin, Alexander von Humboldt, Antonio Snider-Pellegrini, entre muchos otros. Pese a que la propuesta de Wegener surge a partir de datos paleontológicos, paleoclimáticos y geográficos, se generó a partir de modelos idealizados presentados como conclusiones. Estas inferencias le provocaron innumerables críticas en su tiempo, debido a la falta de rigurosidad en el desarrollo de su trabajo, ya que no explicaba los aspectos mecánicos del desplazamiento continental, consecuentemente, el concepto fue olvidado por la comunidad científica por más de 50 años.

Actualmente, sin importar el tamaño de la escala e importancia de la problemática, la sistematización del método científico en Ciencias de la Tierra sigue siendo una materia compleja, ya que se inicia mediante observaciones e hipótesis generalmente sesgadas por los

prejuicios en la percepción y validación del concepto inicial. Además, la experimentación y la medición de los fenómenos geológicos originan resultados numéricos sintetizados en imágenes y gráficas, que tienen un cierto grado de incertidumbre, dados por el propio proceso de medición y la efectividad de la aplicación de un método ajustado a los requerimientos de la hipótesis. A estos factores se añade la dificultad de establecer un modelo conceptual con la tendencia general de favorecer las creencias previas. Es importante señalar que la Tierra en su conjunto es un sistema con elementos interdependientes aplicados a objetos reales, visualizados como conceptuales, por lo general difíciles de observar o medir. Si bien las placas tectónicas se desplazan unas respecto a otras con velocidades ínfimas que pueden llegar a medirse con instrumentos de una extrema exactitud, no se puede visualizar el hundimiento, deformación, ruptura o fusión de una placa tectónica, ni medir las condiciones físicas en las que sucede. También es bien aceptado que ciertos elementos químicos inestables son capaces de decaer espontáneamente en núcleos atómicos de otros elementos más estables, pero la medición de este fenómeno físico *in situ* para resolver problemas geológicos está lejos de desarrollarse plenamente. Por lo tanto, las interpretaciones físicas, químicas, geofísicas y numéricas son subjetivas y el grado de certidumbre se logra cuando existe un consenso.

Por lo tanto, desde mi punto de vista, la ciencia no debe pretender ser absoluta, autoritaria o dogmática. Aún con la importancia relativa del paradigma actual en las geociencias englobadas en la tectónica de placas, existe una gran cantidad de factores que todavía son objeto de debate. Por mucho que las investigaciones modernas han contado con los últimos avances metodológicos y un instrumental de alto nivel tecnológico, las Ciencias de la Tierra siguen representando la subjetividad de la objetividad. En un sentido literal, la imaginación es el poder de crear imágenes mentales, y como geólogo únicamente puedo observar sólo una fracción de los rasgos que se estudia (en el mejor de los casos). Por eso pretendo reducir los grandes rasgos a una escala conveniente y generar un modelo, con esto se logra integrar todas las partes en un todo, estableciendo una delgada línea que separa el arte y un modelo geológico, debido a que en ambos conceptos el significado (y su belleza) depende del observador. Teniendo aún múltiples problemas por explicar y recapitulando algunas conclusiones de Wegener, las Ciencias de la Tierra son un claro ejemplo de que la multidisciplinariedad debe fungir como clave en la ciencia y la imaginación como base de esta.



Mapa del geólogo Sudafricano Alexander L. du Toit, uno de los pocos científicos que apoyaba la hipótesis de la deriva continental.



Marie Tharp, cartógrafa oceanográfica quien creó el primer mapa científico del suelo oceánico. La obra de Tharp puso de manifiesto la existencia de la dorsal mesoatlántica y estableció las bases de la tectónica de placas (imagen del *Smithsonian Magazine*, principios de los cincuenta).

REFERENCIAS

- Bradley, W.H. (1963). Leyes geológicas. En: Claude C. Albritton Jr. (ed.), *Filosofía de la geología*. C.C. Albritton.
- Du Toit, Alexander L. (1927). *Geological comparison of South America with South Africa*. Carnegie Institute Washington Publications.
- Hallam, A. (1973). *Revolution in the Earth Sciences: From Continental Drift to Plate Tectonics*. Oxford University Press.
- Holmes, A. (1925). Radioactivity and the Earth's Thermal History, part V ("The Control of Geological History by Radioactivity"), *Geological Magazine*, 62, 544 pp.
- Hutton, J. (1795). *Theory of the Earth, with Proofs and Illustrations*. Geological Society, Burlington House, Londres.
- Macdougall, D. (2009). *Nature's Clocks: How Scientists Measure the Age of Almost Everything*. UC Press.
- San Miguel de Pablos, J.L. (2003). *La Tierra, objeto paradigmático: consecuencias epistemológicas de una confrontación entre tradiciones geológicas*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.
- Ussher, J. (1650). *Anales del Antiguo testamento, que deducen lo orígenes primeros del mundo. Annales veteris testamenti, a prima mundi origine deduct (s.e)*.
- Wegener, A. (1915). *El origen de los continentes y océanos. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. Ediciones Pirámide, S.A. Ciencias del hombre y la naturaleza.
- Wilson, J.T. (1981). *Deriva continental y tectónica de placas*. Editorial Madrid: Blume.

De sismos y patrimonio arquitectónico

Armando V. Flores Salazar*

Esa mañana la noticia más comentada fue la del sismo de 8.2 grados frente a las costas de Chiapas. El titular de la Secretaría de Educación Pública, Aurelio Nuño, publicó en redes sociales: “Este viernes 8 de septiembre [de 2017] no habrá actividades en las escuelas de la Ciudad de México –nueve mil planteles públicos y privados– para la revisión de su infraestructura tras el sismo ocurrido”.

El sismo referido se manifestó poco antes de la medianoche del jueves 7 de septiembre y alcanzó una intensidad de 8.2 en la escala de Richter, por lo que el día viernes el presidente Enrique Peña Nieto anunció también que se suspendían las clases en los estados de Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Tabasco, Veracruz, Puebla, Morelos, Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México. De entre los cuales Oaxaca y Chiapas resultaron los más dañados. Tan sólo en el municipio de Juchitán de Zaragoza, en Oaxaca, se reportaron 78 muertos y cuantiosos daños en 300 casas, el mercado y el palacio municipal.

Por estar ubicada la Ciudad de México en una zona de intensa actividad sísmica, en la memoria colectiva subsisten recuerdos imborrables como la caída y desmembramiento del Ángel de la Independencia en el sismo de 1957 y del terremoto del 19 de septiembre de 1985 con magnitud de 8.1 grados, el más mortífero de la historia con alrededor de 10 mil víctimas mortales, 30 mil edificios con daños totales, entre ellos el edificio Nuevo León en la Unidad Nonoalco Tlatelolco, y 70 mil más con daños parciales. A partir de esta experiencia y recuerdo doloroso, cada 19 de septiembre se conmemora en la Ciudad de México con un simulacro masivo como prevención y entrenamiento para enfrentar ese tipo de catástrofes.

El simulacro llevado a cabo la mañana del martes 19 de septiembre de 2017, 32 años después del trágico sismo de 1985, parecía concluido cerca del mediodía y los ciudadanos regresaban a la vida cotidiana, sin embargo, y para sorpresa de todos, a las 13:14 horas se activaron de nuevo las alarmas advirtiendo de la presencia real de otro sismo en la región.

Este segundo sismo en el mismo mes vino a potenciar los daños iniciados por el inmediato anterior afectando a los mismos diez estados de la zona centro y sur del país. Aunque su magnitud fue de 7.1 en la escala de Richter, su peligrosidad radicó en la cercanía de su epicentro ubicado en los límites de los estados de Morelos y Puebla, a 120 kilómetros de la capital. Según los informes oficiales, en voz del presidente Peña Nieto, quedaron afectadas por efecto del terremoto 12 millones de personas en 400 municipios de la región; 250 mil damnificados y cerca de 400 víctimas mortales; más de 16 mil planteles educativos afectados de consideración; 180 mil viviendas dañadas de las cuales 50 mil fueron reportadas con daño total y un sinnúmero de edificaciones públicas y privadas, monumentos y equipamiento urbano; y concluyó informando que el monto económico para la reparación de daños requería al menos de 48,000 millones de pesos como monto inicial.

Envueltos y saturados en estas noticias, en el Colegio de Cronistas e Historiadores de Nuevo León creímos conveniente organizar e iniciar un ciclo de reflexiones en torno a las pérdidas del patrimonio arquitectónico, en sesiones quincenales y a partir del sábado 9 de septiembre de 2017. El ciclo, los ponentes y la participación activa y crítica de los asistentes sembró inquietudes y despejó incógnitas importantes en el campo del tema abordado en tanto que las palabras clave de la convocatoria: pérdida, patrimonio y arquitectura, tienen definición inequívoca y de amplio interés personal y comunitario.

A pesar de que el tema me resultaba familiar y cotidiano, pues es parte importante del estudio de la arquitectura como manifestación cultural en el que trabajo habitualmente en las aulas universitarias, y por los diversos ensayos previos sobre el tema ya publicados con anterioridad en la revista *Ciencia UANL*, dada la

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: armando.floressl@uanl.mx

hecatombe de objetos arquitectónicos victimados por el fenómeno telúrico, nunca asimilados y visualizados –por mí– en tal magnitud, en lugar de ofrecer en mi participación como ponente del ciclo denuncias un tanto estadísticas sobre pérdidas ya irreparables de objetos patrimoniales –el convento de franciscanos y sus dos templos, el puente-mercado San Luisito, el cine Elizondo, los dos mercados Colón, las casas familiares de José Eleuterio González y de Bernardo Reyes, entre cientos más–, como de común el tema es tratado, el impacto me enfrentó a generar preguntas básicas, elementales o primarias, para tratar de ampliar la comprensión de tan complejo fenómeno. Entonces la charla tomó otro rumbo y se orientó a tratar de poner en su dimensión justa el concepto de lo patrimonial y entender:

Que lo patrimonial, además de los bienes adquiridos con hacienda propia, es lo que se hereda habiendo antes pertenecido a los padres y demás ascendientes, lo que le da otra dimensión a la pertenencia. Así también, que además del patrimonio personal somos coparticipes del patrimonio familiar, del comunitario, del regional, del nacional y así a los demás de mayor escala.

Que todo lo patrimonial se manifiesta tanto en el modo tangible como en el intangible, sin diferencia de valor o importancia de uno sobre el otro, es decir, que la casa finca su valor tanto por los metros cuadrados de construcción o por la calle donde se ubica, como por haberla construido el abuelo o la modalidad estilística a la que pertenece; que la silla-cuna o mecedora adquiere su valor tanto por haber sido construida con madera de olmo desflemado o por haberla producido la ya desaparecida fábrica de muebles “La Malinche”, como por haber sido un regalo de la boda de mamá o porque la abuela dormía en ella la siesta después de la comida; que la Santa Biblia, *Don Quijote de la Mancha*, *Nuevo León apuntes históricos*, o cualquier otro libro heredable duplican su valor más allá de sí mismos por el editor, el prologador o el ilustrador, como sobrevalor de los mismos, valga esta mínima muestra para el respaldo de lo arriba planteado.

Que todo lo heredado y lo heredable tiene la categoría de objeto cultural y por ello contenedor de tres dimensiones inseparables: su corporeidad física como parte de lo tangible y su incorporeidad histórica y psicológica como parte de lo intangible. La casa, la mecedora y el libro, más allá de su funcionalidad básica y objetiva se complementan con valores subjetivos como la edad, la unicidad, la procedencia, los usuarios anteriores y sobre todo lo anterior, el avasallante componente que le da la capacidad humana de la universal y dominante lectura simbólica.

Que en el escaso tiempo de un siglo en que se ha formado la conciencia de protección de los bienes patrimoniales –la Ley sobre Conservación de Monumentos Históricos y Artísticos de 1914 ya declara su protección jurídica y social en el territorio nacional y la Carta de Atenas de 1931 con voz internacional promueve su protección, indistintamente de las fronteras geopolíticas–, se ha ido incrementando la lista de sus valores como garantes de su protección entre los cuales se pueden citar el valor social, el político, el religioso, el turístico, el popular, el estético, el educativo y, en primera línea, como lo más relevante y fundamental, lo cultural, lo histórico, lo artístico y lo documental.

Que el objeto arquitectónico en su carácter de contenedor de todos los demás objetos, herramientas, muebles, cosas y complementos utilitarios al servicio del hombre, es el principal resguardador de los mismos. Al perderse el objeto arquitectónico se diezman los objetos complementarios en él resguardados.

Que de ordinario la categoría de objeto patrimonial la promueven y establecen los grupos de poder público, privado, político, religioso y gremial, sobre los objetos de su pertenencia y que cuando esa categoría se le asigna a una casa familiar, a un fondo de libros, a unos anteojos o a una pluma fuente de escribir, es cuando su propietario deviene en una figura prominente de uno de los grupos antes mencionados –gobernador, alcalde, comerciante, industrial, profesionista, artista, político, etc.–. Sin embargo, no deja de ser patrimonial un objeto no declarado como tal y la gran mayoría de ellos sobreviven en la categoría del anonimato.

Que toda casa habitacional en cualquier condición socioeconómica ha de considerarse como el patrimonio más íntimo y personal si consideramos que “la casa se personaliza con sus habitantes por las transferencias que de ellos recibe, es un retrato fiel de sus usuarios, ahí se petrifican tradiciones y costumbres, ideología y religión, abundancia y precariedades, gustos y preferencias, aceptaciones y rechazos, temores y fantasías. Es un acto confesional involuntario... es un almacén de recuerdos, un álbum fotográfico que detiene el tiempo...”. El aprecio de la casa familiar es indispensable como punto de partida para entender y adoptar el complejo fenómeno de lo patrimonial (Flores, 2014).

Que de los objetos patrimoniales el más indefenso es el arquitectónico, pues su existencia parece sólo sostenerse con el primer usuario –casa habitación y monumento funerario del general Gerónimo Treviño– o mientras se mantenga en función el uso original para el que fue construido –Palacio de Gobierno, Templo

de Catedral, Hotel Ancira, entre otros.—, mientras que el fantasma de la desaparición lo amenaza y cumple su propósito a través de fenómenos naturales como inundaciones, incendios, sismos, impactos, explosiones, derrumbes y el más dañino y silencioso de todos: la estulticia humana, practicada en acciones como las guerras, el vandalismo, las demoliciones, la ampliación de calles o plazas —como el urbanicidio que generó “la Macroplaza”—, el desuso, deterioro y abandono de inmuebles; la aplicación inadecuada de materiales, de técnicas constructivas o instalaciones de equipamiento; vulnerabilidad, cambios de uso del suelo y de función, valores comerciales al alza, alteración o transfiguración a su unidad formal o estilística, modernización en lugar de modernidad; irresponsabilidad de las autoridades encargadas de su adecuada construcción, protección y conservación, y un gran etcétera.

Que hay que conservar el patrimonio, primero al reconocerlo como tal y atenderlo en sus requerimientos de preservación, rehabilitación, consolidación o reconstrucción, defendiéndolo y empoderándolo a partir de realzar su valor, una manera sencilla y eficaz ha sido fomentar su uso público como en los templos, los mercados, los museos, las plazas, las calles peatonales; así como ampliando el marco jurídico que resguarde su integridad física y cultural y operarlo a través de ciudadanos íntegros, honestos y de capacidad profesional intachable.

Llegando a este nivel de conciencia crítica entenderemos plenamente la definición de patrimonio establecido en la Carta de Cracovia —2000—, como el conjunto de obras humanas en las cuales una comunidad reconoce los valores específicos y particulares con los cuales se identifica.

Los primeros pasos ya se han dado pues tenemos un marco jurídico de protección patrimonial, delegaciones en la entidad de autoridades federales para la protección del patrimonio arquitectónico, catálogos de bienes patrimoniales; promoción y ministración cultural a nivel de secretarías estatales y municipales, y por ser miembros de la UNESCO —Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura— y de su organismo el Icomos —Consejo Internacional de Monumentos y Sitios—, ya hemos establecido el día del Patrimonio de Nuevo León desde 2014, en el segundo domingo de marzo, bajo la premisa de “Vivamos lo nuestro”, para explorar en los patrimonios cultural y natural, tangible e intangible, el perfil sociocultural que nos identifica como grupo específico.

A partir de que reconozcamos ampliamente la casa que habitamos como el más personal y válido de los patrimonios, entonces podremos apreciar en la justa dimensión el patrimonio que compartimos con la comunidad.

REFERENCIAS

Flores S., A.V. (2014). La casa como patrimonio. *Ciencia UANL*, (17)69, pp. 32-33.

ADENDA

El patrimonio cultural de Nuevo León en números

Rocío Garza-Leonard

A mediados del siglo XX, en Nuevo León se consolidó una de las primeras gestiones para identificar y preservar el patrimonio cultural construido, con la intención de reconocer un pasado colonial a preservar. Identificados como hitos de ese periodo, estaban la Catedral de Monterrey y el Palacio de Guadalupe en la Loma de Vera “El Obispado”, estableciéndose en este sitio el Museo Regional del Obispado (20 marzo 1956; Mora *et al.*, 1982). Claro, había y hay mucho más que eso, pero no me detendré aquí a recontar los inmuebles-documentos de cultura perdidos, sino los existentes. Afortunadamente, atrás ha ido quedando la percepción de no contar con un patrimonio propio, diversificado, valioso y de entender su riqueza como fuente documental de inspiración e identidad propia. Hoy el camino de la preservación de nuestro pasado para contar con un futuro coherente es desde el reconocimiento de nuestras expresiones culturales materiales, categoría en donde se encuentra el patrimonio construido, hasta el reconocimiento de los derechos humanos a la cultura, incluyendo el patrimonio inmaterial. Lo podemos ver en el ámbito federal con el decreto que fundamenta la creación de la Secretaría de Cultura y consecuente con ello, el decreto recién publicado de la Ley de los derechos culturales de los habitantes y visitantes de la Ciudad de México (Gaceta oficial de la ciudad de México, 2018).

De ahí la intención de nuestro caso, tratar de entender las dimensiones de nuestro patrimonio cultural material, histórico y artístico, tener una idea de las dimensiones de la problemática y con sentido práctico medir lo que es para Nuevo León el patrimonio cultural

inmueble en números. Una estimación posible de lo documentado desde la perspectiva jurídica e institucional. ¿Cuántos sitios se encuentran registrados en catálogos o presentes en algún inventario de monumentos archi-

tectónicos, urbanos y sitios (conjuntos)? Claro, con respaldo institucional, al menos en teoría, para su tutela.

NUEVO LEÓN

INMUEBLES DE VALOR HISTÓRICO-ARTÍSTICO O ARQUEOLÓGICO CON CARÁCTER JURÍDICO

- 207 **INBA, siglo XX identificados para Inventario Nacional.**
1500 **INAH, sitios paleontológico, rupestre, arqueológico, prehispánico, colonial, inmuebles** registrados e identificados. De estos incluyo los 937 inmuebles del **Catálogo Nacional de Monumentos Históricos (1982)** de entonces a hoy se han incorporado 563 y dos sitios abiertos al público. Destaco el Decreto presidencial Boca de Potrerillos (2001) en Mina NL. De un análisis solo de Monterrey, del total de 107 fichas en el Catalogo mencionado, 77 están fechados siglo XX, es decir más de ¾ partes son patrimonio artístico inmueble tutela de INBA.
AMBITO FEDERAL = 1707 Registros
- 193 **Barrio Antiguo de Monterrey detrás de Catedral (1993).** Zona protegida urbana.
s/n **Santa Lucia.** Aun sin inventario estatal desde su Decreto (2008). ZPU
1045 **CONARTE, Inmuebles Siglo XX (2006).** Monterrey.
AMBITO ESTATAL = 1238 Registros

SECRETARIA DE TURISMO / Programa Pueblos Mágicos
s/n Santiago, antes Villa de Santiago
s/n Linares, incluido al programa PM a finales del año 2015.
s/n Municipios de Monterrey y San Pedro Garza García cuentan con casos individuales
OTROS (+ N)
TOTAL = **2,945 Registros** Nuevo León

R Garza-Leonard. **EL PATRIMONIO DE NUEVO LEON EN NUMEROS.** En torno a la 6ª. Audiencia Publica del Proyecto de Ley general de Cultura. Monterrey NL, 19 de julio 2016 - Actualización septiembre 2017.

Entonces tenemos que $1707 + 1238 = 2,945 + N$ = número por determinar; para determinar ese número habría que echar un vistazo al Inventario para el Programa Catalogo Nacional de Patrimonio Artístico Inmueble, INBA 2017; al Catálogo Nacional de Monumentos Históricos, Nuevo León, INAH 1982-1985; al equipo de investigadores del Centro INAH NL 2016; al Plano de Categorías, Investigación y Clasificación Barrio Antiguo de Monterrey; al Fideicomiso BA de Monterrey 1988, 1992; al Catálogo de Inmuebles con Valor Artístico Siglo XX de Conarte Nuevo León e INBA, INAH, Municipio de Monterrey, Gobierno del Estado 2006 y al Catálogo de Patrimonio Cultural Inmueble del Centro Histórico de San Pedro Garza García, Dpcyp 2011.

CONCLUSIONES

Mis números son conservadores, diría austeros, la cantidad está todavía por determinarse. Además de lo que está considerado como conjuntos aún siguen sin cuantificación, ya no digamos valoración cualitativa, como es el caso de la zona de Santa Lucia en Monterrey o las dos poblaciones que forman parte del programa Pueblos Mágicos, Santiago y Linares, que esperamos ver en un futuro próximo. La realidad es que el trabajo de inventario y catalogación tiene que ser continuo, bien planeado. Precisamente bajo criterios teóricos, normativas vigentes y realizados con el avance de tecnologías

actuales. Existen otros estudios para inventario que se han hecho y aún siguen en proceso, sin embargo, tradicionalmente se han concentrado en el área metropolitana de Monterrey, tal vez por falta de recursos para cubrir el resto del territorio. Pero este arrojo de números en el estado nos da una idea de las necesidades que habrán de atenderse si queremos cumplir con el precepto constitucional de derecho a la cultura, a gozar nuestros bienes culturales inmuebles. No es poca la aproximación de más de 2945 inmuebles que requieren reconocimiento, protección, atención administrativa, difusión, monitoreo, mantenimiento, restauración, presupuesto. Nuestras leyes deben facilitar e incentivar a sumar esfuerzos de los diferentes niveles de gobierno y sectores de la sociedad hacia este objetivo, cooperación de todos los sectores de nuestra comunidad. La reflexión es hacia la urgente necesidad de formación de profesionales en esta línea de especialización a nivel de posgrado en nuestra entidad.

REFERENCIAS

- Gaceta Oficial de la Ciudad de México. (2018). No. 245. Disponible en http://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/9cd4d6793c77859e14dba9483366098f.pdf
- Mora, J., et al. (1982). En el XXV aniversario del museo. Imprenta Universitaria, UANL, Monterrey N.L.



La actividad turística de carácter sustentable es aquella que hace uso adecuado de los parajes naturales respetando las condiciones prístinas y la relación de orden sociocultural que emana de las comunidades que son huéspedes, con lo cual se pretende implantar un desarrollo económico factible a un muy largo término. Los preceptos y acciones de sustentabilidad deben considerarse como imprescindibles para todas las formas de turismo existentes, esto es desde el turismo reconocido como de playa y sol hasta el turismo aludido como de naturaleza o al aire libre.

El incorporar y concretar acciones pertinentes bajo los principios de sustentabilidad se constituye en una diligencia de carácter vital para todos los países cuya economía nacional se basa en gran medida en el desarrollo turístico, donde se hace uso de sus recursos naturales y culturales. Por este medio se comprende de manera amplia el valor del capital natural y sociocultural que se puede poseer (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2009). Para emprender un turismo sustentable es conveniente incorporar en esta visión tres considerandos que pueden observarse como los pilares de esta actividad y que corresponden a la parte económica, la sociocultural y la ambiental.

Sin lugar a dudas, velar por incentivar y procurar un turismo sustentable, mediante el compromiso y participación de todos los actores que subsisten o dependen de esta actividad económica, conlleva una acción estructurada y muy consciente de la diversidad cultural y natural que se tiene; asimismo, permite percibir el valor de una gestión adecuada y de los beneficios de salvaguardar la integridad tanto ambiental como socioeconómica. Esta relevancia es producto “principalmente a que representa una alternativa decisiva, un recurso importante ante las crisis económicas experimentadas en otros sectores productivos como la agricultura y la industria” (Tarlombani, 2005, p. 223).

Lo anterior ha promovido una expansión y transformación del turismo durante las pasadas décadas en distintos lugares del orbe, donde se han observado con sumo interés únicamente los beneficios positivos

de carácter económico, soslayando otros aspectos no tan beneficiosos, por esta razón surge de manera necesaria el discurso del desarrollo de un turismo sustentable, que prevenga los riesgos y negatividades que se suscitan alrededor de esta actividad (Arriola, 2003). Por lo tanto, el turismo “a nivel mundial ha tenido que modificar patrones de conducta tanto de los prestadores de servicios como de los consumidores, a partir de que se reconoció que los recursos que actúan como insumos en la actividad no eran ilimitados” (Torres, 2006, p. 241).

En el presente manuscrito abordamos qué es el turismo, cuáles son los antecedentes del turismo sustentable y cuáles son los alcances de esta nueva forma de percepción del turismo sustentable, para finalmente hacer mención de algunas consideraciones relacionadas con el tema tratado.

¿QUÉ ES EL TURISMO?

De acuerdo a Molina y Rodríguez (2005, p. 10) “los primeros esfuerzos por definir al turismo datan de la década de los treinta. El elemento gravitante se circunscribía al desplazamiento, al viaje efectuado por los turistas”. No obstante, subsisten distintas enunciaciones que pretenden elucidar esta actividad. Entre éstas encontramos la siguiente, de acuerdo al Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable en México (2003, p.8): “El turismo puede definirse como la ciencia, el arte y la actividad de atraer y transportar visitantes, alojarlos y satisfacer con confort sus necesidades y deseos”. Esta actividad comprende prácticas con fines culturales, de placer, disfrutar el tiempo libre, negocios o distintas actividades que las personas que viajan llevan a cabo durante su permanencia en algunos lugares durante cierto tiempo, es así que involucra diversos motivos.

Por lo tanto la industria del turismo se ha constituido en una de las más sobresalientes en el mundo y se ha concebido como un factor de desarrollo debido a sus efectos positivos en la economía de muchas

naciones. Por ejemplo, en México el sector turístico se constituye en el tercer motivo de ingresos extranjeros, sólo tras el petróleo y las remesas que provienen de los migrantes mexicanos hacia nuestra nación (Gómez, Barrón y Moreno, 2015). De tal manera que el

...turismo se considera frecuentemente como un medio importante de generación de crecimiento endógeno acelerado nacional o regional, debido a que provee a una economía en crecimiento de divisas extranjeras para financiar al mismo sector y al resto de las actividades económicas, ya sea de forma directa o indirecta (Gómez, Barrón y Moreno, 2015, p. 13).

Sin embargo, con el crecimiento de la actividad turística también se ha reconocido que el turismo no sólo tiene una repercusión económica, también ambiental y sociocultural en las poblaciones receptoras. Por lo cual hoy en día se busca hacer un turismo conocido como sustentable, el cual presenta propósitos de disminuir los prejuicios sobre el ambiente y las costumbres de las personas. De esta manera Barrera y Bahamondes (2012, p. 51) subrayan que el turismo sustentable “está asociado a la responsabilidad como valor máximo en todos los aspectos, en especial en el cuidado del medio ambiente, tratando de imponer una nueva ética al turismo”.

En este orden de ideas, la idoneidad de los destinos turísticos hoy en día establecidos en los principios de la sustentabilidad, debe estar demarcada completamente en considerar las consecuencias actuales y futuras, tanto en el ámbito económico y social como en el medioambiental, con la finalidad de garantizar el desempeño de las actividades y funciones turísticas, salvaguardando el entorno natural y cultural de las comunidades receptoras, para de esta manera hacer un uso eficiente de los recursos turísticos. Por lo cual Salinas y La O (2006, p. 202) aseveran que “el sector turístico es particularmente sensible en sus relaciones con el medio ambiente, ya que por un lado consume recursos naturales y por el otro necesita un entorno natural atractivo para su desarrollo”.

ANTECEDENTES DE UN TURISMO SUSTENTABLE

Como ya se ha advertido, el turismo de manera sucinta se ha desarrollado en muchos sitios del mundo en el usufructo de los atractivos naturales y de los valores intangibles que se desarrollan entre éstos y las comunidades que coexisten en esos lugares. En los que la implementación del desarrollo sustentable insta a mejorar las condiciones de vida de las personas, así como

suscitar y apuntalar a la humanidad sobre fundamentos estructurales cualitativamente diferentes (Molina, 1991; Cantú-Martínez, 2015; 2016). De acuerdo a Tarlombani (2005, p. 227)

...múltiples factores contribuyeron a que el concepto de sustentabilidad fuera incorporado a la actividad turística ya que la idea surge y se desarrolla en medio de un gran debate a fines de la década de 1980, momento en que la cuestión ambiental cobró gran importancia.

En este aspecto, la Organización Mundial del Turismo (1995, p. 2) ha señalado que

...el turismo tendría que contribuir al desarrollo sostenible, integrándose en el entorno natural, cultural y humano, debiendo respetar los frágiles equilibrios que caracterizan a muchos destinos turísticos [...], la actividad turística deberá prever una evolución aceptable respecto a su incidencia sobre los recursos naturales, la biodiversidad y la capacidad de asimilación de los impactos y residuos producidos.

Los fines de esta vinculación entre el turismo y la sustentabilidad sobrellevan principalmente el resguardar las peculiaridades históricas y culturales que conllevan los estilos de vida habituales de la gente local, así como la conservación de portentosos hábitats cuyo valor intrínseco se sostiene en sus componentes florísticos y faunísticos que poseen. Es así que la Organización Mundial de Turismo precisa que el turismo sustentable es

...un modelo de desarrollo económico concebido para mejorar la calidad de vida de la comunidad receptora, para facilitar al visitante una experiencia de alta calidad y mantener la calidad del medio ambiente, del que tanto la comunidad anfitriona como los visitantes dependen (Ávila, 2002, p. 21).

Este vínculo entre turismo y sustentabilidad ha ofertado una gran variedad de oportunidades de experimentar distintas manifestaciones de orden natural y cultural, cuyas demostraciones pueden poner en contacto con “una especie de flora o fauna rara o endémica o una combinación de especies, formaciones geomorfológicas inusuales o espectaculares, o manifestaciones culturales históricas o contemporáneas únicas en un contexto natural” (Drumm y Moore, 2005, p. 4). Esta expresión se puede observar cercanamente en el ecoturismo, que Martha Honey –citada por Drumm y Moore (2005, p. 15)– pormenoriza como

...el viaje a zonas frágiles y prístinas [...] cuyo objetivo es [...] educar al viajante; suministra fondos para la conservación del medio ambiente, beneficia directamente el desarrollo económico y la soberanía de las comunidades locales y fomenta el respeto a diferentes culturas y los derechos humanos.

De tal manera que el ecoturismo se erige como un acierto para promover el desarrollo sustentable. Como tal, el ecoturismo es una actividad que puede considerarse flexible, ya que podemos encontrar distintos enunciados y expresiones que lo constituyen, por ejemplo, Drumm y Moore (2005, p. 18-19), mencionan que estas configuraciones pueden ser:

...turismo de naturaleza, es simplemente el turismo basado en la visita de recursos naturales y está estrechamente relacionado al ecoturismo, pero no involucra necesariamente la conservación o la sustentabilidad [...]; turismo de naturaleza sustentable, está muy cerca del ecoturismo [...]; turismo científico o de investigación es el turismo con objetivos específicos de investigación. Estos tipos de proyectos son comunes en áreas naturales y a menudo contribuyen a conservarlos [...]; turismo cultural, etnográfico o de patrimonio cultural se concentra en las tradiciones locales y en la gente [...], el turismo verde/sustentable se refiere a las operaciones de viaje que utilizan los recursos prudentemente.

Como se observa, impulsar una industria del turismo con características vinculadas a la sustentabilidad puede no ser fácil y es bastante complejo, particularmente si dilucidamos que el ecoturismo y el turismo sustentable pueden tener fines distintivos, pero complementarios, donde se cumplen propósitos muy importantes y en ocasiones comunes. Por ejemplo, el ecoturismo se encamina a adoptar preceptos de preservación de áreas naturales distintivas y de interés ecosistémico mediante el turismo. Mientras el concepto de turismo sustentable se yergue con la finalidad de reorientar las actividades turísticas explorando aquéllas más coherentes con las capacidades de los sistemas naturales y culturales, con la finalidad de promover menores impactos (Drumm y Moore, 2005).

ALCANCES DEL TURISMO SUSTENTABLE

Estrada (2013, p. 265) señala que el “turismo puede ser punta de lanza en cuanto a la recuperación económica, el progreso social y la responsabilidad ambiental” en muchos lugares del mundo; generando con ello nuevas fuentes de ingresos, así como oportunidades de empleo, con lo cual la distribución de bienes de consumo y servicios se amplían y favorecen a una mayor cantidad de personas, además de fortalecer el desarrollo local al conceder a los habitantes de estos sitios el valor de contar con un entorno natural y sociocultural privilegiados.

Es así que el progreso actual del turismo se ha ordenado en un nuevo posicionamiento y con un análisis que concuerda con los preceptos vigentes de la Agenda 2030 que en sus 17 objetivos impulsan los cánones de la

sustentabilidad (World Tourism Organization, 2017a), donde se ventilan nuevos mecanismos que permitirán la orientación y el rediseño conforme a los acuerdos de carácter internacional y los compromisos nacionales que en este sector económico se establezcan. Respetar estos considerandos universales de sustentabilidad encaminará a la sociedad en general hacia una mayor apertura de opciones de la oferta turística, pero ahora con carácter sustentable, en una nación o región de manera particular.

En palabras de Taleb Rifai, secretario general de la Organización Mundial del Turismo (World Tourism Organization, 2017a, p. 5) esta actividad es parte de la Agenda 2030 cuando el

...El turismo se incluye en tres de los 17 Objetivos mundiales: el octavo Objetivo habla sobre el crecimiento económico equitativo y el empleo digno. El Objetivo 12 sobre la producción y consumo sostenibles y responsables; y el Objetivo 14 sobre una vida debajo del agua. Sin embargo, el carácter transversal de la naturaleza hace que sea una herramienta efectiva para contribuir los 17 Objetivos. El turismo fomenta la equidad de género (Objetivo 5); al ayudar a la construcción de comunidades y ciudades (Objetivo 11); y terminar con la pobreza (Objetivo 1). De este modo se puede incrementar esta contribución a una meta general de las Naciones Unidas y de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) mejorando el progreso social, la paz y los derechos humanos.

Es importante hacer hincapié en que los preceptos de sustentabilidad no son antagónicos al turismo de orden convencional que se venía realizando, sino más bien estos principios de sustentabilidad son complementarios. Sin embargo, sabemos que la sustentabilidad cuenta con muchas “acepciones como disciplinas que concurren a su estudio. La aplicación al turismo tendrá tantas definiciones de la sustentabilidad turística como puedan existir enfoques disciplinarios” (Hieraux, 2003, p. 60). De esta forma, la gestión de un turismo sustentable y “competitivo requiere de una [...] planificación a largo plazo y holística por la naturaleza diversa del turismo y la relación entre la actividad turística” (Velarde, Santillán y Obombo, 2015, p. 85).

Se debe recordar que desarrollar turísticamente un sitio o región, simplemente por hacerlo, con fundamento en el desarrollismo a ultranza, nos conduce preferencialmente a una condición alejada del desarrollo sustentable, donde es perceptible la marginación social, la inequidad y la carencia de oportunidades laborales, además de la representación de una incongruencia social en sus normas de convivencia. Por lo tanto,

es necesario enlazar armónicamente al turismo con el desarrollo [sustentable], incluyendo a la multiculturalidad – la diversidad natural y humana– en los espacios del hábitat

y en la praxis de lo cotidiano y real, ahí donde se forman los mosaicos naturales y culturales que constituyen las bases para el uso turístico (Espinoza, Chávez y Andrade, 2011, p. 34).

Tengamos en cuenta que el turismo sustentable hoy en día se ha constituido en un dispositivo para la conservación del entorno, así como para el desarrollo y la paz social de las comunidades. Esto se promueve al vincular distintos sectores socioeconómicos a través de incentivar actividades responsables, que incluyen la producción de servicios más afables con el ambiente, la exhortación a un consumo sustentable y el resguardo del ambiente, la diversidad biológica y cultural. Un ejemplo de un caso exitoso lo constituye la experiencia mexicana en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an donde

...Recibe miles de visitas cada año. Otorga una serie de becas por el Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través de la iniciativa del Programa de Vigilancia Comunitaria de Áreas Naturales Protegidas. La alianza "Community Tours Sian Ka'an" consta de tres cooperativas ecoturísticas sustentables que trabajan directamente con las comunidades indígenas de Punta Allen y Muyil. Esta empresa innovó al contratar a las primeras guías turísticas en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an y continúa expandiendo oportunidades para mujeres locales al ofrecer nuevas funciones y operaciones económicas típicas para hombres. En 2006 se ganó el Premio a la Iniciativa del Ecuador y obtuvo un lugar del Condé Nast en la revista *Green List* por la gran calidad de sus recorridos. Últimamente fue galardonada con un certificado de excelencia por el TripAdvisor (World Tourism Organization 2017b, p. 34).

En este sentido, 2017 fue pronunciado públicamente por la Organización de las Naciones Unidas como el "Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo", con la finalidad de impulsar y avivar un cambio en las políticas públicas de los gobiernos y en las prácticas empresariales, para que promuevan una postura más responsable de los públicos consumidores (Naciones Unidas, 2016). En este marco, el año internacional acentuó el papel del turismo en cinco esferas de actuación, las cuales promovieron y vigorizaron *a)* el crecimiento económico inclusivo y sostenible; *b)* la inclusión social, empleo y reducción de la pobreza; *c)* el uso eficiente de los recursos, protección ambiental y lucha contra el cambio climático; *d)* los valores culturales, diversidad y patrimonio y, finalmente, *e)* la comprensión mutua, paz y seguridad (Organización Mundial del Turismo, 2016). Todas estas estrategias se propusieron con un enfoque ecosistémico y transdisciplinario con la finalidad de dar un lugar especial a la conservación biocultural, esencialmente por el aporte significativo en materia socioambiental y turística.

CONCLUSIONES

Como se ha indicado, el turismo sustentable, señalado muchas veces mediante el ecoturismo, con sus distintas reformulaciones, es una forma de expresión que se acerca en este sentido totalmente afín y congruente con la noción de desarrollo sustentable. Este modelo de industria del turismo florece y se desarrolla con rasgos distintivos que pretenden un eficiente uso en el manejo del entorno natural, social, cultural y tecnológico. En un marco de políticas públicas que están emparentadas y que llanamente persiguen al acrecentamiento y el progreso de las circunstancias cualitativas de vida de las personas y suscitar un desarrollo turístico que facilite y fomente la equidad social, la sustentabilidad ecológica y la rentabilidad en la actividad económica. En otras palabras, el turismo sustentable advierte de los valores de los recursos naturales, culturales y simbólicos con la finalidad de resaltar los insumos turísticos, pero de manera específica evidenciar el manejo sustentable de esos extraordinarios lugares en un largo plazo. Franzoni (2015, p. 22) advierte lo que antes hemos señalado al indicar que

...El turismo es la mayor actividad económica en general con un impacto positivo sobre el crecimiento económico y el empleo [...] Sin embargo, la acumulación de turistas en una zona geográfica establecida podría resultar un riesgo de daño y de consumo irregular de los recursos naturales [...] Es necesario avanzar hacia un equilibrio progresivo que debe satisfacer simultáneamente las necesidades de crecimiento económico y el consumo de los recursos de las áreas naturales, en beneficio de la calidad de vida y el desarrollo sustentable.

Finalmente, a manera de sentencia y de forma lacónica, Morales (2006, p. 254) opina:

...hoy el turismo puede convertirse en un real espacio de encuentro intercultural, respetuoso y sano, en la medida en que se logren encontrar grupos de gentes con intereses comunes, como el conocimiento y defensa del medio ambiente, el respeto por las diferencias culturales, la protección de los paisajes con sus patrimonios naturales, arqueológicos y culturales.

REFERENCIAS

- Arriola N., O.A. (2003). Evaluación de la sustentabilidad turística. Notas para una propuesta operativo-metodológica En Palafox M., A. (Coord.) *Desarrollo sustentable del turismo*. (pp. 19-30). Cancún. Universidad de Quintana Roo.
- Ávila B., R. (2002). Introducción al concepto de sostenibilidad y turismo sostenible. En Aguilar, P., G. *et al.* *Turismo sostenible*. (pp. 17-24). Madrid. IEPALA.

- Barrera, C. y Bahamondes, R. (2012). Turismo sostenible: importancia en el cuidado del medio ambiente. *RIAT Revista Interamericana de Ambiente y Turismo*, 8(1), 50-56.
- Cantú-Martínez, P.C. (2015). *Desarrollo sustentable, antes y después de Río +20*. México. Universidad Autónoma de Nuevo León y Organización Panamericana de la Salud.
- Cantú-Martínez, P.C. (2016). Los nuevos desafíos del desarrollo sustentable hacia 2030. *Ciencia UANL*, 19(78), 27-32.
- Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable. (2003). *Saber para proteger, introducción al ecoturismo comunitario*. México. SEMARNAT.
- Drumm, A., y Moore, A. (2005). *Desarrollo del ecoturismo-un manual para los profesionales de la conservación*, Volumen I. Arlington. The Nature Conservancy.
- Espinoza S., R., Chávez D., R.M., y Andrade R., E. (2011). Lo global-local como base del turismo y la sustentabilidad. Una aproximación a la discusión teórica conceptual. En López L., A., G. et al (Coords.) *Lo global y el turismo, nuevos paradigmas de interpretación*. (pp. 30-39). México. Academia Mexicana de Investigación Turística A.C.
- Estrada R., S. (2013). Innovación, tecnología y desarrollo sustentable: la adopción de un nuevo paradigma para el sector turismo. *Teuken Bidikay*, 4, 257-280.
- Franzoni, S. (2015). Measuring the sustainability performance of the tourism sector. *Tourism Management Perspectives*, 16, 22-27.
- Gómez L., C.S., Barrón A., K.S., y Moreno M., L.R. (2015). Crecimiento económico y turismo ¿existe algún consenso? En Barrón A., K.S., y Fonseca M., M.A. (Coords.) *Temas selectos de turismo y sustentabilidad*. (pp. 13-30). México. Universidad Autónoma de Nayarit.
- Hiernaux N., D. (2003). Turismo y sustentabilidad: crisis de paradigmas y nuevas orientaciones En Gómez N., S. (Coord.) *Desarrollo turístico y sustentabilidad*. (pp. 57-70). México. Universidad de Guadalajara.
- Molina, S. (1991). *Conceptualización del turismo*, México, Limusa.
- Molina, S., y Rodríguez, S. (2005). *Planificación integral del turismo, Un enfoque latinoamericano*. México. Ed. Trillas.
- Morales M., H.F. (2006). Turismo comunitario: una nueva alternativa de desarrollo indígena. *AIBR. Revista de Antropología Iberoamericana*, 1(2), 249-264.
- Organización de Naciones Unidas. (2016). *Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo*, 2017. A/RES/70/193. Nueva York. ONU.
- Organización Mundial de Turismo. (1995). *Carta de Turismo Sostenible, aprobada en la Conferencia Mundial sobre Turismo Sostenible*. España. OMT.
- Organización Mundial del Turismo. (2016). *Año Internacional del Turismo Sostenible para el Desarrollo. Guía para celebrarlos juntos*. España. OMT.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2009). *Guía Parques Nacionales Naturales de Colombia*. Bogotá. Ministerio de Ambiente, Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia y Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino de España.
- Salinas Ch., E. y La O O., J.A. (2006). Turismo y sustentabilidad: de la teoría y la práctica en Cuba. *Cuadernos de Turismo*, 17, 201-221.
- Tarlombani S., M.A. (2005). Turismo y sustentabilidad, entre el discurso y la acción. *Estudios y Perspectivas en Turismo*, 14, 222 - 242.
- Torres C., E. (2006). Turismo sustentable: turismo alternativo, ecoturismo y turismo rural. En Moreno A., I. (Coord.) *Desarrollo económico y proceso legislativo*. (pp. 241-251). México. Centro de Producción Editorial.
- Velarde V., M., Santillán N., M.A., y Obombo M., K. (2015). Competitividad turística de un destino de sol y playa. El caso de Mazatlán. En Gámez, A.E., Palafox M., A., y Gutiérrez, M. (Coords.) *La construcción del espacio turístico: procesos, actores e impactos*. (pp. 77-87). México. Instituto Sudcaliforniano de Cultura-Academia Mexicana de Investigación Turística-Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- World Tourism Organization. (2017a). *UNWTO Annual Report 2016*. Madrid. UNWTO.
- World Tourism Organization. (2017b). *10YFP Sustainable Tourism Programme Annual Magazine 2016/2017: Advancing towards a clear North*. Madrid. UNWTO.



SECCIÓN ACADÉMICA

Control de la virulencia de cepas patógenas de *Escherichia coli* por
antimicrobianos naturales

Una metaheurística con reencadenamiento de trayectorias para
optimizar planes territoriales

SAM disminuye la replicación de VHC mediante regulación de
procesos celulares



Control de la virulencia de cepas patógenas de *Escherichia coli* por antimicrobianos naturales

Alam García-Heredia*, Santos García*, Ángel Merino-Mascorro*,

Norma Heredia*

RESUMEN

Varios grupos de *Escherichia coli* pueden causar enfermedades con alta mortalidad en el humano, facilitando esta capacidad por mecanismos bacterianos que permiten su colonización y persistencia. Se han desarrollado tratamientos para su control, sin embargo, debido a su eficacia incompleta y a tendencias actuales, se está contemplando el uso de compuestos naturales antimicrobianos. En este trabajo se estudió la actividad del orégano mexicano, palo de Brasil y sus principales componentes antimicrobianos sobre el crecimiento, movilidad swarming, producción de biopelículas y expresión de genes de virulencia de *E. coli* enterohemorrágica, *E. coli* enteroagregativa y *E. coli* shiga-toxigénica EAEC O104:H4.

Palabras clave: *E. coli*, biopelícula, *swarming*, factores de virulencia *E. coli* O104:H4.

Las enfermedades transmitidas por el consumo de alimentos contaminados representan un aspecto de interés global. Cada año la cepa *E. coli* O157:H7 de patotipo enterohemorrágico (EHEC) es responsable de 3,268 hospitalizaciones tan sólo en los Estados Unidos, algunos de estos desencadenando complicaciones severas y alrededor de 0.5% de los casos resultan en la muerte del paciente (Fouladkhah *et al.*, 2013). La patogénesis del serotipo O157:H7 es debida a la producción de factores de virulencia específicos como la proteína intimina, la cual media la adherencia de la bacteria al intestino (Melton-Celsa, 2014), y la toxina Shiga (Law, 2000) que inhibe la síntesis de proteínas desencadenando la muerte celular. Adicionalmente, algunos mecanismos fisiológicos como la movilidad tipo *swarming* y la formación de biopelícula ayudan a la colonización y persistencia en diferentes ambientes (García-Heredia *et al.*, 2013).

ABSTRACT

Several groups of *Escherichia coli* may cause diseases with high mortality in human beings facilitating this capacity by bacterial mechanisms which allow its settlement persistence. It's been developed treatments for its management, nevertheless due to its incomplete effectiveness and current tendencies, the use of natural antimicrobials compounds are being contemplated. This work studies the activity of mexican oregano, brazilian rosewood and its main antimicrobials compounds about growth, swarming movement, biofilm production and virulence genes expression of enterohemorrhagic *E. coli*, enteroaggregative *E. coli* and Shiga-toxin *E. coli* EAEC O104:H4.

Keywords: *E. coli*, biofilm, *swarming*, virulence factors *E. coli* O104:H4.

Recientemente otro serotipo de *E. coli*, el O104:H4 (EAEC O104:H4), ha emergido como un problema serio de salud pública. Esta cepa pertenece al patotipo enteroagregativo (EAEC), capaz de adherirse a las células epiteliales por medio de una fimbria de adherencia llamada AAF (Boisen *et al.*, 2014); sin embargo, esta cepa presenta la particularidad de también producir Shiga toxina (Stx2), que es característica del patotipo EHEC. Esta combinación de propiedades virulentas, aunado al amplio espectro de resistencia a antibióticos que presenta, produjo cuadros severos en 2011, resultando en más de 800 casos de síndrome urémico hemolítico y 53 decesos (Guy *et al.*, 2013).

La terapia con varios antibióticos no siempre está recomendada en infecciones producidas por *E. coli* (Bielaszewska *et al.*, 2012), por lo que prevenir o mini-

*Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: norma@microbiosymas.com

mizar la contaminación por esta bacteria es la primera opción para reducir el riesgo de enfermedades en la población. Por la variabilidad de flora vegetal existente, la inmensidad de compuestos asociados y la aceptación pública de los productos naturales, resulta importante determinar la factibilidad de uso de productos naturales para controlar de manera efectiva a estas bacterias. Los extractos de la planta *Haematoxylon brasiletto* (Hb), comúnmente conocida como palo de Brasil, han mostrado actividad contra el crecimiento, la producción de la toxina Shiga y la adhesión de EHEC O157:H7 a células HeLa (Heredia *et al.*, 2005), en donde se ha establecido que los neoflavonoides (brasilina y hematoxilina) tienen gran actividad antimicrobiana (Rivero-Ruiz, 2008). De igual forma, los extractos de la planta *Lippia graveolens* Kunth (synon. *L. berlandieri* Schauer), conocida como orégano mexicano, han mostrado inhibición del crecimiento contra bacterias y hongos de interés alimentario (Ávila-Sosa *et al.*, 2010). Las propiedades antimicrobianas de este extracto han sido atribuidas principalmente a los aceites esenciales timol y carvacrol (Quintanilla-Licea *et al.*, 2014).

Aunque algunos de estos compuestos de plantas han mostrado tener actividad anti *E. coli* O157:H7 (Orue *et al.*, 2013; Kim *et al.*, 2011), la variabilidad fisiológica entre cepas impide predecir su efecto en otras, y no existen estudios sobre el efecto en cepas EAEC, incluyendo a la altamente patógena EAEC O104:H4.

METODOLOGÍA

Antimicrobianos naturales

Las hojas de orégano y de corteza de Hb se obtuvieron de mercados locales y se realizaron extractos etanólicos (100 g de material vegetal molido y seco con 500 ml de etanol a 96%). Los extractos se maceraron a temperatura ambiente por 24 a 48 h y se filtraron con papel Whatman no. 1. Después, las muestras se depositaron en platos de vidrio para evaporar el etanol y los extractos secos se resuspendieron en una pequeña cantidad de etanol a 96% y almacenaron a 4°C en frascos ámbar. Una alícuota se utilizó para determinar el peso seco.

Los compuestos carvacrol y brasilina se adquirieron comercialmente. El antibiótico rifaximina y el citral se usaron como controles y se adquirieron comercialmente. La brasilina, carvacrol y citral fueron disueltos en agua destilada (Somolinos *et al.*, 2009), en tanto que

la rifaximina se disolvió en etanol a 96%. Todas las soluciones se almacenaron a 4°C en frascos ámbar hasta su uso.

Cepas bacterianas

En este trabajo se utilizaron la cepa EHEC serotipo O157:H7 (ATCC 43894), EAEC 042 (serotipo O44:H18) y la cepa EAEC serotipo O104:H4. Una alícuota se transfirió a tubos con 5 ml de caldo Mueller Hinton (MH), o caldo Luria Bertani (LB) y se incubaron a 37°C/24 h.

Determinación de la concentración mínima bactericida (CMB)

La CMB se determinó por el método de microdilución (García-Heredia *et al.*, 2016). Brevemente, pocillos de microplacas estériles de 96 pozos se llenaron con 100 µl de caldo MH 2X adicionando 100 µl de diferentes concentraciones de los compuestos a probar. Cada pocillo fue inoculado con 20 µl de la suspensión bacteriana (2×10^6 UFC) y se incubaron a 37°C/24 h. Una alícuota de cada pocillo se sembró por estría sobre placas con agar MH, y se incubaron a 37°C/24 h. La CMB se estableció como la concentración más baja que no permitió crecimiento visible en las placas de agar MH.

Efecto de los compuestos o extractos sobre la movilidad tipo *swarming*

La movilidad tipo *swarming* se determinó por el método descrito por Lai *et al.* (2009) con algunas modificaciones. Brevemente, 5 µl de los cultivos bacterianos (1×10^8 CFU/ml) se inocularon en el centro cajas Petri con agar LB suave (0.35% agar) adicionado con concentraciones de los compuestos a probar y se incubaron a 37°C/24 h. La magnitud de la movilidad tipo *swarming* se basó en la distancia de migración a partir del centro de la placa (García-Heredia *et al.*, 2016).

Formación de biopelícula

La formación de biopelícula fue estudiado por el método de Yadav *et al.* (2015). Placas de microtitulación estériles se llenaron con 200 µl de caldo LB con glucosa a 0.2%, citrato de sodio a 1% (promotores de la

formación de biopelícula) y los compuestos a analizar. Cada pocillo se inoculó con 20 µl de la cepa activada (1×10^6 UFC) y la placa se incubó a 37°C/24 h. Después de medir la absorbancia (630 nm) de cada pocillo, los sobrenadantes se eliminaron y los pocillos se lavaron con agua destilada estéril y se secaron al aire. Las bacterias que permanecieron en los pocillos se tiñeron con 200 µl de cristal violeta a 0.1% (CV) e incubaron a 37°C/15 min. Después, las placas se lavaron con agua destilada para finalmente añadir 200 µl de etanol a 96% a fin de disolver el CV dentro de la matriz de la biopelícula. Después de 5 min de incubación a 37°C, se midió la absorbancia (570 nm) a cada pocillo.

El índice de formación de biopelícula (BFI por sus siglas en inglés) se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{BFI} = (\text{AB} - \text{CW})/\text{G}$$

donde AB corresponde a la absorbancia de las bacterias pegadas teñidas, CW es la absorbancia de los controles teñidos (con los compuestos a analizar) y G es la absorbancia de la bacteria que se encontraba en suspensión. Los valores de BFI >1.10 se interpretaron como una biopelícula fuerte, de 0.70 a 1.09 como una biopelícula moderada, de 0.35 a 0.69 como una biopelícula débil y <0.35 no formación de biopelícula (García-Heredia *et al.*, 2013).

Análisis de la expresión génica

Las bacterias se cultivaron toda la noche a 37°C y una alícuota (400 µl) se inoculó en tubos con 4 ml de caldo LB conteniendo los compuestos a probar a varias concentraciones. Los tubos se incubaron a 37°C/3 h en agitación. Inmediatamente después el ARN se extrajo y purificó usando el sistema Isolate II RNA Mini Kit y la integridad del ARN obtenido se determinó mediante un espectrofotómetro UV-Vis. El ADNc se sintetizó usando el sistema iScript™ cDNA Synthesis. Finalmente, se llevó a cabo la reacción de PCR de tiempo real utilizando el sistema iQ SYBR Green Supermix. Los iniciadores utilizados incluyeron, para el gen *pic* (mediador de colonización, presente en O104:H4 y 042; Safadi, *et al.*, 2012), *aggR* (regulador maestro del plásmido de adherencia agregativa, presente en O104:H4 y 042; Safadi, *et al.*, 2012), *rpoS* (relacionado al estrés, presente en las tres cepas analizadas; Liu, *et al.*, 2010), *Stx2* (Sigatoxina, presente en O157:H7 y O104:H4; Safadi, *et al.*, 2012). El gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa (GAPDH), un gen constitutivo, fue utilizado como normalizador y las bacterias sin tratamientos se usaron como controles y como niveles basales para comparar la expresión génica.

Análisis estadístico

Todos los ensayos se realizaron al menos dos veces cada uno por duplicado o triplicado. La comparación entre tratamientos se analizó por la prueba Fisher LSD usando el paquete computacional GraphPad Prism versión 6.c for IOX. El nivel de significancia utilizado fue de 95%.

RESULTADOS

CMB de los extractos y compuestos

Todos los extractos y compuestos analizados mostraron actividad antimicrobiana contra todas las cepas analizadas (tabla I). El carvacrol mostró la mayor actividad antimicrobiana, resultando valores de CMB similares a los mostrados por la rifaximina (control positivo), seguido de orégano, brasilina y Hb. No se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las CMB de cada extracto o compuesto (orégano, carvacrol, brasilina, citral y rifaximina) entre las cepas analizadas.

Efecto en la movilidad tipo *swarming*

Se observó mucha variabilidad en la movilidad tipo *swarming* por las tres cepas analizadas, cuando se pusieron en contacto con los diferentes extractos y compuestos. De manera muy interesante, la cepa EAEC O104:H4 mostró un comportamiento más parecido al mostrado por la EHEC O157:H7 en algunos tratamientos, en otros fue semejante al de la cepa EAEC 042, y en ocasiones totalmente diferentes a las anteriores (tabla II). El orégano a sus diferentes concentraciones redujo la movilidad tipo *swarming* de 7 a 39% en las cepas analizadas. Sin embargo, de manera sorprendente, el carvacrol promovió la movilidad en EHEC O157:H7 y EAEC 042, pero la redujo, aunque de manera muy leve, en la cepa EAEC O104:H4. En el caso de los extractos de Hb, las cepas EHEC O157:H7 y EAEC 042 disminuyeron el *swarming* en niveles arriba de 90%, en tanto que de entre 40 y 50% para la cepa EAEC O104:H4. Por su parte, la brasilina redujo este tipo de movilidad en 49% para EHEC O157:H7, 63% en EAEC 042 y 77% en EAEC O104:H4. Además, el citral también provocó reducción de la movilidad de 5 a 49% dependiendo de la cepa, mientras que la mayoría de las concentraciones de rifaximina utilizadas provocaron reducciones que fueron entre 75 a 100%, con excepción de cuando se agregó 25% de la CMB en EAEC O104:H4, que sólo mostró una reducción de la movilidad de 26%.

Formación de biopelícula

Como en el caso de la movilidad *swarming*, se observó alta variabilidad en el BFI cuando las células se trataron con los extractos o compuestos (tabla III). Se observó disminución del BFI (de 32 a 41%) en EAEC 042 por orégano y carvacrol a 75% de la CMB. Hb provocó una disminución (29 a 82%, $P \leq 0.05$) del BFI en todas las cepas estudiadas, y la brasilina produjo una disminución del BFI (58 y 64%) en EHEC O157:H7 y EAEC 042, respectivamente. Citral redujo (40%) el BFI en EHEC O157:H7 cuando se le agregó 75% de la

CMB y en EAEC 042 en todas las concentraciones probadas. De manera general, la formación de biopelícula por EAEC 042 se redujo al agregar la mayoría de los extractos/compuestos analizados. Es importante mencionar que al aplicar 25% de sus CMBs, el orégano y el carvacrol incrementaron casi al doble el BFI de *E. coli* O157:H7, y que la brasilina y el citral incrementaron el BFI (46 y 53%, respectivamente) en EAEC O104:H4. Además, la rifaximina indujo el BFI cuando se agregó a concentraciones correspondientes a 50 y 75% de la CMB de EHEC O157:H7 y a 75% de la CMB en EAEC O104:H4.

Tabla I. Concentración mínima bactericida (CMB, mg/ml) de extractos naturales y compuestos para el crecimiento de tres serotipos de *E. coli*.

Serotipo	CMB (mg ml ⁻¹)					
	Orégano	Carvacrol	Hb	Brasilina	Citral	Rifaximina
EHEC O157:H7	0.3 ± 0.02 ^a	0.08 ± 0.02 ^a	7.6 ± 0.5 ^a	2.3 ± 0.1 ^a	0.15 ± 0.05 ^a	0.08 ± 0.02 ^a
EAEC O104:H4	0.3 ± 0.01 ^a	0.08 ± 0.03 ^a	7.2 ± 0.3 ^b	2.2 ± 0.2 ^a	0.12 ± 0.04 ^a	0.09 ± 0.02 ^a
EAEC 042	0.4 ± 0.02 ^a	0.1 ± 0.04 ^a	8.1 ± 0.1 ^c	2.3 ± 0.1 ^a	0.20 ± 0 ^a	0.07 ± 0.02 ^a

±: Desviación estándar. Diferentes letras entre los serotipos de *E. coli* indican diferencias significativas cuando se compararon los extractos de manera independiente.

Tabla II. Porcentaje de reducción de la movilidad *swarming* en tres serotipos de *E. coli* por el efecto de extractos y compuestos. Un control negativo sin ningún compuesto o extracto sirvió como referencia.

Serotipo	% CMB	Orégano	Carvacrol	Hb	Brasilina	Citral	Rifaximin a
		% de reducción de la movilidad tipo <i>swarming</i>					
EHEC O157:H7	75%	36.3 ± 5.3 ^{ab}	-58.1 ± 5.5 ^a	91.7 ± 2 ^a	58.2 ± 6.6 ^a	15.2 ± 3 ^a	92.6 ± 9 ^a
	50%	34.2 ± 7.2 ^a	-48.2 ± 4.6 ^a	91.7 ± 1.3 ^a	48.5 ± 6 ^a	26.6 ± 6 ^a	75.0 ± 2.1 ^a
	25%	33 ± 4.6 ^a	-38.5 ± 6 ^a	91 ± 1 ^a	43.5 ± 6.3 ^a	11.3 ± 5 ^a	80.8 ± 0.9 ^a
EAEC O104:H4	75%	39.5 ± 5 ^a	14.3 ± 3 ^b	52.6 ± 4 ^b	79.3 ± 4 ^b	45.2 ± 4.5 ^b	96.8 ± 7 ^a
	50%	37.1 ± 5 ^a	13.2 ± 3.5 ^b	45.3 ± 4.6 ^b	77.7 ± 1 ^b	47.5 ± 5.6 ^b	100 ± 0 ^b
	25%	36.3 ± 5 ^a	8.7 ± 3 ^b	44 ± 4.4 ^b	76.7 ± 3 ^b	37.6 ± 6 ^b	26.4 ± 6.8 ^b
EAEC 042	75%	34.7 ± 5 ^b	-12.4 ± 3.5 ^c	93.3 ± 0.5 ^a	96.4 ± 5 ^c	49 ± 5.5 ^b	95.5 ± 6.2 ^a
	50%	14.4 ± 3 ^b	-18.6 ± 3.4 ^c	93.1 ± 0.6 ^a	54.5 ± 3.6 ^a	5.6 ± 2 ^c	95.7 ± 8.5 ^b
	25%	7.2 ± 3 ^b	-13.3 ± 4 ^c	91.8 ± 0.5 ^a	41.0 ± 4.5 ^a	35.5 ± 6 ^b	88.7 ± 4.1 ^c

±: Desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). La comparación fue llevada a cabo entre la misma concentración subinhibitoria de la CMB con las cepas de *E. coli* analizadas por cada extracto o compuesto utilizado. *Valores negativos indican el porcentaje de promoción de la movilidad tipo *swarming*.

Tabla III. Efecto de extractos o compuestos (a concentraciones correspondientes al 25, 50 y 75% de la CMB) en la formación de biopelícula por tres serotipos de *E. coli*. Un control negativo, sin compuesto o extracto sirvió como referencia.

Cepa	Control*	% CMB	Índice de Formación de Biopelícula (BFI)					
			Orégano	Carvacrol	Hb	Brasilina	Citral	Rifaximina
EHEC O157:H7	1.4 ± 0.2 ^a	75%	1.5 ± 0.3 ^{ab}	1.1 ± 0.1 ^a	0.7 ± 0.1 ^{*a}	0.6 ± 0.1 ^{*a}	0.85 ± 0.2 ^{*a}	2.8 ± 0.5 ^{*a}
		50%	1.2 ± 0.1 ^a	1.5 ± 0.4 ^a	1.0 ± 0.2 ^{*a}	1.5 ± 0.4 ^a	1.1 ± 0.45 ^a	5 ± 2 ^{*a}
		25%	2.8 ± 0.4 ^{*a}	2.7 ± 0.2 ^{*a}	0.9 ± 0.3 ^{*a}	1.1 ± 0.2 ^a	1.6 ± 0.4 ^a	1.6 ± 0.3 ^a
EAEC O104:H4	1.5 ± 0.2 ^a	75%	1.8 ± 0.4 ^a	1.3 ± 0.3 ^a	0.4 ± 0.2 ^{*a}	2 ± 0.4 ^{*b}	1.2 ± 0.2 ^a	2.3 ± 0.4 ^{*b}
		50%	2.7 ± 0.3 ^{*b}	1.0 ± 0.4 ^{*b}	0.5 ± 0.3 ^{*b}	1.4 ± 0.3 ^a	1.8 ± 0.3 ^b	1.5 ± 0.1 ^b
		25%	1.9 ± 0.3 ^{*b}	1.2 ± 0.3 ^b	0.8 ± 0.3 ^{*a}	2.2 ± 0.3 ^{*b}	2.3 ± 0.3 ^{*b}	1.4 ± 0.4 ^a
EAEC 042	2.2 ± 0.2 ^b	75%	1.3 ± 0.4 ^{*b}	1.3 ± 0.3 ^{*a}	0.4 ± 0.2 ^{*a}	0.8 ± 0.3 ^{*a}	0.8 ± 0.3 ^{*a}	2.1 ± 0.3 ^b
		50%	2.1 ± 0.5 ^c	1.5 ± 0.4 ^{*a}	0.6 ± 0.2 ^{*b}	1.7 ± 0.2 ^{*a}	0.4 ± 0.2 ^{*c}	2.6 ± 0.5 ^c
		25%	2.7 ± 0.1 ^a	1.5 ± 0.3 ^{*b}	1.0 ± 0.3 ^{*a}	2.4 ± 0.2 ^b	1.3 ± 0.4 ^{*a}	0.7 ± 0.1 ^{*b}

*Tratamientos cuyo BFI difiere con el control ($P \leq 0.05$). ±: Desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). La comparación se realizó entre la misma concentración subinhibitoria de la CMB con las cepas de *E. coli* analizadas por cada extracto o compuesto utilizado.

Tabla IV. Niveles de expresión de genes relacionados con la virulencia de cepas de *E. coli* después de la adición del 75% de la CMB de extractos o compuestos naturales.

Cepa	Gen blanco	Niveles de expresión de genes involucrados en procesos de virulencia					
		Orégano	Carvacrol	Hb	Brasilina	Citral	Rifaximina
EHEC O157:H7	<i>Stx2</i>	0.76 ± 0.1 ^a	0.5 ± 0.15 ^a	0.035 ± 0.01 ^a	1.3 ± 0.25 ^a	0.15 ± 0.08 ^a	0.5 ± 0.2 ^a
	<i>rpoS</i>	1.7 ± 0.2 ^a	1.3 ± 0.3 ^a	0.3 ± 0.1 ^a	1.9 ± 0.4 ^a	0.4 ± 0.2 ^a	1.6 ± 0.4 ^a
EAEC O104:H4	<i>Stx2</i>	0.4 ± 0.1 ^b	1.3 ± 0.1 ^b	0.01 ± 0.004 ^a	1.4 ± 0.3 ^a	0.3 ± 0.02 ^a	0.4 ± 0.1 ^a
	<i>aggR</i>	0.6 ± 0.2 ^a	1.4 ± 0.3 ^a	1.2 ± 0.2 ^a	1.2 ± 0.5 ^a	0.4 ± 0.2 ^a	1.8 ± 0.4 ^a
	<i>Pic</i>	0.7 ± 0.3 ^a	1.8 ± 0.5 ^a	1.5 ± 0.5 ^a	2.1 ± 0.6 ^a	0.4 ± 2 ^a	1.5 ± 0.6 ^a
	<i>rpoS</i>	1.7 ± 0.6 ^a	1.9 ± 0.5 ^b	0.9 ± 0.4 ^b	0.8 ± 0.3 ^b	0.6 ± 0.2 ^a	2 ± 0.3 ^a
EAEC 042	<i>aggR</i>	1.4 ± 0.5 ^a	1.1 ± 0.5 ^a	5.5 ± 1.3 ^b	1.4 ± 0.5 ^a	1.6 ± 0.5 ^b	5.3 ± 1 ^b
	<i>Pic</i>	0.2 ± 0.08 ^a	0.2 ± 0.03 ^b	0.5 ± 0.2 ^b	0.2 ± 0.07 ^b	0.03 ± 0.005 ^a	0.5 ± 0.2 ^b
	<i>rpoS</i>	0.4 ± 0.2 ^b	0.6 ± 0.2 ^c	0.7 ± 0.3 ^{ab}	0.8 ± 0.2 ^b	0.5 ± 0.3 ^a	0.6 ± 0.3 ^b

±: Desviación estándar. Letras diferentes indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Las comparaciones se llevaron entre el mismo gen de las cepas analizadas por cada extracto o compuesto utilizado.

Expresión de genes

Se analizó la influencia de los extractos o compuestos a una concentración equivalente a 75% de la CMB en la expresión de tres genes de virulencia y el factor *rpoS* en las cepas, encontrándose que el efecto fue cepa y compuesto dependiente y no siguieron un patrón consistente en las cepas EHEC O157:H7 y EAEC O104:H4. Solamente en el caso de la cepa EAEC042 se observó

un patrón constante en el que se disminuía la expresión de los genes *pic* y *rpoS*, y un incremento del regulador maestro *aggR* (tabla IV) en la mayoría de los tratamientos al compararse con el control. La expresión del gen *Stx2* en EHEC O157:H7 y EAEC O104:H4, disminuyó de 34% a 96%, al exponerse a los compuestos o extractos analizados. Sin embargo, la brasilina incrementó su expresión (entre 30 y 40%) en las dos cepas, en tanto que el carvacrol sólo lo hizo en la cepa EAEC O104:H4.

La mayoría de los extractos incrementaron la expresión del regulador maestro *aggR* en EAEC O104:H4, con excepción de orégano y citral que redujeron su expresión entre 40 y 60%. En el caso de la cepa EAEC 042, este gen se sobreexpresó de 10 a 550% con los extractos o compuestos agregados cuando se comparó con el control. El gen *pic*, presente en las cepas EAEC, se sobreexpresó entre 20 y 110% con todos los extractos o compuestos agregados en EAEC O104:H4, con excepción de orégano y citral que incrementaron la expresión del gen entre 30 y 60%. Por el otro lado, la expresión del gen *pic* se redujo entre 50 a 97% al agregar los tratamientos a la cepa EAEC 042.

La expresión de *rpoS* se incrementó en EHEC O157:H7 con orégano, carvacrol y rifaximina, pero se redujo por Hb y citral. La brasilina incrementó la expresión de este gen en EAEC O104:H4. De manera interesante, todos los extractos y compuestos redujeron la expresión (20 a 60%) de EAEC 042 cuando se comparó con el control (tabla IV).

DISCUSIÓN

Numerosas plantas comestibles y sus compuestos purificados han mostrado tener actividad antimicrobiana que puede deberse a mecanismos diversos, como la ruptura de la membrana celular, incremento en la permeabilidad membranal, disminución del pH intracelular, hiperpolarización de la membrana celular, disminución del nivel intracelular de ATP, etcétera (Sánchez *et al.*, 2010). Se ha determinado que el carvacrol tiene la capacidad de unirse al ADN (Nafisi *et al.*, 2004), sugiriendo que la formación de complejos de ADN puede ser un mecanismo para las interacciones antimicrobiano-ADN.

En este estudio, los compuestos aislados carvacrol y brasilina demostraron tener una mayor actividad bactericida en comparación con los extractos completos de orégano y Hb, respectivamente. Estas observaciones son consistentes con estudios previos que han señalado que el carvacrol presenta mayor efecto bactericida cuando se compara con extractos de orégano. Se piensa que la actividad antimicrobiana es debida a la interacción del compuesto con la bicapa lipídica de la membrana celular, provocando pérdida de la integridad y como consecuencia fuga del material celular (Nostro *et al.*, 2007).

Se ha reportado actividad antimicrobiana del citral contra *E. coli* (Somolinos *et al.*, 2009), y en este trabajo también se encontró que posee actividad contra cepas

patógenas de *E. coli*. En este estudio también confirmamos la actividad antimicrobiana de la rifaximina contra *E. coli*, tal como había sido reportado previamente (Hopkins *et al.*, 2014).

En este estudio, casi todos los tratamientos redujeron la movilidad tipo *swarming* en las cepas de *E. coli* analizadas, sin embargo, contrario a nuestras expectativas, el carvacrol la promovió en EHEC O157:H7 y EAEC 042, pero no en EAEC O104:H4. Entre las posibles causas de estos resultados están variaciones fisiológicas y morfológicas de los aislados y a la vez la acción de los diferentes antimicrobianos naturales. Estudios previos han señalado que el carvacrol puede reducir la movilidad de *Salmonella Typhimurium* (Van Alphen *et al.*, 2012). Además, está establecido que las células nadadoras tienen gran actividad metabólica y, como consecuencia, pudieran desplegar un fenotipo resistente contra antimicrobianos (Lai *et al.*, 2009). Más aún, se ha establecido que *B. cereus* tiene la capacidad de adaptarse a concentraciones subletales de carvacrol debido a variaciones en sus ácidos grasos, disminuyendo la fluidez de la membrana (Ultee *et al.*, 2000). Se ha reportado que el citral es capaz de causar daños subletales a células de *E. coli* (Somolinos *et al.*, 2009); sin embargo, las células se pueden recobrar mediante la síntesis de lípidos, requiriendo para esto grandes cantidades de energía que, en un momento dado, pudieran afectar el desarrollo de células híper flageladas, y como consecuencia, reducir la movilidad tipo *swarming*.

El efecto observado de los compuestos utilizados en la producción de biopelícula varió grandemente entre las cepas y los compuestos probados. Villegas *et al.* (2015) han reportado que la rifaximina a concentraciones de 0.032mg/ml y 32 mg/ml disminuyeron la formación de biopelícula en algunas cepas STEC. En nuestro estudio, la concentración más baja de rifaximina que utilizamos (25% de la CMB) fue capaz de provocar una reducción de la biopelícula en la cepa EAEC042. Sin embargo, a 75% de la CMB, contrario a lo esperado, promovió su desarrollo en EHEC O157:H7 y EAEC O104:H4, dando muestras de las diferencias entre serotipos.

A bajas concentraciones (25% de la CMB) de orégano, carvacrol, brasilina y citral se produjo un incremento en la formación de biopelícula en EHEC O157:H7 y EAEC O104:H4. Previamente se ha reportado que a concentraciones subletales de antibióticos se puede inducir la formación de biopelícula en algunas bacterias. Esto se debe a una respuesta de protección que inducen alteraciones a nivel del monofosfato cíclico de diguanosina (Hoffman *et al.*, 2005).

Es de suma importancia indicar que la mayoría de los compuestos analizados en este estudio disminuyeron la expresión del gen Stx2 en EHEC O157:H7 y EAEC O104:H4. Estos compuestos se suman a la rifaximina que disminuye la inducción de Stx2 y ha sido usada para el tratamiento de brotes de enfermedad (Bielaszewska *et al.* 2012).

Los productos codificados por el gen rpoS pueden funcionar como represores de la movilidad tipo swarming en *Serratia* sp. (Wilf y Salmond, 2012), por lo que en este trabajo examinamos si existía una relación entre la expresión de rpoS, movilidad tipo swarming y formación de biopelícula por efecto de los compuestos utilizados. Para el caso de EHECO157:H7, la expresión de rpoS se incrementó por la mayoría de los compuestos analizados, con excepción de Hb y citral, sin embargo, la movilidad se redujo con la mayoría de los compuestos, menos con carvacrol; por lo que el incremento en la expresión de rpoS no se correlacionó con la disminución de swarming. De manera similar, la formación de biopelícula se redujo con Hb, brasilina y citral, pero incrementó con rifaximina, por lo que no existió una relación entre los compuestos analizados, la expresión de rpoS y la formación de biopelícula.

Cuando estudiamos la cepa EAEC O104:H4, la expresión de rpoS se incrementó por orégano, carvacrol y rifaximina, pero se redujo al añadir Hb y brasilina. Más aún, la movilidad tipo swarming se redujo en todos los tratamientos, pero la producción de biopelícula sólo se disminuyó con Hb y se incrementó con rifaximina. La expresión de rpoS se redujo con todos los tratamientos en EAEC 042, en tanto que la biopelícula se redujo o no se afectó y la movilidad tipo swarming disminuyó con todos los tratamientos menos carvacrol. Con base en lo anterior, no existió una relación clara entre la expresión del gen rpoS y los parámetros analizados en este estudio en las cepas EAEC analizadas.

Una observación interesante en este estudio fue que en EAEC O104:H4 los niveles de expresión de pic y rpoS fueron variables, mientras que en la cepa EAEC 042, la expresión de ambos genes fue suprimida al agregar los compuestos o extractos analizados. Esta observación indica que, aunque ambas son cepas pertenecientes al patotipo enteroagregativo (EAEC), existen diferencias en su regulación génica, sugiriendo que la respuesta mostrada a los antimicrobianos, además de ser dependientes del compuesto, lo es de las variaciones entre las cepas. Adicionalmente, se demostró que existen grandes variaciones en la expresión de genes cuando se utilizaron extractos crudos y sus compuestos mayoritarios. Estas diferencias pueden deberse a la pre-

sencia de compuestos no identificados en los extractos crudos que pueden modificar su actividad (Ávila-Sosa *et al.*, 2010).

REFERENCIAS

Ávila-Sosa, R., *et al.* (2010). Extracts of Mexican oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) with antioxidant and antimicrobial activity. *Food Bioprocess Technol.* 3, 434-440.

Bielaszewska, M., *et al.* (2012). Effects of antibiotics on Shiga toxin 2 production and bacteriophage induction by epidemic *Escherichia coli* O104:H4 strain. *Antimicrob. Ag. Chemother.* 56, 3277-3282.

Boisen, N., *et al.* (2014). The Presence of the pAA plasmid in the German O104:H4 Shiga toxin type 2a (Stx2a)-producing Enteroaggregative *Escherichia coli* strain promotes the translocation of Stx2a across an epithelial cell monolayer. *J. Infect. Dis.* 210, 1909-1919.

Fouladkhah, A., *et al.* (2013). Biofilm formation of O157 and non-O157 shiga toxin-producing *Escherichia coli* and multidrug-resistant and susceptible *Salmonella Typhimurium* and Newport and their inactivation by sanitizers. *J. Food Sci.* 78, 880-886.

García-Heredia, A., *et al.* (2013). Efficacy of citrus-based disinfectants to inhibit growth, swarming, and biofilm formation of *Salmonella* and decontaminate parsley. *J. Food Agri. Environ.* 11, 1295-1299.

García-Heredia, A., *et al.* (2016). Natural plant products inhibits growth and alters the swarming motility, biofilm formation, unexpression of virulence genes in enteroaggregative and entero hemorrhagic *Escherichia coli*. *Food Microbiology.* 59:124-132

Guy, L., *et al.* (2013). Adaptive mutations and replacements of virulence traits in the *Escherichia coli* O104:H4 outbreak population. *PLoS ONE.* 8, e63027.

Heredia, N., *et al.* (2005). Extracts of Haematoxylon brasiletto inhibit growth, verotoxin production, and adhesion of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 to HeLa cells. *J. Food Prot.*, 68, 1346-1351.

Hoffman, L.R., *et al.* (2005). Aminoglycoside antibiotics induce bacterial biofilm formation. *Nature.* 436, 1171-1175.

- Hopkins, K.L., *et al.* (2014). *In vitro* activity of rifaximin against clinical isolates of *Escherichia coli* and other enteropathogenic bacteria isolated from travelers returning to the UK. *Int. J. Antimicrob. Ag.* 43, 431-437.
- Kim, S.Y., *et al.* (2011). Antimicrobial activity of plant extracts against *Salmonella Typhimurium*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Listeria monocytogenes* on fresh lettuce. *J. Food Science.* 76, 41-46.
- Lai, S., *et al.* (2009). Swarming motility: a multicellular behaviour conferring antimicrobial resistance. *Environm. Microbiol.* 11, 126-136.
- Law, D. (2000). Virulence factors of *Escherichia coli* O157:H7 and other Shiga toxin-producing *E. coli*. *J. App. Microbiol.* 88, 729-745.
- Liu, Y., *et al.* (2010). Quantification of viable but non-culturable *Escherichia coli* O157:H7 by targeting the rpoS. *Anal. Chem.* 82, 2612-2615.
- Melton-Celsa, A.R. (2014). Shiga toxin (Stx) classification, structure, and function. *Microbiol. Spectrum.* 2, 37-53.
- Nafisi, S., *et al.* (2004). Thymol and carvacrol binding to DNA: model for drug-DNA interaction. *Biopolymers.* 74, 345-351.
- Nostro, A., *et al.* (2007). Effects of oregano, carvacrol and thymol on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis* biofilms. *J. Med. Microbiol.* 56, 519-523.
- Orue, N., *et al.* (2013). Decontamination of *Salmonella*, *Shigella* and *Escherichia coli* O157:H7 from leafy green vegetables using edible plant extracts. *J. Food Sci.* 78, 290-296.
- Quintanilla-Licea, R., *et al.* (2014). Antiprotozoal Activity against *Entamoeba histolytica* of plants used in Northeast Mexican traditional medicine. Bioactive compounds from *Lippia graveolens* and *Ruta chalepensis*. *Molecules.* 19, 21044-21065.
- Rivero-Cruz, J.F. (2008). Antimicrobial compounds isolated from *Haematoxylon brasiletto*. *J. Ethnopharmacol.* 119, 99-103.
- Sánchez, E., *et al.* (2010). Extracts of edible and medicinal plants damage membranes of *Vibrio cholerae*. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 6888-6894.
- Somolinos, M., *et al.* (2009). Inactivation of *Escherichia coli* by citral. *J. Appl. Microbiol.* 108, 1928-1939.
- Ultee, A., *et al.* (2000). Adaptations of the food-borne pathogen *Bacillus cereus* to carvacrol. *Arch Microbiol.* 174, 233-238.
- Van Alphen, *et al.* (2012). The natural antimicrobial carvacrol inhibits *Campylobacter jejuni* motility and infection of epithelial cells. *PLoS ONE*, 7, e45343.
- Villegas, N.A., *et al.* (2015). Effect of antibiotics on cellular stress generated in Shiga toxin-producing *Escherichia coli* O157:H7 and non-O157 biofilms. *Toxicol. in Vitro.* 29, 1692-1700.
- Wilf, N.M., y Salmond, G.P.C. (2012). The stationary phase sigma factor, RpoS, regulates the production of a carbapenem antibiotic, a bioactive prodigiosin and virulence in the enterobacterial pathogen *Serratia* sp. ATCC 39006. *Microbiol.* 158, 648-658.
- Yadav, M.K., *et al.* (2015). Eugenol: A phyto-compound effective against methicillin-resistant and methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus* clinical strain biofilms. *PLoS ONE*, 10, e0119564.

Recibido: 8 de septiembre de 2017

Aceptado: 13 de octubre de 2017



Una metaheurística con reencadenamiento de trayectorias para optimizar planes territoriales

Roger Z. Ríos Mercado*, Hugo Jair Escalante Balderas**

RESUMEN

Dado un conjunto de unidades geográficas con información conocida de número de clientes, demanda de producto, carga de trabajo y localización espacial, el problema bajo estudio consiste en encontrar una división o partición de las mismas en conjuntos (denominados territorios o distritos) que minimicen una medida de dispersión territorial y que cumplan con requerimientos importantes como conectividad territorial y balance territorial con respecto al número de clientes, demanda de producto y carga de trabajo. El presente trabajo propone una metodología heurística para la solución de este problema, la cual integra varios componentes, como un método voraz-adaptativo, una búsqueda local y un componente de mejora basado en reencadenamiento de trayectorias. Todos estos componentes explotan inteligentemente la estructura matemática del problema. La evidencia empírica sobre un conjunto de instancias de prueba revela el impacto positivo de cada uno de los componentes desarrollados en términos de calidad de la solución y tiempo de ejecución.

Palabras clave: investigación de operaciones, optimización combinatoria, diseño de territorios comerciales, localización discreta; metaheurísticas.4.

El problema de diseño territorial (TDP por sus siglas en inglés, *Territory Design Problem*) puede definirse como el problema de agrupar pequeñas unidades básicas geográficas (BUs) en grupos más grandes denominados territorios o distritos, de tal forma que éstos son aceptables (u óptimos) de acuerdo a ciertos criterios de planificación (Kalcsics, Nickel y Schröder, 2005). El campo de diseño territorial o distriteo tiene un amplio rango de aplicaciones, como el diseño de distritos electorales, diseño de territorios de ventas, diseño de distritos escolares, diseño de distritos para servicios públicos y diseño de territorios comerciales, por nombrar los más relevantes.

ABSTRACT

Given a set of geographical units with the information known from a number of clientes, product requests, workload and spatial location; the problem of this study consist in finding a division or partition from the same ground in assemblies (called districts or areas) that minimize a measure of territorial dispersion to fulfill with the important requirements such as territorial connectivity and territorial balance with respect to the number of clientes, product requests and workload. This current work proposes a heuristic methodology to fix this problem which involve several components, as an adaptive selection method, a local research and an upgrade component based on relinking trajectories. All of these components intelligently exploit the problem's mathematical structure. The empiric evidence about an assembly of probationary request reveals a positive impact of each of the components developed in terms of quality of the solution and execution time.

Keywords: Operations research, combinatorial optimization, comercial area designs, discreet location; heuristics.

El problema estudiado en este trabajo es un problema de diseño de territorios comerciales (CTDP, por sus siglas en inglés) motivado por una aplicación real proveniente de la industria de bebidas embotelladas. El problema, introducido por Ríos-Mercado y Fernández (2009), consiste en encontrar un diseño de p territorios de mínima dispersión sujeto a requerimientos de planificación como conectividad territorial, asignación única de BUs a territorios y balance territorial con respecto a tres atributos asociados con las BUs: número de pun-

* Universidad Autónoma de Nuevo León.

** Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica.
roger.rios@uanl.edu.mx

tos de venta, demanda del producto y carga de trabajo. Brevemente, el requerimiento de conectividad territorial implica que en cada territorio las BUs deben estar conectadas de tal forma que exista una ruta entre ellas contenida totalmente en el territorio. El requerimiento de asignación única de BUs a territorios implica que cada BU debe ser asignada única y exclusivamente a un solo territorio, garantizando una partición correcta. El requerimiento de balance territorial significa que cada territorio debe tener, en su totalidad, un valor muy parecido del atributo medible en cada BU.

Un criterio de marcada importancia en TDPs es la compacidad territorial. Típicamente, esto se logra mediante la minimización de una función métrica de dispersión territorial. Se han estudiado algunos modelos basados en funciones de dispersión provenientes de los conocidos modelos de localización de p -centro (Elizondo-Amaya, Ríos-Mercado y Díaz, 2014; Ríos-Mercado y Fernández, 2009; Salazar-Aguilar, Ríos-Mercado y Cabrera-Ríos, 2011) y p -mediana (Ríos-Mercado y López-Pérez, 2013; Salazar-Aguilar, Ríos-Mercado y Cabrera-Ríos, 2011; Salazar-Aguilar *et al.*, 2012). Estas funciones de dispersión están basadas en centros territoriales, es decir, la dispersión se mide con distancias euclídeas de las BUs al centro o centroide de su territorio. Este tipo de funciones basadas en centroides dependen fuertemente de la ubicación de los mismos. Si los centroides no están ubicados apropiadamente, el diseño territorial resultante puede causar un serio deterioro en la función objetivo. Además, en problemas de localización, los centroides representan un ente o instalación física que provee algún tipo de servicio; sin embargo, en CDTP, los centroides se ubican artificialmente, ya que en realidad no existe ningún servidor que se ubique en dicho centroide, es simplemente un recurso para tener un punto de referencia y poder calcular la medida de dispersión.

Estas limitaciones de los modelos existentes motivan a estudiar otro tipo de métricas de dispersión territorial. Por ejemplo, una medida es el diámetro que mide la distancia más grande entre dos BUs en un territorio. Esta métrica es una función más robusta, ya que no depende de la ubicación de ningún centroide, proveyendo una mayor flexibilidad. Inclusive, otra gran ventaja puede verse desde la perspectiva del desarrollo de algoritmos de solución. Los métodos heurísticos para intentar resolver TDPs bajo funciones de dispersión basadas en centroides tienen que llevar a cabo constantemente procedimientos de actualización y recálculo de centroides, ya que éstos se mueven cada vez que un territorio sufre un cambio. Estas tareas de actualización y recálculo, bastante pesadas computacionalmente

hablando, pueden evitarse si se usan otras métricas no basadas en centroides como el diámetro, por ejemplo. En este trabajo de investigación nos enfocamos en el estudio de un problema de diseño territorial comercial que busca minimizar la dispersión territorial basado en una función tipo diámetro, totalmente independiente de los centroides territoriales. Hasta donde tenemos conocimiento, este problema, tal cual, no ha sido estudiado en la bibliografía.

Como la meta es poder resolver instancias de gran escala, se propone e implementa un método de solución metaheurística conformado por un procedimiento de búsqueda ávida aleatoria adaptativa (GRASP, por sus siglas en inglés, *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure*) con reencadenamiento de trayectorias (PR, por sus siglas en inglés, *Path Relinking*). Denotamos a nuestro algoritmo como GPR-CTDP. En el componente constructivo de GRASP, hemos propuesto y desarrollado un procedimiento que construye exactamente p territorios de forma simultánea, es decir, el algoritmo empieza sembrando temporalmente p nodos (BUs) como semillas y posteriormente, de forma iterativa, va asignando el resto de las BUs a estas semillas hasta que todas las BUs han sido asignadas. Además, se han propuesto y desarrollado dos estrategias de reencadenamiento de trayectorias: una estática y otra dinámica, motivados por el trabajo de Resende *et al.* (2010).

En nuestro trabajo de investigación, estas estrategias de PR dependen de encontrar una “ruta” entre dos diferentes soluciones de diseño territorial. Para este propósito se plantea y resuelve un subproblema de asignación asociado para encontrar el mejor apareamiento entre los centroides territoriales de ambos diseños. La solución a este subproblema provee una manera bastante elegante y eficiente de generar la trayectoria entre estos dos diseños dados. Esta idea es novel en la bibliografía de diseño territorial, convirtiéndose en otra contribución científica importante del trabajo.

Para evaluar la eficiencia del algoritmo propuesto, cada uno de sus componentes y estrategias son extensivamente probados en una amplia base de datos de instancias del problema, lo cual demuestra la gran calidad y aporte de cada uno de los componentes, lo cual resulta en un algoritmo bastante potente, eficiente y robusto que aporta soluciones a instancias bastante grandes del problema en tiempos de cómputo razonablemente pequeños.

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Sea $G = (V, E)$ un grafo donde V es el conjunto de manzanas o unidades básicas (BUs) y E es el conjunto de aristas representando adyacencia entre manzanas, es decir $(i, j) \in E$ si y sólo si BUs i y j son manzanas adyacentes. Sea d_{ij} la distancia euclídea entre BUs i y j , con $i, j \in V$. Para cada BU $i \in V$ hay tres parámetros o atributos asociados. Sea w_i^a el valor del atributo a en el nodo i , donde $a = 1, 2$ y 3 , representa el número de clientes, demanda de producto y carga de trabajo, respectivamente. El número de territorios es conocido y dado por el parámetro p . Una p -partición de V se denota por $X = (X_1, \dots, X_p)$, donde $X_k \subset V$ es un territorio de V . Sea $w^a(X_k) = \sum_{j \in X_k} w_j^a$ el tamaño del territorio X_k con respecto a la actividad $a \in A = \{1, 2, 3\}$ y $k \in K = \{1, \dots, p\}$. Las restricciones de balance territorial se modelan mediante la introducción de un parámetro de tolerancia τ^a que mide la desviación relativa permitida de una meta promedio μ^a , dada por $\mu^a = w^a(V)/p$, para cada $a \in A$. Otro requerimiento es que todos los nodos asignados a un territorio están conectados por una ruta contenida totalmente en el territorio. Finalmente, se persigue minimizar la dispersión territorial. Sea Π la colección de todas las p -particiones de V . El modelo de optimización combinatoria (CTDP) está dado por:

$$\min_{X \in \Pi} f(X) = \max_{k \in K} \max_{i, j \in X_k} \{d_{ij}\} \quad (1)$$

sujeta a:

$$w^a(X_k)/\mu^a \in [1 - \tau^a, 1 + \tau^a] \quad k \in K, a \in A \quad (2)$$

$$G_k = G(V_k, E(V_k)) \text{ es conexo} \quad k \in K \quad (3)$$

El objetivo (1) mide la dispersión territorial. Las restricciones (2) representan el balance territorial con respecto a cada atributo. Las restricciones (3) garantizan la conectividad territorial, donde G_k es el grafo inducido en G por el conjunto de nodos X_k . Nótese que hay un número exponencial de estas restricciones. El CTDP es NP-duro (Ríos-Mercado y Fernández, 2009).

DESCRIPCIÓN DE LA HEURÍSTICA

Como se indicó en la sección anterior, todos los métodos existentes desarrollados para la distribución comercial no son aplicables en este caso, dada la naturaleza de la función objetivo que se optimiza. Es necesario desarrollar software específico.

En esta sección se presenta GPR-CTDP, una heurística GRASP con reencadenamiento de trayectorias para el problema en cuestión. GRASP es una metaheurística

bien conocida basada en mecanismos de búsqueda ávida y construcción aleatorizada (Feo y Resende, 1995) que se ha utilizado con éxito para muchos problemas de optimización combinatoria, incluyendo CTDP (Ríos-Mercado y Fernández, 2009). Proponemos un GRASP mejorado con reencaminamiento de trayectorias. Naturalmente, se espera que la incorporación de un mecanismo de búsqueda sofisticado como PR proporcione soluciones de mucho mejor calidad que las obtenidas mediante la simple búsqueda local. La heurística comprende un nuevo procedimiento de construcción y un mecanismo de PR muy eficaz. El procedimiento de construcción maneja inteligentemente una estrategia para construir territorios simultáneamente, mientras que el PR nos permite obtener soluciones de mucho mejor calidad que las obtenidas con la búsqueda local simple. El detalle de los componentes de la heurística pueden encontrarse en Ríos-Mercado y Escalante (2016).

Reencadenamiento de trayectorias

El reencadenamiento de trayectorias fue originalmente propuesto por Glover y sus colegas como una forma de incorporar estrategias de intensificación y diversificación en la búsqueda tabú (Glover, 1996). PR consiste en explorar la trayectoria de las soluciones intermedias entre dos soluciones seleccionadas llamadas X^S y X^T con la hipótesis de que algunas de las soluciones intermedias pueden ser mejores que X^S y X^T (intensificación) o comparables, pero suficientemente diferentes de X^S y X^T (diversificación). Las soluciones intermedias se generan realizando movimientos desde la solución inicial X^S hasta la solución guía X^T , de tal manera que estos movimientos introducen atributos que están presentes en la solución guía X^T .

En el contexto de GRASP, PR puede ser considerado como una forma de introducir la memoria en el proceso de búsqueda. Hasta donde sabemos, el PR no se ha utilizado en el contexto del diseño de territorios. En este trabajo se consideran dos variantes de PR hacia adelante-y-hacia atrás, llamadas estática y dinámica, que han demostrado ser muy efectivas en problemas relacionados (Resende *et al.*, 2010).

Las denominadas estrategias de PR hacia adelante-y-hacia atrás exploran las rutas entre X^S y X^T de dos maneras diferentes (es decir, de X^S y X^T y viceversa). El principal beneficio de estas estrategias es que se pueden generar más y diferentes soluciones, aunque se ha encontrado que hay poca ganancia sobre las estrategias unidireccionales (Ribeiro, Uchoa y Werneck, 2002).

Esto puede deberse a la codicia de los métodos de PR habituales, los cuales evalúan todas las posibles soluciones que se pueden generar al hacer un movimiento desde una solución inicial y elegir el movimiento que da como resultado la mejor solución intermedia. Por lo tanto, estos métodos exploran un gran número de soluciones y, por ende, el PR hacia adelante no ayuda a mejorar la calidad de las soluciones. En este trabajo seleccionamos movimientos de tal manera que se evalúa un solo movimiento para generar soluciones intermedias. Esta forma de PR es más eficiente a expensas de sacrificar un poco el beneficio de estrategias ávidas. Los detalles de la implementación pueden encontrarse en Ríos-Mercado y Escalante (2016).

RESULTADOS COMPUTACIONALES

En esta sección se presentan los resultados experimentales obtenidos con GPR-CTDP. El método propuesto

fue implementado en MATLAB®. Todos los experimentos se ejecutaron en una estación de trabajo de 64 bits con un procesador Corei7 a 3.4 GHz y 8 GB en RAM. Para los experimentos utilizamos la base de datos de Ríos-Mercado y Fernández (2009). Se trata de instancias generadas aleatoriamente basadas en datos de instancias reales. Los conjuntos de datos DS y DT se consideran para la experimentación. El primer conjunto genera los pesos de las BUs a partir de una distribución uniforme y el segundo utiliza una distribución triangular. Estos conjuntos de datos se describen completamente en Ríos-Mercado y Fernández (2009). Para cada uno de los conjuntos de datos DS y DT hay 20 instancias diferentes de tamaño $n = 500$ y $p = 10$. Para todas las instancias de los conjuntos de datos usamos un nivel $\tau^a = 0.05$, $a \in A$. A lo largo de la evaluación, el GRASP se ejecuta con $i_{\max} = 500$. Basado en la experimentación preliminar para calibrar los parámetros algorítmicos de GPR-CTDP, se utilizan los valores reportados en la tabla I.

Tabla I. Resumen de valores usados en los parámetros algorítmicos de GPR-CTDP.

Parámetro	Valor	Descripción
δ	0.5	Fracción de Bus asignados con criterio de distancia.
κ	3	Número de vecinos considerados para crecer un territorio.
λ	0.7	Parámetro de peso en la función de mérito.
α	0.3	Umbral de calidad de la RCL de GRASP.
<i>Limit-evals</i>	1,000	Máximo número de evaluaciones de la función de mérito en la búsqueda local.
b	20	Número de soluciones en el conjunto élite B .
θ	0.6	Umbral de distancia en PR.
i_{\max}	500	Número global de iteraciones de GPR-CTDP.

Evaluación de los procedimientos de construcción y búsqueda local dentro del marco de GRASP

En esta sección se presentan los resultados de los experimentos diseñados para evaluar el efecto de los procedimientos de construcción y búsqueda local. Para ello se aplica la fase de construcción dentro de un marco GRASP, es decir, no se aplica ninguna fase PR en este experimento. Primero aplicamos el GRASP sólo con fase de construcción y luego aplicamos el GRASP completo con fases de construcción y búsqueda local

(no PR). Para cada ejecución probamos los dos conjuntos de datos DT y DS.

La tabla II resume el desempeño de los procedimientos de construcción y búsqueda local en todas las instancias de los conjuntos de datos DT y DS. Para el término de dispersión (función objetivo) $F(S)$, se muestra la desviación relativa entre la solución obtenida con cada procedimiento y la mejor solución conocida para cada instancia, $RDB = (F(S) - F(S_{\text{best}}))/F(S_{\text{best}})$. La columna etiquetada como “búsqueda local” indica que ambas fases (construcción y búsqueda local) son aplicadas. El término $G(S)$ representa el grado de infactibi-

liad, es decir, mide qué tanto la solución S se desvía de las restricciones de balance. Un valor $G(S)=0$ significa que no hay violación a las restricciones, es decir, es factible. De esta tabla podemos apreciar que el promedio de la suma de las infactibilidades relativas se mantiene bajo en el procedimiento de construcción para ambos

conjuntos de datos. El procedimiento propuesto es capaz de obtener soluciones aceptables en términos del grado de satisfacción de las restricciones de balance a pesar de que parte del procedimiento de construcción se basa en un criterio puramente de distancia.

Tabla II. Evaluación de los procedimientos de construcción y búsqueda local de GPR-CTDP.

Conjunto de datos		DT		DS	
Medida / Mecanismo		Construcción	Búsqueda local	Construcción	Búsqueda local
RDB	Mejor	5.81%	0.00%	0.00%	0.00%
	Promedio	34.12%	1.51%	20.91%	14.51%
	Peor	81.45%	6.04%	58.28%	56.76%
$G(S)$	Mejor	$0.00E + 00$	$0.00E + 00$	$2.60E - 01$	$0.00E + 00$
	Promedio	$2.37E - 02$	$0.00E + 00$	$3.61E - 01$	$3.01E - 04$
	Peor	$7.06E - 02$	$0.00E + 00$	$5.24E - 01$	$3.55E - 03$

Después de aplicar la búsqueda local a las soluciones construidas, la medida de dispersión $F(S)$ se mejora ya que muestra una reducción importante en la desviación relativa con respecto al mejor valor de dispersión. En el caso del conjunto de datos DT, las soluciones obtenidas con búsqueda local están muy próximas a las mejores en términos de dispersión (desviación media de 1.51%), mientras que para el DS hay mucho más margen de mejora (desviación media de 14.51%). Para el conjunto de datos DT, la función objetivo se mejora en promedio en 32.61%, mientras que para el conjunto de datos DS la mejora es de 6.4%. Éstas son diferencias bastante importantes que evidencian la eficacia del mecanismo de búsqueda local propuesto. Es muy importante destacar que la dispersión se mejora al reducir también considerablemente $G(S)$.

GRASP VS. GPR-CTDP

En esta sección se presentan los resultados experimentales de las mejoras de las estrategias de PR sobre la implementación directa de GRASP. La tabla III muestra el rendimiento de GPR-CTDP tanto en la estrategia estática (columnas GPR-ST) como dinámica (columnas GPR-DY) para los conjuntos de datos DT y DS. En la tabla, se compara el rendimiento de GPR-CTDP cuando se utiliza PR y cuando sólo se usa GRASP sin PR. Se muestra la desviación relativa entre la mejor solución obtenida con cada método y la mejor solución conocida para cada caso.

Tabla III. Evaluación de GPR-CTDP con PR estático y dinámico.

Conjunto de datos		DT			DS		
Medida		GRASP	GPR-ST	GPR-DY	GRASP	GPR-ST	GPR-DY
RDB	Mejor	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	Promedio	1.51%	0.51%	1.27%	14.51%	0.76%	13.92%
	Peor	6.04%	3.09%	3.91%	56.76%	11.44%	56.76%
$G(S)$	Mejor	$0.00E + 00$					
	Promedio	$0.00E + 00$	$0.00E + 00$	$0.00E + 00$	$3.01E - 04$	$2.53E - 04$	$2.84E - 04$
	Peor	$0.00E + 00$	$0.00E + 00$	$0.00E + 00$	$3.55E - 03$	$5.07E - 04$	$3.55E - 03$

Como podemos ver, para el conjunto DT, las mejoras obtenidas con PR sobre la búsqueda local son relativamente pequeñas mas no despreciables. Creemos que este resultado puede ser debido al hecho de que nos estamos acercando al óptimo global para este conjunto de datos y puesto que el procedimiento de búsqueda

local proporciona soluciones muy competitivas por sí mismo, las mejoras debidas a PR son muy pequeñas. Sin embargo, es importante enfatizar que todas las soluciones encontradas con GRASP y GPR-CTDP son factibles para este conjunto de datos. Para DT la estrategia de PR estática superó la dinámica por menos de

1% en términos de la función objetivo. Para el conjunto DS, las mejoras debidas a PR son mayores. De nuevo, GPR-CTDP con PR estático supera los resultados de la búsqueda local en un promedio de cerca de 13% en términos de la función objetivo, mientras que la estrategia dinámica supera la búsqueda local en menos de 1%. La variante estática de PR consigue importantes mejoras en términos del objetivo de dispersión ($F(S)$), al tiempo que reduce el término de infactibilidad.

CONCLUSIONES

En este trabajo de hemos introducido un nuevo modelo para el CTDP, el cual usa una función de dispersión basada en el diámetro en lugar de las tradicionales métricas basadas en centroides. Se diseñó un novel procedimiento constructivo tipo GRASP y se aportaron dos variantes de PR (estática y dinámica). Todos los componentes de la metaheurística fueron ampliamente evaluados en instancias del problema de 5000 BUs. Cabe destacar que los métodos exactos apenas resuelven problemas de 50-80 BUs.

Los resultados experimentales mostraron que el procedimiento constructivo propuesto es capaz de generar soluciones de muy buena calidad. También se observó que la búsqueda local de GPR-CTDP mejora notablemente las soluciones construidas en términos de su calidad (función de dispersión) y del balance territorial. Los resultados también indicaron que ambas estrategias de PR ayudaron en forma impactante a mejorar aún más la calidad de las soluciones obtenidas con el procedimiento constructivo y la búsqueda local, confirmando el excelente desempeño de la combinación GRASP-PR. En particular, se observó que mejores soluciones se obtienen con la versión estática de PR.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el Conacyt (apoyos CB-2005-01/48499-Y, CB- 2011-01/166397 y CB-241306), UANL-Paicyt (apoyos CE012-09, IT511-10 y CE728-11) y Promep (apoyo 103.5/11/4330).

REFERENCIAS

Elizondo-Amaya, M.G., Ríos-Mercado, R.Z., y Díaz, J.A. (2014). A dual bounding scheme for a territory design problem. *Annals of Operations Research*, 44:193-205.

Feo, T.A. y Resende, M.G.C. (1995). Greedy randomized adaptive search procedures. *J. of Global Optimization*, 6(2):109-133.

Glover, F. (1996). Tabu search and adaptive memory programming-Advances, applications, and challenges. En R.S. Barr, R.V. Helgason y J.L. Kennington (editors), *Interfaces in Computer Science and Operations Research*, capítulo 1, pp. 1-75. Kluwer, Dordrecht, Holanda.

Kalcsics, J., Nickel, S., y Schröder, M. (2005). Towards a unified territorial design approach: Applications, algorithms, and GIS integration. *TOP*, 13(1):1-56.

Resende, M.G.C., et al. (2010). GRASP and path relinking for the max-min diversity problem. *Computers & Operations Research*, 37(3):498-508.

Ribeiro, C.C., Uchoa, E., y Werneck, R.F. (2002). A hybrid GRASP with perturbations for the Steiner problem in graphs. *INFORMS J. on Computing*, 14(3):228-246.

Ríos-Mercado, R.Z., y Escalante, H.J. (2016). GRASP with path relinking for commercial districting. *Expert Systems with Applications*, 44:102-113.

Ríos-Mercado, R.Z., y Fernández, E. (2009). A reactive GRASP for a commercial territory design problem with multiple balancing requirements. *Computers & Operations Research*, 36(3):755-776.

Ríos-Mercado, R.Z., y López-Pérez, J.F. (2013). Commercial territory design planning with realignment and disjoint assignment requirements. *Omega*, 41(3):525-535.

Salazar-Aguilar, M.A., Ríos-Mercado, R.Z., y Cabre-ra-Ríos, M. (2011). New models for commercial territory design. *Networks & Spatial Economics*, 11(3):487-507.

Salazar-Aguilar, M.A., et al. (2012). Multiobjective scatter search for a commercial territory design problem. *Annals of Operations Research*, 199(1):343-360.

Recibido: 8 de septiembre de 2017

Aceptado: 13 de octubre de 2017



SAM disminuye la replicación de VHC mediante regulación de procesos celulares

Sonia Amelia Lozano Sepúlveda*, Paula Cordero Pérez**,
Linda Muñoz Espinosa**, Ana María Rivas Estilla*

RESUMEN

El agente etiológico de la hepatitis C crónica es el VHC, el cual es un virus que desencadena estrés oxidativo celular; sin embargo, el mecanismo involucrado es desconocido. En este trabajo se encontró que s-adenosil metionina (SAM) inhibe la replicación del VHC a nivel transcripcional y traduccional a una dosis de 1mM durante 24-72 h. Se demostró que SAM es capaz de modular negativamente la actividad de quimotripsina del proteasoma y el efecto se potencia al combinar un inhibidor del proteasoma (MG132) con SAM. Además, la adición de SAM estimula la biosíntesis de GSH en el contexto de la infección por VHC.

Palabras clave: VHC, SAM, GSH, proteasoma, Estrés oxidativo.

La hepatitis C es una de las enfermedades infecciosas de gran importancia médica a nivel mundial, por el significativo número de personas infectadas (~200 millones de individuos) en el mundo (WHO, 2015). En México, la hepatitis C figura dentro de las principales causas de cirrosis hepática (Valdespino *et al.*, 2007). El VHC es el agente causal de la hepatitis C y se encuentra clasificado dentro del género Hepacivirus en la familia *Flaviviridae*. El genoma del VHC consiste de una cadena sencilla de RNA de polaridad positiva y que codifica para una poliproteína que contiene las proteínas estructurales, las cuales forman la partícula viral; la proteína del core y las glicoproteínas de la envoltura E1 y E2. Las proteínas no estructurales incluyen el canal iónico P7, la proteasa NS2-3, la serin proteasa NS3 y la RNA helicasa, el polipéptido NS4A, las proteínas NS4B y NS5A; y la NS5B, que corresponde a la polimerasa dependiente de RNA (Lindenbach y Rice, 2005).

ABSTRACT

The etiological agent of chronic hepatitis C is the VHC which is a virus that trigger the cellular oxidative stress; however, the mechanism involved is yet unknown. This current work found that S-adenosyl methionine (SAM) inhibit the replication of VHC in a transcriptional and translational to a dose of 1mM during 24-72 h. It was demonstrated that SAM is able to negatively adjust the activity of chymotrypsin from the proteasome and the effect is capable to combine a proteasome inhibitor (MG132) with SAM. Moreover, the addition of SAM stimulate the biosynthesis of GSH in context with the VHC infection.

Keywords: VHC, SAM, GSH, Proteasome, Oxidative Stress.

Actualmente, el tratamiento para Hepatitis C consiste en la combinación de agentes antivirales de acción directa, como sofosbuvir (FDA, 2013), ledipasvir, daclatasvir (USFDA, 2015), asunaprevir, paritaprevir, ombitasvir, dasabuvir, elbasvir y grazoprevir (Tamori, Enomoto y Kawada, 2016; EASL, 2015). Estos nuevos esquemas confieren una respuesta viral sostenida mayor a 95% en la mayoría de los genotipos, incluido el genotipo 1, que es el más prevalente en México.

Uno de los retos, una vez que se elimine al virus con el uso de los nuevos antivirales, es tratar la enfermedad hepática remanente, ya que los antivirales sólo están dirigidos para bloquear la replicación viral. Una terapia ideal contra la hepatitis C crónica involucra el tratamiento con antivirales de acción directa y un agente antifibrótico, lo cual será uno de los retos en los próximos años (Arif, Levine y Sanderson, 2003).

*Laboratorio de Infectología Molecular, Facultad de Medicina.

**Unidad de Hígado, Hospital Universitario "Dr. José Eleuterio González".
soniachan_@hotmail.com

En 2011, Feld *et al.* reportaron la adición de s-adenosil metionina (SAM) en el retratamiento de pacientes con hepatitis C no respondedores, combinado con PEG-IFN+RBV (Feld *et al.*, 2011), encontrando que 53% de los pacientes tuvieron respuesta viral temprana y 39% presentaron RVS. Sin embargo, se desconoce el mecanismo por el cual SAM tiene este efecto en la replicación del VHC. SAM se utiliza como antioxidante y para tratar hepatopatías colestásicas, sólo de forma reciente se ha empezado a estudiar su efecto en la replicación del VHC tanto *in vitro* como *in vivo*.

Por todo lo anterior, en este trabajo se estudiaron los posibles mecanismos por los cuales SAM ejerce su efecto antiviral, con la finalidad de generar mayor conocimiento acerca de los mecanismos de patogenicidad del VHC, lo cual es de utilidad para la identificación de blancos terapéuticos que pudieran potenciar el efecto de la terapia antiviral actual.

METODOLOGÍA

Cultivo de células y tratamiento con SAM

Se utilizó una línea celular de hepatoma humano, Huh7-VHC replicón, que contiene un replicón subgenómico del VHC genotipo 1b que expresa las proteínas no estructurales del VHC (Lohmann *et al.*, 1999). Las células fueron cultivadas en medio ADMEM suplementado con 2% de SBF, 1% de aminoácidos no esenciales, 1% de glutamina y 1% de antibióticos (penicilina y estreptomycin). Las células se cultivaron en una atmósfera de CO₂ de 5% a 37°C. Para los diferentes ensayos, las células se sembraron un día antes y luego fueron tratadas con SAM 1mM de 0-72h.

Cuantificación del RNA de VHC por qPCR

Células Huh7 VHC-replicón fueron sembradas y tratadas con SAM 1mM por 24-72h. El RNA total de los tiempos, 24, 48 y 72h, fue extraído utilizando TRizol, de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Los precipitados de RNA se lavaron una vez en etanol 75% y se resuspendieron en 30 µL de agua libre de RNAsas. Se sintetizó el cDNA a partir del RNA obtenido. Los cDNAs fueron sometidos a qPCR para la detección de VHC y de tres genes endógenos, Ribosomal

18S (RPS18), actina y GAPDH, que fueron utilizados como genes normalizadores en el cálculo de cuantificación relativa por $\Delta\Delta Ct$. Las reacciones se llevaron a cabo con 100 ng de cDNA por triplicado, utilizando los primers y sondas específicas para cada gen.

Cuantificación de la expresión de NS5A por western blot

Se sembraron células Huh7 VHC-replicón y se trataron como se mencionó previamente. Se extrajo la proteína total a las 24, 48 y 72 h postratamiento, utilizando un buffer de lisis de proteínas. Se determinó la concentración de proteína total por el método de Bradford. Cantidades iguales de proteína se separaron en un SDS-PAGE a 12% y fueron transferidas a membranas de PVDF. Las membranas se incubaron con uno de los anticuerpos antiNS5A y antiactina. La detección se realizó usando el reactivo Western Blotting Chemiluminescence Luminol Reagent. Se realizó cada experimento por triplicado.

Cuantificación de glutatión total y relación GSH/GSSG

La detección de GSH (glutatión reducido) y GSSG (glutatión oxidado) se realizó mediante el método de reciclamiento de Ellman. Se leyó la absorbancia a 405-414 nm para obtener la estimación de la concentración de glutatión en la muestra. Células Huh7 VHC-replicón fueron tratadas con SAM 1 mM, durante 1, 2, 6, 12 y 24 h. Las células se lisaron mediante ciclos de congelación y descongelación en PBS 1X. GSSG se midió mediante la derivatización de GSH con 2-vinilpiridina. El espectrofotómetro XMark TM de microplacas se utilizó para la medida de absorbancia usando un filtro de 415 nm.

Ensayo de actividad del proteasoma de tipo quimotripsina

El ensayo *in vitro* de la actividad de quimotripsina del proteasoma 26S, consistió en una reacción de fluorescencia basada en la liberación del fluoróforo 7-amido-4-metilcumarina (AMC) del péptido sustrato, Suc-Leu-Leu-Val-Tyr-AMC; la cual se lleva a cabo si la actividad de tipo quimotripsina está presente en las células. Las células Huh 7 VHC-replicón fueron recolectadas, se extrajo y cuantificó proteína por el método del ácido bicinonínico (BCA), y se utilizaron 20 µg

de proteína para el ensayo de actividad de proteasoma adicionando 20 μ M del sustrato fluorogénico comercial. El AMC liberado por la hidrólisis fue monitoreado cada 30 min de adicionado el sustrato por 3h/380 nm excitación y 460 nm emisión. Se cuantificó la actividad de quimotripsina del proteasoma a las 12-72 h de células tratadas y no tratadas con SAM; además se utilizó MG132 (1 μ M), un inhibidor del proteasoma, como control positivo de inhibición de la actividad del proteasoma; se realizó además una combinación de los tratamientos de SAM y MG132. Los resultados se muestran en unidades relativas de fluorescencia (RFU, del inglés, relative fluorescence units).

Análisis estadístico y software utilizados

Los experimentos se realizaron al menos tres veces y cada condición por triplicado. Los resultados fueron evaluados por ANOVA o *t* student utilizando el programa SPSS versión 17.0 se consideró una diferencia significativa, cuando el valor de *p* fue menor a 0.05 o 0.01.

RESULTADOS

SAM disminuye la replicación del VHC y la expresión de la proteína no estructural NS5A

Se realizó el análisis de la expresión del RNA-VHC, por medio de qPCR, para lo cual se sembraron células Huh7-VHC replicón; al día siguiente se inició el tratamiento con SAM 1mM, y enseguida se adicionó el tratamiento de PEG-IFN (1000 UI/ml) y RBV (50 μ M), se extrajo RNA total una vez cumplido el tiempo de tratamiento, 0-72 h. Se sintetizó el cDNA por retrotranscripción y se prosiguió con la cuantificación del RNA viral por qPCR. El análisis se hizo por medio de cuantificación relativa $\Delta\Delta$ Ct, dando al control sin tratamiento el valor de 1. El tratamiento con PEG-IFN+RBV, uti-

lizado como control positivo de inhibición de la replicación del VHC, mostró la inhibición esperada a los diferentes tiempos evaluados. El nivel de RNA-VHC en presencia de SAM en monoterapia disminuyó a un 50% a las 24h y tal efecto fue tiempo dependiente, mostrando una inhibición de 60% a las 72h postratamiento. En la terapia combinada se observó un efecto aditivo de inhibición de la expresión del RNA-VHC (figura 1).

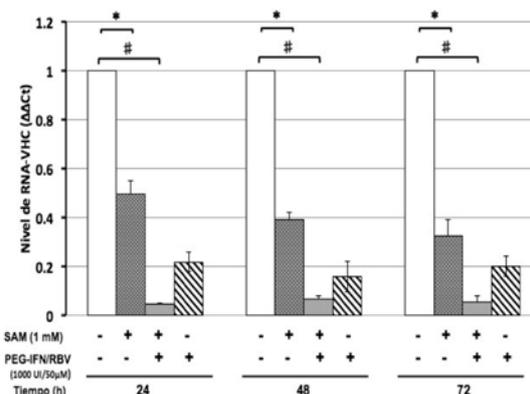


Figura 1. Expresión de RNA-VHC por qPCR. Se cuantificó el RNA-VHC mediante qPCR utilizando el método de $\Delta\Delta$ Ct, dándole el valor de 1 al control sin tratamiento. Cada barra representa el promedio de tres repeticiones. **p* \leq 0.01 comparación SAM vs. Control. # *p* \leq 0.01 comparación SAM+PEG-IFN+RBV vs. Control.

Con la finalidad de determinar si el tratamiento con SAM modifica la expresión de las proteínas virales, se realizó un ensayo para extraer proteínas totales, se adicionó el tratamiento con SAM y tratamiento con PEG-IFN+RBV, se extrajo la proteína total a las 0, 24, 48 y 72 h posteriores al inicio del tratamiento. Se cuantificaron las proteínas por el método de Bradford y se procedió a realizar el western blot para detectar los niveles de la proteína viral NS5A usando como control de carga un anticuerpo contra β -actina. Se observó una disminución de la proteína NS5A de 40-60% durante los tres tiempos evaluados, comparando con el control de células Huh7-VHC replicón sin tratamiento (figura 2), de esta manera se confirmó que el efecto es a nivel transcripcional y traduccional. En el control positivo, PEG-IFN+RBV, se observó el efecto de disminución esperado.

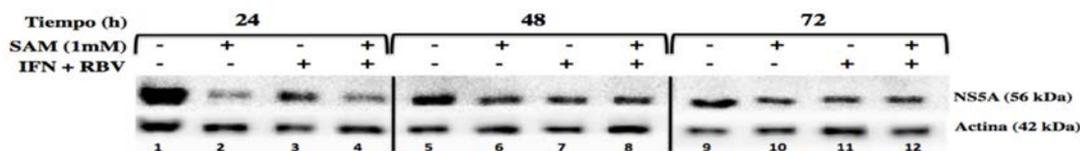


Figura 2. Western blot de la proteína no estructural NS5A y de β -actina. Imagen representativa de tres repeticiones.

SAM estimula la biosíntesis de glutatión

Se evaluó la concentración de glutatión total por el método de Ellman. En presencia de SAM la síntesis de GSH se incrementa desde las 6h postratamiento. En cuanto a la relación glutatión reducido/oxidado no se observaron cambios significativos durante los diferentes tiempos en el tratamiento (figura 3).

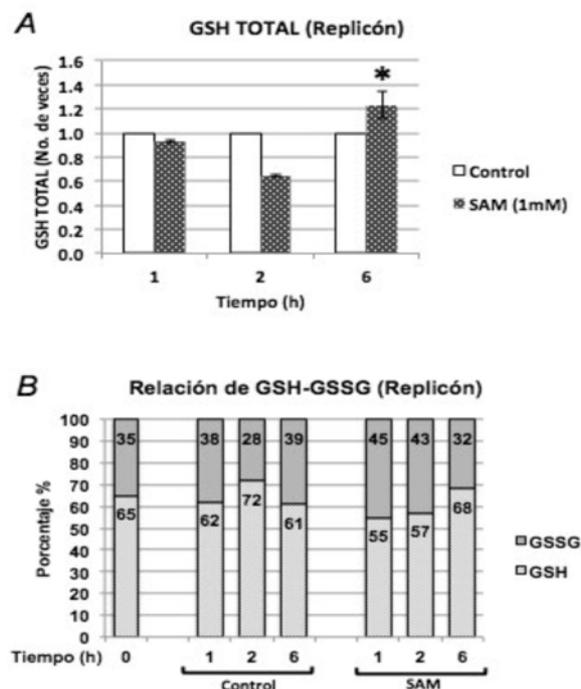


Figura 3. Cuantificación de GSH y GSSG en células Huh7-VHC replicón. A. Ensayo de cuantificación de glutatión total en células Huh7-VHC replicón y, B. la relación de glutatión reducido-glutatión oxidado.

SAM disminuye la actividad catalítica de tipo quimotripsina del proteasoma

Se midió la actividad del proteasoma utilizando un método de fluorescencia. Se sembraron células Huh7-VHC replicón, se trataron con SAM 1mM, MG132 1 μ M y la combinación de ambos. Se lisaron las células a diferentes tiempos 12, 24, 48 y 72h postratamiento. La actividad quimotripsina fue medida usando un sustrato fluorogénico para la actividad catalítica de quimotripsina que reside en la subunidad 20S del proteasoma (Suc-Leu-Leu-Val-Tyr-AMC). Se realizó una cinética midiendo la fluorescencia (380 nm excitación, 460 nm emisión) cada 30 min una vez añadido el sustrato. En la figura 4 se resumen los resultados obtenidos para los di-

ferentes tiempos y condiciones. SAM disminuye la actividad de quimotripsina a las 24, 48 y 72 h (10-20%) y al combinar los dos agentes el efecto es mayor comparándolo con el control positivo de inhibición (MG132) alcanzando una inhibición de alrededor de 20-30% más que el control positivo.

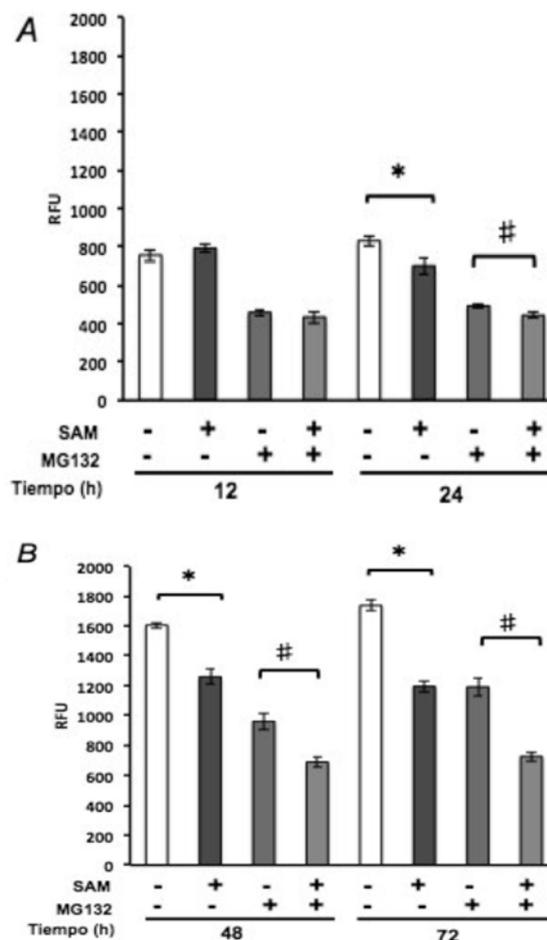


Figura 4. Actividad de tipo quimotripsina del proteasoma. Células Huh7-VHC replicón en presencia de SAM comparadas con los controles sin tratamiento. Se evaluó la fluorescencia directamente proporcional a la actividad del proteasoma a las A. 12 y 24 h y B. 48 y 72 h. Se indica con un signo de - o + la adición de los diferentes tratamientos. $p < 0.05$ *comparado vs. Control, **comparado vs. MG132.

DISCUSIÓN

En 2011, reflejando la búsqueda de alternativas al tratamiento de PEG-IFN y RBV, se demostró la actividad antiviral de SAM, frente a la infección in vivo e in vitro de VHC, en un esquema combinado con PEG-IFN, en ese entonces el tratamiento estándar. Feld *et al.* reportaron datos acerca del posible mecanismo de acción de SAM. En dicho estudio sugirieron que SAM es capaz de potenciar el efecto antiviral de PEG-IFN, basándose

en que SAM puede estar relacionado a una respuesta viral temprana (Feld *et al.*, 2011). En el presente trabajo, demostramos que SAM regula la expresión del VHC por sí solo (sin la participación de PEG-IFN y RBV), en una línea celular de hepatoma que expresa las proteínas no estructurales del virus (Lozano-Sepulveda *et al.*, 2016). Nuestros resultados concuerdan parcialmente con los de Feld *et al.*, ya que demostramos que SAM posee una acción antiviral contra el VHC sin ayuda de PEG-IFN y RBV. En el reporte de Feld, el efecto *in vitro* de la adición de SAM fue significativo a partir de las 72 h, en terapia combinada con PEG-IFN, mientras que en nuestros experimentos encontramos una disminución de la expresión del VHC (RNA y NS5A) desde las 24 h de tratamiento. La discrepancia observada puede ser debida a la diferencia en las dosis utilizadas en ambos trabajos, la dosis máxima utilizada por Feld *et al.* fue de 1.6 nM, en este trabajo la dosis más alta usada fue de 1mM, sin comprometer la viabilidad de las células (Lozano-Sepulveda *et al.*, 2016). Con nuestros resultados demostramos que SAM disminuye la expresión de VHC en dos niveles; a nivel RNA y a nivel proteína, en este caso la proteína NS5A, con la cual se confirmó la disminución de la expresión del VHC por acción de SAM.

El objetivo principal de este trabajo fue investigar el o los mecanismos de acción de SAM sobre la replicación del VHC. Para ello nos enfocamos en tres principales vías, como antioxidante, como estimulante de la vía de IFN (datos no mostrados) y como modulador del proteasoma. Debido a que SAM es el principal precursor de la síntesis de GSH, se investigó la vía de síntesis de GSH y la relación glutatión reducido/oxidado. En nuestro trabajo encontramos que SAM induce la síntesis de glutatión; sin embargo, el aumento de la síntesis de GSH no tuvo efecto en la generación de ROS en ninguno de los dos niveles evaluados, citosol y mitocondria, de las células que expresan las proteínas virales (datos no mostrados).

Se ha demostrado que la estabilidad de las proteínas virales es regulada por el proteasoma (Shirakura *et al.*, 2007; Moriishi *et al.*, 2010) y que el VHC desencadena la degradación de factores del huésped (Munakata *et al.*, 2007). Por otro lado, se sabe que SAM es capaz de regular la actividad del proteasoma (Tomasi *et al.*, 2012), por tal motivo, en este trabajo se exploró la participación del proteasoma en el mecanismo de SAM contra el VHC. Nuestros resultados muestran que SAM es capaz de disminuir la actividad del proteasoma de manera tiempodependiente y además que esta disminución se mantiene a lo largo del tiempo, aun y cuando sólo se usó una sola administración de SAM, utilizan-

do un inhibidor del proteasoma, MG132, se observó un efecto similar en los tiempos largos de tratamiento. Éste representa un campo que puede explorarse, ya que existen reportes en donde SAM muestra tener acción sobre la sumoilación (Tomasi *et al.*, 2012) (un proceso parcialmente ligado a la ubiquitinación) y se ha sugerido que la proteína NS5A es capaz de sumoilarse y de esta manera llevar a cabo su función como cofactor de NS5B (Lee *et al.*, 2014).

En este trabajo se identificó un nuevo mecanismo de acción de SAM que involucra la disminución de la actividad de quimotripsina, esto es algo que no se había descrito antes en el contexto de infección con el VHC. Los presentes datos facilitan la implementación de nuevos enfoques para investigar la vía de degradación de proteínas por proteasoma, en donde se pueden encontrar blancos terapéuticos que puedan servir como potenciadores en la terapia actual.

REFERENCIAS

- Arif, A., Levine, R., Sanderson, S. (2003). Regression of fibrosis in chronic hepatitis C after therapy with interferon and ribavirin. *Dig Dis Sci.*, 48(7):1425-1430.
- EASL (2015). Easl recommendations on treatment of hepatitis C 2015. *J Hepatol.* 2015;61(2):373-395. doi:10.1016/j.jhep.2014.05.001.
- FDA. (2013). FDA approves Sovaldi for chronic hepatitis C. Disponible en: <http://www.fda.gov/newsevents/newsroom/pressannouncements/ucm377888.htm>
- Feld, J.J., *et al.* (2011). S-adenosyl methionine improves early viral responses and interferon-stimulated gene induction in hepatitis C nonresponders. *Gastroenterology*, 140(3):830-839. doi:10.1053/j.gastro.2010.09.010.
- Gil, M.P., *et al.* (2001). Biologic consequences of Stat1- independent IFN signaling. *Proc Natl Acad Sci.*, 98:6680-6685.
- Krishnan, P., Beyer, J., Koev, G. (2012). Antiviral activity and resistance profiles for ABT-267, a Novel HCV NS5A inhibitor, *in vitro* and during 3-day monotherapy in hcv genotype-1 (gt1)-infected treatment-naive subjects. *Hepatology*, 56:1069A.
- Lee, H.S., *et al.* (2014). SUMOylation of nonstructural 5A protein regulates hepatitis C virus replication. *J Viral Hepat.*, 21(10):e108-e117. doi:10.1111/jvh.12241.

- Lindenbach, B.D., y Rice, C.M. (2005). Unravelling hepatitis C virus replication from genome to function. *Nature*, 436(7053):933-938. doi:10.1038/nature04077.
- Lohmann, V., *et al.* (1999). Replication of Subgenomic Hepatitis C Virus RNAs in a Hepatoma Cell Line. *Science*, 285(5424):110-113. doi:10.1126/science.285.5424.110.
- Lozano-Sepulveda, S.A., *et al.* (2016). S-adenosyl-L-methionine modifies antioxidant-enzymes, glutathione-biosynthesis and methionine adenosyl-transferases-1/2 in hepatitis C virus-expressing cells. *World J Gastroenterol*, 22(14):3746-3757. doi:10.3748/wjg.v22.i14.3746.
- Moriishi, K., *et al.* (2010). Involvement of PA28gamma in the propagation of hepatitis C virus. *Hepatology*, 52:411-420.
- Munakata, T., *et al.* (2007). Hepatitis C virus induces E6AP-dependent degradation of the retinoblastoma protein. *PLoS Pathog.*, 3:1335-1347.
- Ramana, C.V., *et al.* (2001). Stat1-independent regulation of gene expression in response to IFN-gamma. *Proc Natl Acad Sci.*, 98:6674-6679.
- Rivas E., A.M., *et al.* (2012). Cu/Zn superoxide dismutase (SOD1) induction is implicated in the antioxidative and antiviral activity of acetylsalicylic acid in HCV-expressing cells. *AJP Gastrointest Liver Physiol.*, 302(11):G1264-G1273. doi:10.1152/ajpgi.00237.2011.
- Shirakura, M., *et al.* (2007). E6AP Ubiquitin Ligase Mediates Ubiquitylation and Degradation of Hepatitis C Virus Core Protein. *J Virol.*, 81(3):1174-1185. doi:10.1128/JVI.01684-06.
- Tamori, A., Enomoto, M., y Kawada, N. (2016). Recent Advances in Antiviral Therapy for Chronic Hepatitis C. *Mediators Inflamm*, Vol. 2016, Article ID 6841628, 11 pages, 2016. doi:10.1155/2016/6841628.
- Tomasi, M.L., *et al.* (2012). S-adenosylmethionine Regulates Ubiquitin-Conjugating Enzyme 9 Protein Expression and Sumoylation in Murine Liver and Human Cancers. *Hepatology*, 56(3):982-993. doi:10.1002/hep.25701.
- US Food and Drug Administration. (2015). *FDA Approves New Treatment for Chronic Hepatitis C Genotype 3 Infections*. Disponible en: <https://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/ucm455888.htm>
- Valdespino, J.L., *et al.* (2007). Seroprevalencia de la hepatitis C en adultos de México: ¿un problema de salud pública emergente? *Salud Publica Mex.*, 49 (SUPPL. 3):395-403. doi:10.1590/S0036-36342007000900011.
- Wang, Y., *et al.* (2013). Induction of interferon- γ contributes to Toll-like receptor-3 activated hepatic stellate cell-mediated hepatitis C virus inhibition in hepatocytes. *J Viral Hepat.*, 20(6):385-394. doi:10.1111/jvh.12040.
- WHO (2015, julio). *Hepatitis C Fact sheet N°164*. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs164/en/>

Recibido: 8 de septiembre de 2017

Aceptado: 13 de octubre de 2017

Pez león: invasor al descubierto

Estefanía Gómez-del Río*, Luis Mendoza-Cuenca*, José Adán Caballero-Vázquez**

A nivel mundial, el continuo intercambio de especies entre distintos hábitats, resultado de la introducción accidental o intencional de animales y plantas por parte de los seres humanos, se ha convertido en una importante amenaza para el mantenimiento de la biodiversidad de los ecosistemas (Conabio, 2016; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010; Gómez *et al.*, 2013). Las alteraciones o los daños que puede causar una especie que es introducida fuera de su distribución natural dependen tanto de sus características fisiológicas, anatómicas y de comportamiento, así como de las condiciones del ecosistema para soportar la introducción de estas especies. En ocasiones, las especies exóticas no son capaces de adaptarse a las condiciones del nuevo hábitat y no se reproducen, por lo que permanecen periodos cortos sin causar alteraciones mayores en los ecosistemas (Conabio, 2016). Desafortunadamente, existen múltiples especies que encuentran las condiciones favorables para adaptarse, reproducirse y colonizar exitosamente nuevos ambientes. Estas especies pueden producir daños a los ecosistemas, incluyendo el desplazamiento o incluso la extinción local de especies nativas, por lo cual son catalogadas como invasoras (Conabio, 2016; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010; Gómez *et al.*, 2013).

PROBLEMÁTICA DE LAS ESPECIES INVASORAS

Con el tiempo se ha logrado identificar algunas características de las especies invasoras, como su alta capacidad de adaptarse a múltiples hábitats, aun cuando éstos puedan ser diferentes a los de su lugar de origen; son conductualmente muy plásticas; tiene una alta tasa de reproducción, por lo que se vuelven muy abundantes en periodos cortos; su capacidad de dispersión es alta; son resistentes a los parásitos presentes en el medio; cambian fácilmente de dieta, alimentándose sin problema de los recursos disponibles en el nuevo medio; tienen tolerancia a intervalos amplios de temperatura y pueden ser especies crípticas que dificultan el reconocimiento de las especies nativas (Conabio, 2016). Las especies invasoras pueden causar daños a diferentes niveles, por ejemplo, alterando de manera importante

el equilibrio trófico en los ecosistemas, disminuyendo la abundancia de especies clave en la cadena alimentaria. De igual forma, pueden introducir nuevos parásitos o patógenos causando enfermedades que resultan en mortalidad de las especies nativas, afectando con ello la salud en los ecosistemas de manera irreversible (Conabio, 2016; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010; Gómez *et al.*, 2013). Las especies invasoras no sólo afectan la estabilidad y biodiversidad de los ecosistemas, también representan problemas socioeconómicos al reducir las especies de importancia comercial (meros y pargos), o ecológica (peces loro), que son especies clave para la subsistencia de muchas comunidades y ocasionalmente producen toxinas que afectan a la salud humana (Conabio, 2016; Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010; Gómez *et al.*, 2013).

CRONOLOGÍA DE LA INVASIÓN DEL PEZ LEÓN



Figura 1. Pez león en arrecife (fuente: Rigoberto Moreno Mendoza).

Un ejemplo notable de una especie invasora es el pez *Pterois volitans*, comúnmente llamado pez león. Es una especie originaria del Indo-Pacífico (Gómez *et al.*, 2013). El primer registro de esta especie invasora para el Atlántico occidental fue en 1992, en la bahía de Bis-

* Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
 ** Centro de Investigación Científica de Yucatán.
 Contacto: faniabioguitar@gmail.com

cayne (sur de Florida) con la liberación accidental de al menos seis individuos de una granja de reproducción, dañada por el paso del huracán Andrew. En 2000, juveniles de pez león fueron registrados en el extremo norte, a lo largo de la costa este de Estados Unidos; estados como Georgia (a 568 km del sitio del primer registro), Carolina del Sur y del Norte (más de 1230 km al Norte) y el este de las Islas Bermudas (1500 km al Este del punto de liberación). En 2001 la invasión alcanzó Nueva York (1930 km). Para 2004 aconteció el primer avistamiento en los arrecifes de las Bahamas. En mayo de 2006 un primer juvenil fue observado en las Islas Turcas y Caicos (920 km), el primer reporte

confirmado para Cuba (340 km) ocurrió en 2007 y en 2008 se confirmaba su presencia en Islas Caimán, Jamaica, Haití (1000 km), República Dominicana, Puerto Rico (1500 km) y Belice (1260 km). En el caso de México, se considera como una especie establecida, se reportó por primera vez en la Isla de Cozumel en enero de 2009, y en ese mismo año se confirmó la presencia del pez león en Guatemala (1435 km), Costa Rica, Honduras, Panamá (2900 km), Colombia (3300 km) y Venezuela (4100 km). El primer reporte para el Golfo de México fue en 2012 (figura 2) (Schofield, 2009; Côté, Green y Hixon, 2013).

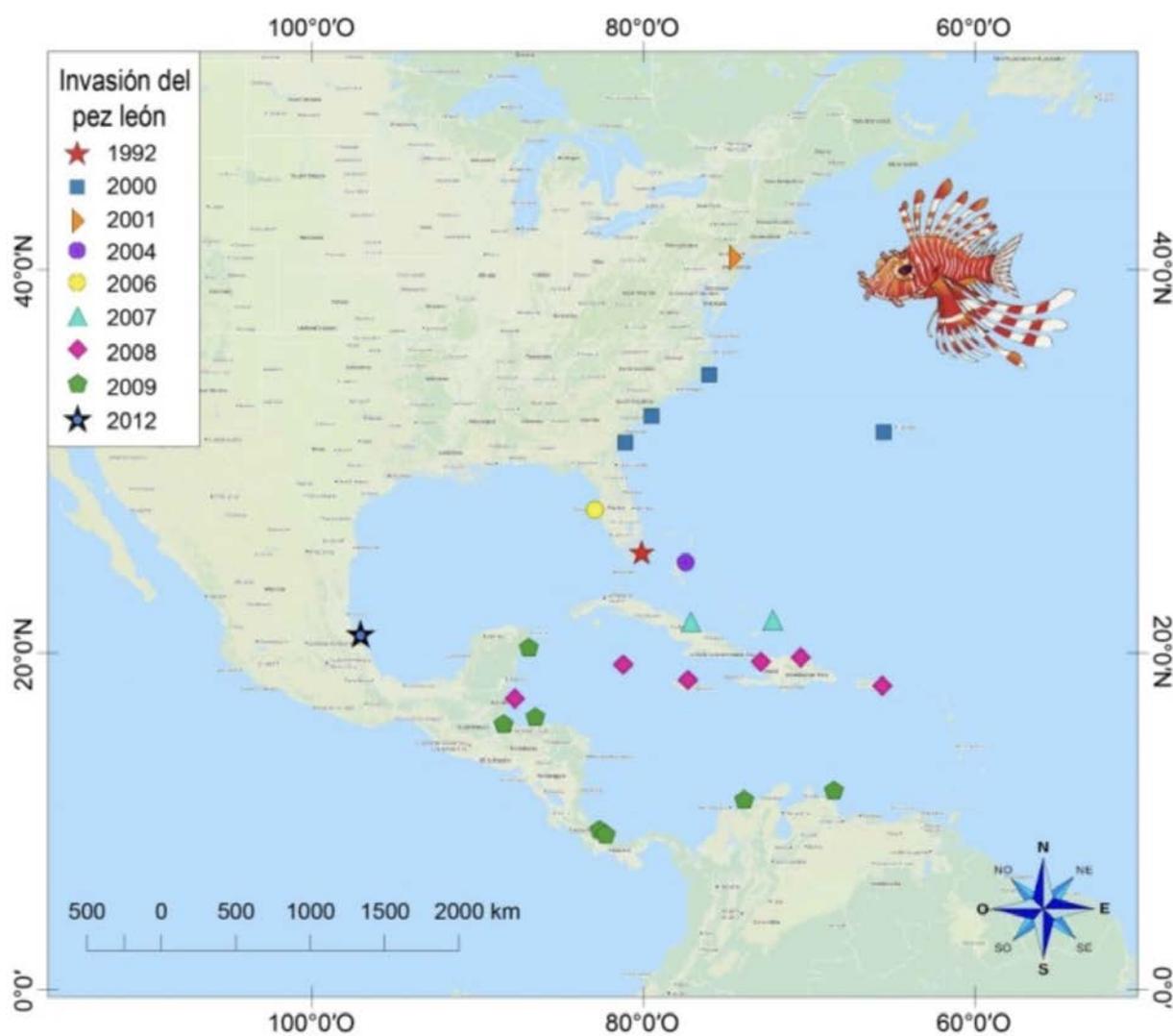


Figura 2. Cronología de la invasión de pez león (*Pterois volitans*) en el Gran Caribe, Atlántico.

Sin embargo, el reporte de la mayor distancia en la zona de invasión fue en mayo de 2014, en la costa de Brasil a 8,900 km al sur de la zona de inicio de la invasión (Ferreira *et al.*, 2015). En menos de tres décadas, la velocidad y área de dispersión (7, 300,000 km²) convierte a la del pez león en una de las más importantes y exitosas invasiones biológicas de la historia. Se han registrado daños en hábitats tan diversos como arrecifes coralinos, rocosos y artificiales; hasta zonas de manglar y pastos marinos; rompiendo el equilibrio ecológico y reduciendo las poblaciones de peces, crustáceos y moluscos y amenazando la diversidad de especies de todos los ecosistemas (Morris, 2013). Las familias de peces que más consume este invasor, de acuerdo a estudios realizados, son *Serranidae*, *Labridae*, *Gobiidae*, *Scaridae*, *Haemulidae*, *Grammatidae*, *Apogonidae*, *Mullidae*, *Blenniidae* y principalmente las especies de la familia *Pomacentridae*. Dentro de esta familia, los géneros *Chromis* y *Stegastes* son los más depredados (Arredondo-Chávez *et al.*, 2016; Harms-Tuohy, Schizas y Appeldoorn, 2016).

EL ÉXITO DE LA INVASIÓN

El pez león presenta el armamento de un gran invasor, con múltiples características que lo hacen exitoso, entre otras podemos destacar: 1) hembras muy fecundas que pueden producir hasta 30 mil huevos en cada periodo de desove; 2) estadio larval pelágico de larga duración (más de 26 días), transportado por las corrientes oceánicas; 3) rápida maduración sexual; 4) habitan profundidades desde 1 hasta 300 metros; 5) alta resistencia a parásitos y enfermedades, y 6) presencia de veneno en aletas como mecanismo de defensa (Côté, Green y Hixon, 2013; Hixon *et al.*, 2016; Molina, 2009). Sin embargo, se ha sugerido que la clave principal de su éxito radica en que las especies nativas aún no son capaces de reconocerlo como depredador, ni como presa potencial, ya que su morfología (parecida a un alga flotando) es una novedad ecológica en la zona de invasión, además, su conducta de acecho lo hace ser un depredador “fantasma” para las especies nativas, haciéndolo muy eficiente (Hixon *et al.*, 2016; Molina, 2009).

RESPUESTAS CONDUCTUALES DE ESPECIES NATIVAS ANTE EL PEZ LEÓN

Como parte de los esfuerzos multidisciplinarios para entender y controlar la problemática de la invasión del

pez león; en los laboratorios de Ecología y Biodiversidad de Organismos Acuáticos del Centro de Investigación Científica de Yucatán y de Ecología de la Conducta en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, se estudió la capacidad de las especies nativas para detectar y responder ante la presencia del nuevo depredador.

Para la investigación se consideró una de las presas más consumidas por el pez león, el pez damisela (*Stegastes partitus*). El objetivo principal fue determinar si el alto nivel de depredación que presentan los peces león sobre esta damisela se debía a que éstos son incapaces de detectar al pez león, o es su comportamiento agresivo y territorial lo que los hace más susceptibles a la voraz depredación. Para probarlo, se realizó una serie de experimentos de conducta en acuarios bajo condiciones controladas de laboratorio, los cuales implicaron filmar la conducta de un pez león ante la presencia de un individuo de *S. partitus* y la conducta de éste ante la presencia del depredador durante cinco minutos. Se incluyeron, además de *S. partitus*, dos especies más del género, *S. planifrons* y *S. diencaeus*. Se utilizaron estas tres especies por su conducta territorial y por ser habitantes comunes y abundantes de las zonas que invade el pez león.



Figura 3. Damisela (*Stegastes partitus*; fuente: de Randall, 1997).



Figura 4. Individuo de *Stegastes planifrons* (fuente: Williams, 2013).



Figura 5. Damisela (*Stegastes diencaeus*; fuente: Randall, 1997).

De acuerdo con los resultados obtenidos, las tres especies (*Stegastes partitus*, *S. planifrons* y *S. diencaeus*) detectan inmediatamente la presencia del pez león cuando se acerca a sus territorios, realizando respuestas conductuales típicas de defensa de territorio, las cuales se han descrito en las damiselas. Los individuos realizaron, además, conductas típicas de evasión ante depredadores como huir y esconderse. Sin embargo, los individuos de las tres especies, en su mayoría, mostraron conductas agresivas, que van desde extender las aletas para simular un tamaño mayor y ahuyentar al enemigo, hasta mordidas, además de conductas de vigilancia como “patrullar” su territorio (figura 6). En el caso del pez león, realizó conductas agresivas como mordidas, chorros de agua y conductas de vigilancia (todas conductas típicas de depredación), manteniéndose atento ante las conductas que realizaban las presas nativas.

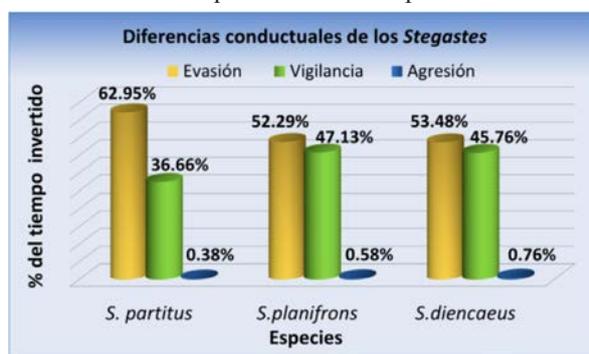


Figura 6. Respuesta de comportamiento de las tres especies nativas. *S. partitus* invierte mayor tiempo en conductas de evasión mientras *S. diencaeus* emplea mayor tiempo en conductas de agresión.

Paradójicamente, las especies más agresivas y que se exponen más al depredador, como *S. planifrons* y *S. diencaeus*, fueron las menos atacadas. Por tanto, la alta agresividad de estos peces parece funcionar como una estrategia preadaptativa ante la presencia de del pez león. Si bien es poco probable que estos peces damisela puedan causar algún daño al pez león, la respuesta agresiva de estas dos especies podría estarles brindando dos ventajas: 1) interferir en la coordinación de la secuencia de ataque del pez león, y con ello disminuir el éxito de captura de las damiselas, y 2) ahuyentar a los peces león de las zonas donde *S. planifrons* y *S. diencaeus* mantienen su territorialidad mediante conductas de agresividad.

Estas conductas, además de ser frecuentes, son muy vistosas, por lo que, al realizarlas, hacen “visible” al pez león para las otras especies arrecifales, disminuyendo así la probabilidad de éxito en la captura de presas y “motivándolos” a alejarse. *S. partitus*, aunque también detectó la presencia del pez león, se esconde y

huye más de éste, lo que representa una conducta evasiva obvia ante un depredador. Sin embargo, ante la conducta de acecho inmóvil (parecida a un alga flotante) que realiza por largos periodos el pez león, huir sólo retrasa la depredación y la convierte en una presa fácil como lo determinan los registros en diversos trabajos (Arredondo-Chávez *et al.*, 2016; Palmer *et al.*, 2016; Côté y Maljković, 2010).

Los resultados de estas observaciones conductuales sugieren que ante la llegada del pez león como nuevo depredador, algunas presas nativas podrían contar con respuestas adaptativas en un contexto evolutivo, que podría dar lugar a la aparición de estrategias útiles para contrarrestar o minimizar su depredación y para mantener la estabilidad del ecosistema. La conducta territorial, específicamente la agresividad, es una ventaja adaptativa presente en los peces del género *Stegastes*, que parece ser muy efectiva ante el depredador, evitando ser devoradas, al poner a este invasor al descubierto. Sin embargo, son necesarios más estudios para comparar si la presencia de las especies de *Stegastes* más agresivas y territoriales o la de otros peces arrecifales reducen la presencia y la tasa de ataque del pez león en los arrecifes del Caribe Mexicano. En ese sentido, los sitios arrecifales “dominados” por las damiselas podrían servir como zonas de refugio para otros peces que sufren mayor impacto por depredación, al no reconocer a este invasor como amenaza. Los sitios donde las damiselas *Stegastes*, por su conducta agresiva y territorial, hacen “visible” al pez león, podrían contribuir al aprendizaje y reconocimiento de otras especies arrecifales y contrarrestar así su depredación. De ahí la importancia de estudios para conocer las interacciones entre estas especies y sus respuestas conductuales, para de esta manera dar pauta a nuevos trabajos en los que se encuentren más respuestas para combatir a este invasor y así mantener la biodiversidad del ecosistema.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Parque Nacional Arrecifes de Puerto Morelos de la Conanp y CRIP Puerto Morelos, por su apoyo en la adecuación de los estanques. A Francisco Aguilar Salazar por el apoyo de materiales en proyecto. Al Centro de Investigación Científica de Yucatán, por la beca de iniciación a la investigación para realizar el proyecto. A los técnicos del CICY, compañeros, capitanes de Conanp. A Juan Antonio Sánchez Jiménez, Omar Domínguez Domínguez, Alfrancis Teresa Arredondo Chávez, Paloma Zaira López Peña, Rigoberto Moreno Mendoza y Augusto Cervantes Ontiveros por

el apoyo en los muestreos. A Fidel Anguiano Rodríguez por el apoyo en la realización del mapa. Petra del Rocío Quezada Rodríguez, Jarintzin Mones Saucedo, y Bernardo Elías Caamal Madrigal por el apoyo en el sistema de acuarios.

REFERENCIAS

Arredondo-Chávez, A.T., *et al.* (2016). Spatio-temporal variation in the diet composition of lionfish *P. volitans* in the Mexican Caribbean: insights into the ecological effect of the alien invasion. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 46 (3): 185-200, doi: 10.3750/Aip2016.46.3.03.

Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras. (2010). *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. Comisión nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México.

Conabio. (2016). *Sistema de información sobre especies invasoras en México*. Disponible en: <http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras>

Côté, I.M., y Maljković, A. (2010). Predation rates of indo-pacific lionfish on bahamian coral reefs. *Marine Ecology Progress Series*, 404, 219–225. <https://doi.org/10.3354/meps08458>.

Côté, I.M., Green, S.J., y Hixon, M.A. (2013). Predatory fish invaders: Insights from Indo-Pacific lionfish in the western Atlantic and Caribbean. *Biological Conservation*, 164, 50-61.

Ferreira, C.E.L., *et al.* (2015). First Record of Invasive Lionfish (*Pterois volitans*) for the Brazilian Coast. *PLoS ONE*, 10(4): e0123002. doi:10.1371/journal.pone.0123002.

Gómez L., R., *et al.* (2013). *Estrategia regional para el control del pez león, invasor en el Gran Caribe*. Iniciativa Internacional sobre los Arrecifes Coralinos.

Harms-Tuohy, C.A., Schizas, N.V., y Appeldoorn, R.S. (2016). Use of DNA metabarcoding for stomach content analysis in the invasive lionfish *Pterois volitans* in Puerto Rico. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 558, 181-191, doi: 10.3354/meps11738.

Hixon, M.A., *et al.* (2016). Lionfish: a major marine invasion. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 558, 161-165, doi: 10.3354/meps11909.

Molina, U.H. (2009). El pez leon del Indo-pacífico: nueva especie invasora en Costa Rica. *Revista Biocenosis*, 22(1-2), 21-30.

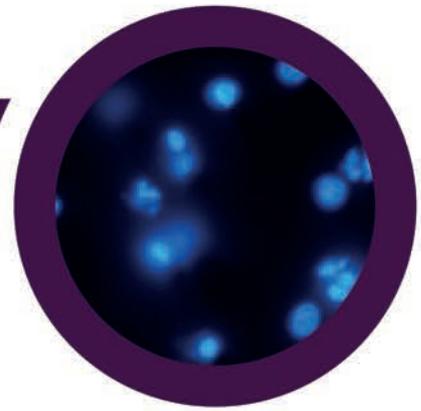
Morris, J.A., Jr. (Ed.). (2013). El pez león invasor: guía para su control y manejo. *Gulf and Caribbean Fisheries Institute Special Publication Series*, No. 2, Marathon, Florida, USA. 126 pp.

Palmer, G., *et al.* (2016). Invasive lionfish *P. volitans* reduce the density but not the genetic diversity of a native reef fish. *Marine Ecology Progress Series*. Vol. 558, 223-234, doi: 10.3354/meps11924.

Randall, J.E. (1997). *Randall's underwater photos. Collection of almost 2,000 underwater photos (slides)*. Unpublished.

Schofield, P.J. (2009). Geographic extent and chronology of the invasion of non-native lionfish (*Pterois volitans* [Linnaeus 1758] and *P. miles* [Bennett 1828]). *Western North Atlantic and Caribbean Sea*, 4(3), 473-479.

La muerte celular: un proceso indispensable para la vida



Ana Carolina Martínez-Torres*, Luis Gómez-Morales*,
Cristina Rodríguez-Padilla*

Todos los seres vivos estamos compuestos por una o varias células, desde las bacterias que habitan nuestra flora intestinal, hasta el gran elefante que se pasea en la sabana africana. En efecto, cada uno de nosotros es un mundo habitado por billones de ellas. Diferentes poblaciones celulares conforman los distintos tejidos que construyen órganos, los cuales, a su vez, componen los sistemas que permiten que nuestro cuerpo funcione. Así, la célula es considerada la unidad básica de la vida pues, además, en ella se alberga toda la información genética del organismo. Pero, ¿qué esculpe tan diversas formas?, ¿qué dicta el tamaño de cada una de las partes de un ser vivo?

Las respuestas a estas preguntas se encuentran en los procesos celulares que mantienen la homeostasis del organismo. Por ejemplo, el ciclo celular permite a cada célula dividirse y generar descendencia. Por otra parte, la diferenciación celular concede a las células hijas capacidades diferentes a las de su progenitor. Y la muerte celular ofrece la oportunidad de controlar la cantidad y la calidad de las células en el organismo. De todos, este último es un proceso cuya importancia ha sido difícil de explicar a lo largo de la historia de la biología celular, pero que cada vez comprendemos mejor.

HISTORIA DE LA MUERTE CELULAR REGULADA

Durante cientos de años, incluso antes de que el concepto de célula fuera completamente entendido, se había observado la muerte celular; en el tránsito claramente anómalo de los tejidos gangrenosos tras un daño severo, o en los procesos descritos por Galeno a finales del siglo II d.C., en los que alude a ciertas estructuras efímeras, cuya desaparición pareciera programada desde el nacimiento. Sin embargo, estos dos procesos no parecían coincidir en ningún punto.

Fue hasta 1972, cuando Kerr, Willie y Currie utilizaron los términos de necrosis y apoptosis para unificar ambos conceptos y, a su vez, diferenciar la muerte celular accidental de la regulada. Ellos definieron la necrosis como un proceso de muerte celular violento y patológico, iniciado por estímulos ambientales que resultaban en una rápida pérdida de la homeostasis celular. En contraparte, acuñaron la palabra apoptosis para definir a un tipo de muerte celular “alternativa” caracterizada por ser altamente regulada y poseer características morfológicas precisas, como el encogimiento celular, la formación de vesículas en la membrana, la condensación de la cromatina y la degradación del ADN, sin afectar la permeabilidad de la membrana plasmática.

Desde entonces, la identificación de un universo de reguladores genéticos que definen la apoptosis y muchos otros procesos de muerte celular fisiológica ha aumentado de manera exponencial. Así, a finales del siglo XX se identificaron las caspasas (proteasas, proteínas capaces de romper enlaces peptídicos de proteínas, que presentan un residuo del aminoácido cisteína que media la ruptura de proteínas al nivel de un residuo de aspartato; las proteínas cortadas por las caspasas a menudo están relacionadas con la supervivencia e integridad celular), y la proteína antiapoptótica Bcl-2 (B-cell lymphoma 2). Posteriormente, una a una se han descubierto proteínas que han sido clasificadas dentro de la familia Bcl-2 (que tienen homología con cuatro regiones, llamadas dominios de homología Bcl-2, denominados BH), la cual incluye proteínas antiapoptóticas (con multidominio BH1-4) y proapoptóticas (que a su vez se dividen en proteínas con multidominio, BH1-3, o sólo con dominio BH3), así como una gran variedad

* Universidad Autónoma de Nuevo León.
Contacto: ana.martinezto@uanl.edu.mx

de proteínas involucradas en la regulación, positiva y negativa, del suicidio celular.

Así, con el reconocimiento del papel de la muerte celular durante el desarrollo y en el mantenimiento de la homeostasis de los organismos, y con el descubrimiento de moléculas intracelulares dedicadas a la autodestrucción, ahora se sabe que todas las células que componen a los seres vivos están intrínsecamente programadas para autodestruirse (Ameisen, 2002).

LA MUERTE DE LA CÉLULA ES UN PROCESO ALTAMENTE REGULADO

Las células deben morir para preservar la homeostasis del organismo que constituyen. Los programas de muerte celular están codificados en el genoma y se expresan de manera ubicua. Su regulación es ejecutada por mecanismos moleculares extremadamente conservados que se pueden encontrar incluso en organismos unicelulares, y cuya existencia se remonta a los principios de la vida misma. Existe evidencia que soporta que dichos organismos pueden “suicidarse”, activando una maquinaria intracelular cuando alguno de ellos compromete la homeostasis de la colonia que conforman, sugiriendo que la capacidad de autodestrucción es tan antigua como la primera célula que existió (Ameisen, 2002).

De esta manera, la evolución favoreció a organismos más complejos que ejecutan dicho proceso. La muerte celular se requiere para la adecuada formación y correcta escultura del embrión. Además, durante la edad adulta también juega un papel primordial, pues la eliminación de células anormales, infectadas o innecesarias, es imprescindible como defensa ante daños externos e internos (por ejemplo, infecciones y mutaciones), en la diferenciación celular y en el control de la cantidad de células en el ambiente (Fuchs y Steller, 2011).

MÚLTIPLES VÍAS LLEVAN A UN MISMO FIN

Debido a la importancia de este proceso, desde su nacimiento, cada célula produce sus propias herramientas de autodestrucción. Dicha producción es controlada por las capacidades individuales de cada célula para recibir, procesar y generar señales que activen o inhiban algún elemento de la maquinaria letal (Eisenberg-Lerner *et al.*, 2009). Con la enorme heterogeneidad celular de los organismos superiores, lo anterior supone numerosos caminos que la célula puede tomar para autodestruirse. Estas rutas son sumamente complejas y pueden converger o divergir en varios puntos del proceso o entre tipos celulares. Así, la muerte celular regulada (MCR) puede activarse por estímulos intracelulares (como estrés o

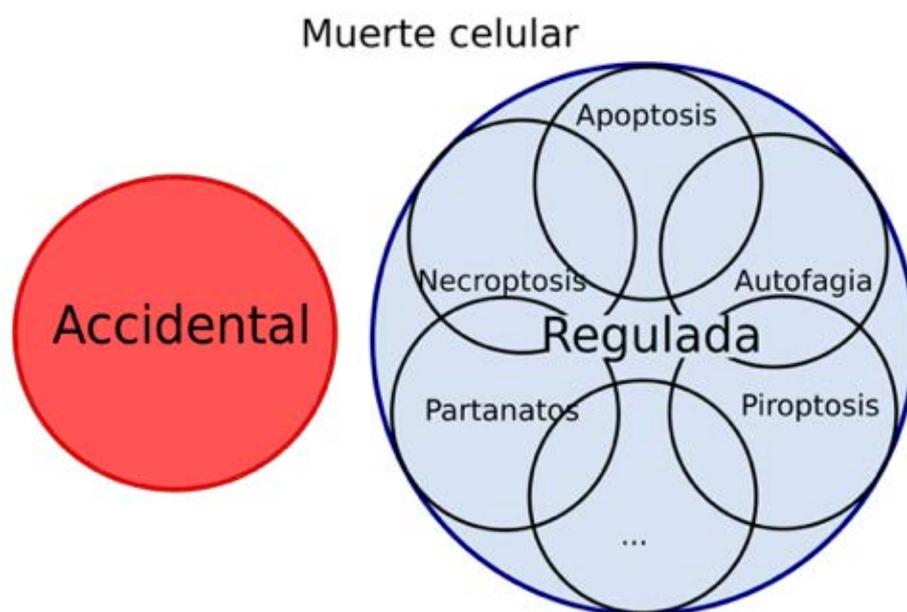


Figura 1. Tipos de muerte celular. La célula puede morir de manera accidental debido a agravios físicos o químicos severos, por lo que ocurre de manera prácticamente instantánea y no es susceptible de ser prevenida ni modulada. La muerte celular regulada (MCR), en cambio, es un proceso de varios pasos, cada uno de los cuales involucra la acción de diversas moléculas codificadas genéticamente. Los diferentes tipos de MCR (como la apoptosis, la autofagia, la necroptosis, parthanatos o la piroptosis), pueden coincidir en la utilización de una o varias de dichas moléculas, y éstas, a su vez, pueden modularse de manera fisiológica o mediante intervenciones farmacológicas o genéticas.

daño al DNA) o extracelulares (como la recepción de señales letales) que desencadenan una serie de eventos que guían a la célula a su muerte.

Durante estos caminos que la célula toma para suicidarse, el proceso puede detenerse debido a alguna intervención fisiológica, farmacológica o genética. Sin embargo, cuando traspasan este umbral, llegan a un “punto sin retorno” en el que el deceso de la célula moribunda es inminente. A partir de este momento, el proceso ya no puede detenerse y cualquiera de las rutas conduce a la célula a un destino común: la muerte.

Los avances tecnológicos han hecho posible la identificación de un sinfín de actores que participan en la ejecución de la MCR (como las caspasas y los miembros de la familia Bcl-2). Aunado a esto, los esfuerzos liderados por el Comité de Nomenclatura de Muerte Celular para homogeneizar el lenguaje entre la comunidad científica han posibilitado la unificación de conceptos, facilitando la comprensión de estos procesos y permitiendo clasificar la muerte celular en grupos (figura 1). Esta clasificación resume la variedad y complejidad de estos procesos, y ha tomado una alta relevancia biomédica, dado que el tipo de muerte, sus inductores y ejecutores, se han visto involucrados en un gran número de patologías, además, su comprensión y regulación juegan un papel fundamental en el diagnóstico y tratamiento de estas enfermedades.

Por todas estas razones, la MCR es considerada como uno de los programas básicos de la célula, indispensables para mantener la homeostasis celular, siendo

su regulación necesaria para el mantenimiento del organismo.

IMPLICACIÓN BIOMÉDICA DE LA MCR

La muerte celular, lejos de ser un proceso fortuito, es un mecanismo con una sofisticada regulación de gran importancia médica, pues es susceptible a intervenciones farmacológicas y genéticas.

Es un hecho que una gran cantidad de enfermedades comprenden una desregulación en la MCR (Fuchs y Steller, 2011). Incluso, de acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, las principales causas de mortalidad, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, son enfermedades caracterizadas por anomalías en la MCR. Enfermedades como las de Alzheimer o Parkinson se caracterizan por un exceso de MCR de las células neuronales (WHO infobase, 2017). En contraparte, el cáncer es un conjunto de enfermedades en las que las células evaden la MCR, lo que lleva a que éstas continúen dividiéndose sin que su número sea controlado, llevando a la formación de tumores malignos. Así, paradójicamente, inhibir la muerte desregula la homeostasis, conduciendo a un estado patológico y, en algunos casos, a la muerte del individuo.

La mayoría de los tratamientos contra el cáncer (como las quimioterapias y radioterapias) buscan inducir la muerte de las células tumorales, que han perdido

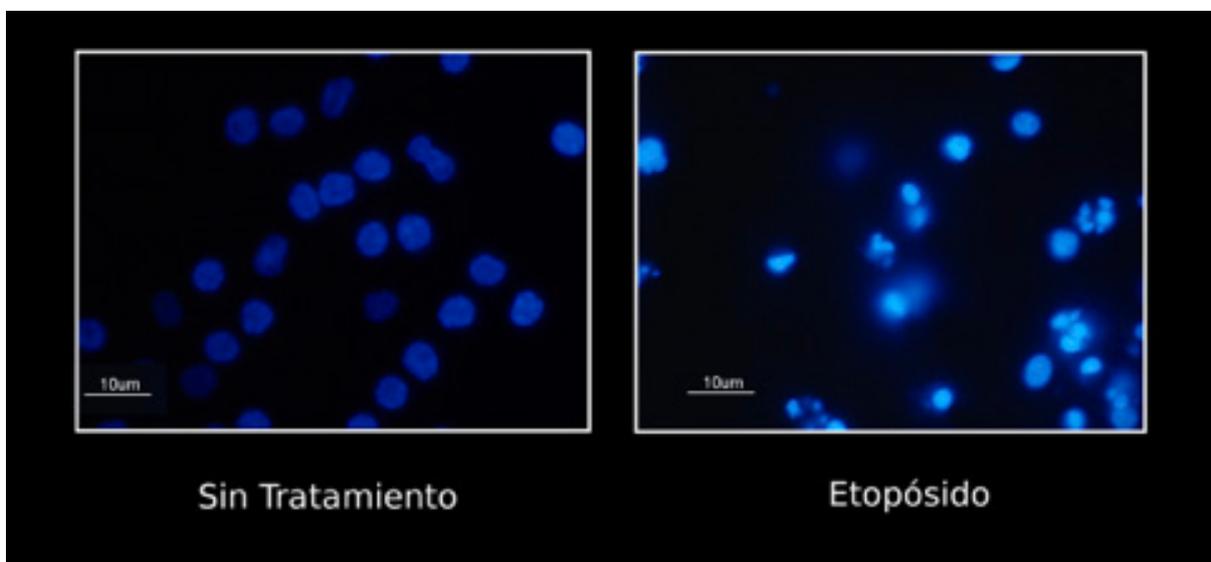


Figura 2. El etopósido induce muerte en células Jurkat. Izquierda: células Jurkat, de leucemia, sin tratamiento. Derecha: Jurkat tratadas con etopósido. Se observa la condensación y degradación de los núcleos en las células tratadas y teñidas con Hoechst.

la capacidad de autorregularse, volviéndose resistentes a este proceso. Las quimioterapias, como el etopósido, son capaces de matar a las células de cáncer por apoptosis (ver figura 2). Sin embargo, las células pueden desarrollar mutaciones, ya sea en caspasas o en otras proteínas que regulan la apoptosis (como el receptor de muerte Fas, el guardián del genoma, P53, entre otros), inactivándolos o sobreexpresando proteínas antiapoptóticas (como Bcl-2, Bcl-xL, Mcl-1, proteínas inhibidoras de apoptosis –IAPs–, entre otros) que después les permiten volverse resistentes a este tipo de muerte.

Por estas razones, la búsqueda de nuevos tratamientos que logren matar las células de cáncer resistentes a la muerte inducida por terapias convencionales es de vital importancia. Actualmente se comienzan a proponer múltiples alternativas que involucran tanto inhibidores de proteínas antiapoptóticas (como fármacos miméticos de BH3, que inhiben proteínas antiapoptóticas de la familia Bcl-2), solos o en combinación con quimioterapias, o tratamientos que induzcan muerte independiente de estas proteínas, como los péptidos agonistas de CD47 (Martínez-Torres *et al.*, 2017). Sin embargo, el estudio de estas nuevas alternativas sigue siendo crucial, debido a que la MCR es dependiente del tipo celular, el inductor y las condiciones microambientales precisas. Esto hace que, a pesar de los avances realizados en el estudio de la muerte celular, aún quede un largo camino por recorrer en el entendimiento de este proceso celular.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Conacyt por el apoyo Ciencia Básica 252017 otorgado a CR-P y la beca doctoral 473279

otorgada a LG-M, a la SEP-Conacyt-ANUIES-ECOS por el apoyo 291297 otorgado a ACM-T, a la Red Inmunocanei de Conacyt, a Paicyt por el apoyo SA092-15 otorgado a ACM-T, y al Laboratorio de Inmunología y Virología de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, por el apoyo económico y de infraestructura otorgado.

REFERENCIAS

Ameisen, J.C. (2002). On the origin, evolution, and nature of programmed cell death: a timeline of four billion years. *Cell Death Differ*, 9(4): pp. 367-93.

Ameisen, J.C. (2004). Looking for death at the core of life in the light of evolution. *Cell Death Differ*, 11(1): pp. 4-10.

Eisenberg-Lerner, A., *et al.* (2009). Life and death partners: apoptosis, autophagy and the cross-talk between them. *Cell Death Differ*, 16(7): pp. 966-75.

Fuchs, Y. y Steller, H. (2011). Programmed cell death in animal development and disease. *Cell*, 147(4): pp. 742-58.

Kroemer, G., *et al.* (2009). Classification of cell death: recommendations of the Nomenclature Committee on Cell Death. *Cell Death Differ*, 16(1): pp. 3-11.

Martínez-Torres, A.C., *et al.* (2017). CD47: un promotor blanco terapéutico contra el cáncer. *Ciencia y desarrollo*, 43(290): pp. 13-17.

WHO infobase (2017, enero). The top 10 causes of death. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index.html>

Las rocas sedimentarias representan alrededor de 5% del volumen de la corteza terrestre. Sin embargo, 75% de todos los afloramientos rocosos de los continentes están compuestos por este tipo de rocas (Blatt, Middleton y Murray, 1972; Boggs, 2009).

Las rocas sedimentarias se forman a partir de la acumulación de sedimentos. Estos sedimentos consisten en fragmentos que fueron desprendidos de una roca parental o de organismos por procesos de meteorización (mecánica o química). El agua, el viento o el hielo glacial suelen ser agentes que sirven para transportar los productos de la meteorización a lugares de sedimentación conocidos como cuencas sedimentarias, donde se acumulan y por procesos de diagénesis forman rocas de tipo sedimentario. Incluso al experimentar aumentos drásticos en la profundidad de enterramiento se pueden formar rocas de tipo metamórfico a partir de las rocas sedimentarias previamente formadas (Raymond, 2002; Mackenzie, 2005).

Los sedimentos tienen orígenes diferentes. Uno de ellos está relacionado con la acumulación de material que es transportado en forma de clastos sólidos derivados de la meteorización mecánica y química, los depósitos de este tipo se denominan detríticos y forman rocas sedimentarias detríticas. Otra fuente principal de los sedimentos es el material soluble producido por meteorización química. Cuando estas sustancias disueltas son precipitadas mediante procesos orgánicos o inorgánicos, el material se conoce como sedimento químico y a las rocas formadas se les denomina sedimentarias químicas (Boggs, 2009).

El factor de que las rocas sedimentarias detríticas estén compuestas por fragmentos, llevó a los investigadores a cuestionarse si era posible identificar la fuente de la cual derivaron. Debido a estas preguntas se desarrollaron las técnicas conocidas como análisis de procedencia, que son empleadas en la industria minera, petrolera, así como en la investigación académica.

El término procedencia se deriva del verbo latino provenire, que significa salir u originarse (Basu, 2003). En petrología, el término procedencia ha sido utilizado para reconocer los factores relacionados a la producción de sedimentos y sedimentos metamorfizados, con referencia específica a la composición de la roca fuente, la fisiografía y el clima del área de origen de donde se deriva el sedimento. La intención de los estudios de procedencia es reconstruir e interpretar la historia del sedimento desde el punto de la erosión inicial de la roca madre hasta el sepultamiento de sus detritos y eventos previos antes del metamorfismo (Pettijohn, Potter, y Siever, 1987).

Los paquetes de sedimentos clásticos son archivos geológicos que registran y preservan firmas de eventos geológicos pasados en provincias de origen, durante el tránsito y depocentro. Sin embargo, durante el tránsito sufren procesos asociados con la intemperie, el transporte, la deposición, el reciclaje y la diagénesis, estos procesos pueden ser repetidos varias veces en la historia de una roca sedimentaria, destruyendo total o parcialmente las propiedades originales de la roca madre (McCann, 1991; Ghosh y Sarkar, 2010; Garzanti *et al.*, 2013). Por lo tanto, la confianza en las propiedades de los minerales más resistentes, y en la distribución de elementos menos móviles y sus relaciones, ha aumentado en todos los estudios de procedencias contemporáneos (Mange-Rajetzky, 1981; Bhatia y Taylor, 1981; Morton, 1985; Roser y Korsch, 1986; 1988; Fedo, Eriksson y Krogstad, 1996; Cullers y Podkovyrov, 2002; Armstrong-Altrin, 2014; Götze, 2009; Morton y Chernery, 2009; Barbera, Critelli y Mazzoleni, 2011; Ali *et al.*, 2014; Imchen, Thong y Pongen, 2014).

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí

**Universidad Autónoma de Nuevo León.

*** Universitetet i Stavanger, Noruega.

Contacto: soniatorressan@hotmail.com

En los estudios de procedencia, una de las técnicas más utilizadas es el análisis de minerales pesados. Los minerales pesados son considerados minerales accesorios de alta densidad (> 2.8 g/cm³) que típicamente comprenden 1% de sedimentos siliciclásticos (Mangey Maurer, 1992). El uso de minerales pesados en sucesio-

nes siliciclásticas y metasiliciclásticas ha demostrado ser una poderosa herramienta para determinar la roca fuente, la edad, la composición química e historia de formación de dichos detritos, además de ser ampliamente utilizada en la correlación estratigráfica de sucesiones con ausencia de registro bioestratigráfico.

Tabla I. Pettijohn *et al.*, en 1973, establecieron la siguiente clasificación de minerales pesados.

Muy inestable	Inestable	Moderadamente estables	Estable	Ultraestable
Olvido	Hornblenda, actinolita, augita, diópsido, hiperstena andalusita.	Epidota, cianita, granate (enriquecido en Fe), sillimanita, esfena, zoisita.	Apatito, granate (empobrecido en Fe), estauroлита, monacita.	Rutilo, circón, turmalina, anatasa.

¿CÓMO ESTUDIAR MINERALES PESADOS?

Para estudiar los minerales pesados con eficacia, éstos se preparan en concentrados, los cuales se obtienen disgregando la roca a estudiar hasta obtener fragmentos separados de la fracción. Posteriormente, con la fracción fina a muy fina (0.063- 0.125mm) se separa la fracción densa mediante técnicas que incluyen drenaje, magnetismo, tamizado y el uso de líquidos densos o líquidos “pesados”, como el bromoformo o tetrabromoetano, con gravedad específica de 2.8 g/cm³ y 2.97 g/cm³, respectivamente, densidades que pueden ser ajustables con etanol. Alternativamente, el politungstato sódico no tóxico con densidades ajustables. Los minerales pesados se hunden en estos líquidos, lo cual permite su completa segregación de los componentes menos densos (Mangey Maurer, 1992; figura 1a,b).

La mineralogía óptica ofrece una visión general de los minerales pesados, debido a que tienen propiedades ópticas que permiten su identificación, como el color natural y de interferencia, el ángulo de extinción, el pleocroísmo, entre otras. Con disponibilidad de instrumentos sofisticados como la difracción de rayos X (XRD), la espectrometría de fluorescencia de rayos-X (XRF), el microscopio electrónico de barrido (SEM), la microsonda electrónica (EDS–SEM), la catodoluminiscencia (CL), el multicolector de ablación láser (MC–ICP–MS), la microsonda iónica de alta resolución (SHRIMP) se obtendrá mayor información, resolución y precisión del análisis.

Las técnicas que analizan a un solo grano pueden subdividirse en tres grupos: (1) las microscópico-morfológicas (incluyendo microscopía electrónica de barrido y catodoluminiscencia) usan variaciones de forma, color y estructuras internas como zonificación y fracturas en una determinada fase mineral para restringir diferentes orígenes (Lihou y Mange-Rajetzky, 1996;

Seyedolali *et al.*, 1997; Dunkl, Di Gulio y Kuhlemann, 2001; figura 1c); (2) las geoquímicas de un solo grano (microscopía electrónica y análisis ICP-MS por ablación con láser) permiten determinar la composición química y su variabilidad entre los granos de una determinada fase mineral con fines de discriminación de procedencia, huellas litológicas y termobarométricas (Morton, 1991; Von Eynatten y Gaupp, 1999; Zack *et al.*, 2002), y las de (3) datación radiométrica de minerales detríticos simples para la datación geocronológica (figura 1c) y termocronología (Sircombe, 1999; Rahl *et al.*, 2003; Von Eynatten y Wijbrans, 2003).

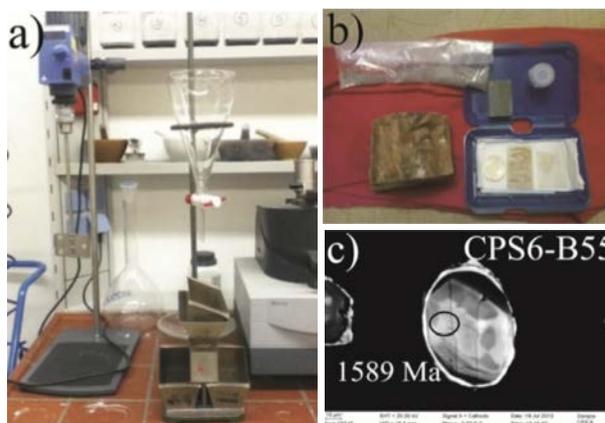


Figura 1. a) Equipo utilizado para el drenaje de los minerales pesados, b) muestra de mano, polvos, lámina delgada y concentrados de minerales pesados, c) imagen retrodispersada que muestra la textura en circón detrítico redondeado con intercrecimiento y zonación oscilatoria y la edad.

¿QUÉ INFORMACIÓN BRINDAN LOS MINERALES PESADOS?

Existen minerales pesados muy diversos en las rocas; se pueden reconocer más de cincuenta tipos. Un rasgo importante es que la paragénesis de muchos de estos minerales pesados está restringida a ciertas condiciones dinamo-térmicas; por tanto, las concentraciones de minerales pesados son útiles como indicadores de la génesis de los sedimentos dependiendo de la química primaria y el nivel de erosión del terreno fuente (Statterger, 1976). Por consiguiente, la información obtenida por medio de la caracterización óptica y química de minerales pesados, provee información acerca de las posibles áreas alimentadoras de las cuencas sedimentarias (Felicka, 2000; Bradley *et al.*, 2014).

Por ejemplo, si en una muestra se encuentran minerales asociados a rocas metamórficas, como glaucofana o cordierita, se puede inferir que el área fuente es una unidad geológica de origen metamórfico, y no un área de origen ígneo. Por otra parte, si al realizar análisis isotópicos en un circón de una muestra se obtiene una edad de 1000 millones de años, entonces la roca que dio origen a ese mineral debe tener la misma edad.

Según las bases de la geología, las rocas se distribuyen de manera finita en la superficie de la Tierra. Por lo tanto, si observamos el mapa geológico de una región, por ejemplo el noreste de México, veremos que el territorio está conformado por diversas unidades litológicas, restringidas a un área específica.

Estas unidades de roca han sido clasificadas de acuerdo a los procesos que las formaron, ya sean volcánicos, plutónicos, metamórficos o sedimentarios. Además de que en muchos casos se conoce previamente su composición mineral y su edad. De esta manera, los mapas geológicos son fundamentales para discriminar las posibles áreas fuente de una muestra con contenido de minerales pesados.

Otras áreas en la que los análisis de minerales pesados son de utilidad

Exploración de yacimientos minerales

Por ejemplo, las arenas ricas en minerales pesados son la principal fuente de rutilo (TiO_2) utilizado para materia prima en la industria de pigmentos, a través de la recuperación de los minerales ilmenita ($\text{Fe}^{2+}\text{TiO}_3$), y leucoxeno (a la alteración del producto de la ilmenita), de circón (ZrSiO_4). Otros minerales pesados produci-

dos como coproductos de algunos depósitos son silimanita, cianita, estauroлита, monacita y el granate. La monacita [(Ce, La, Nd, Th) PO_4] es una fuente de elementos de tierras raras. Como el torio, éstos se utilizan en el subdesarrollo de energía nuclear (Dunkl, Di Gulio y Kuhlemann, 2001).

Industria petrolera

El análisis de minerales pesados complementa la correlación bioestratigráfica tradicional de los reservorios clásticos. Diversos procesos dan lugar a cambios estratigráficos en la composición de los sedimentos, incluyendo el levantamiento del área fuente, los cambios climáticos, la extensión del almacenamiento aluvial en la llanura de inundación y la interacción entre diferentes sistemas de deposición. El análisis de minerales pesados es una técnica confiable y probada para la correlación de sucesiones clásticas debido a que proporciona una comprensión detallada de los efectos de los procesos que alteran la señal de procedencia durante el ciclo sedimentario, como la diagénesis.

Geología forense

El examinador necesita un amplio conocimiento de la geología y mapas geológicos y de suelos para responder preguntas. Por ejemplo, si el suelo de un cuerpo no coincide con el lugar donde se encuentra el cuerpo, ¿desde dónde se movió el cuerpo? Análogamente, los examinadores pueden comparar dos muestras, una asociada con el sospechoso y la otra recogida de la escena del crimen, para ver si tenían una fuente común: ¿el suelo del zapato del sospechoso se compara con el tipo de suelo recogido en la escena del crimen?

En estudios recientes, investigadores del Instituto de Geología, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí y de la Facultad de Ciencias de la Tierra de la Universidad Autónoma de Nuevo León estudiaron el basamento metamórfico paleozoico de la Sierra Madre Oriental en el noreste de México (Barboza-Gudiño *et al.*, 2011; Torres *et al.*, 2015; figura 2a), con el objetivo de entender la distribución de las rocas y conocer su fuente principal antes del metamorfismo relacionado con el cierre del supercontinente Pangea.

Al estudiar estas rocas se encontró un mineral pesado conocido como zircón, los investigadores pudieron determinar dos fuentes principales de edades a) grenvillianas (1250-920 Ma) y b) panafricanas (730-530

Ma) (Torres *et al.*, 2015; Torres, s.a.). Estas edades indican que podrían proceder del bloque de corteza de Oaxaquia y de los bloques de Yucatán y Florida (figura 2b), así como otras posibles áreas relacionadas al paleo-continente Gondwana. Sustentándose el origen de estas rocas a la porción noroccidental de Gondwana, debido al acercamiento de los megacontinentes durante el cierre de la Pangea.

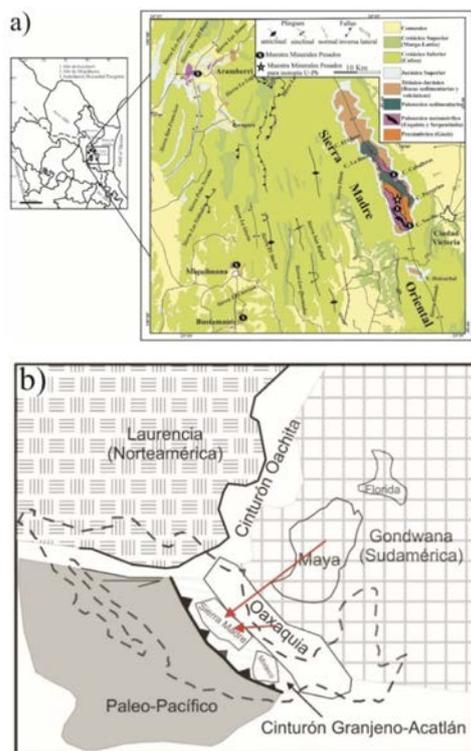


Figura 2. a) Localización del área de estudio (modificado de Torres *et al.*, 2015), b) mapa paleogeográfico de México durante el Pensilvánico-Permiano (300 Ma). Las líneas rojas indican la procedencia del área de estudio.

CONCLUSIONES

Estudios como el que se presentó demuestran que a partir del análisis de minerales pesados es posible proponer hipótesis paleogeográficas que expliquen la distribución de los continentes a lo largo del tiempo. Estos estudios tienen implicaciones en el entendimiento de las orogénesis, la generación de cuencas sedimentarias y de sistemas fluviales del pasado.

Las asociaciones de minerales pesados brindan información única, que no es proporcionada por otro tipo de análisis; sin embargo, esta información se encuentra codificada, así que sólo el uso de las técnicas adecuadas y propiamente aplicadas podrá resolver el problema.

REFERENCIAS

Ali, S., *et al.* (2014). The provenance of Cretaceous to Quaternary sediments in the Tarfaya Basin, SW Morocco: evidence from trace element geochemistry and radiogenic Nd-Sr isotopes. *Journal of African Earth Sciences*, 90, 64-76.

Armstrong-Altrin, J.S. (2014). Evaluation of two multidimensional discrimination diagrams from beach and deep-sea sediments from the Gulf of Mexico and their application to Precambrian clastic sedimentary rocks. *International Geology Review*, 57, 1446-1461.

Barbera, G., Critelli, S., y Mazzoleni, P. (2011). Petrology and geochemistry of Cretaceous sedimentary rocks of the Monte Soro Unit (Sicily, Italy). Constraints on weathering, diagenesis, and provenance. *Journal of Geology*, 119, 51-68.

Barboza-Gudiño, J.R., *et al.* (2011). Geocronología de circones detríticos de diferentes localidades del Esquisto Granjeno en el noreste de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 63, 2, 201-216.

Basu, A. (2003). A perspective on quantitative provenance analysis, in: Valloni, R., y Basu, A. (Eds.), *Quantitative Provenance Studies in Italy*, *Memorie Descrittive della Carta Geologica dell'Italia*, vol. 61, p. 11-22.

Bhatia, M.R., y Taylor, S.R. (1981). Trace-element geochemistry and sedimentary provinces: a study from the Tasman geosyncline, Australia. *Chemical Geology*, 33, 115-125.

Blatt, H., Middleton, G.V., y Murray, R.C. (1972). *Origin of sedimentary rocks*. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

Boggs, S. (2009). *Petrology of sedimentary rocks*. Cambridge University Press.

Bradley S., Van Gosen, *et al.* (2014). *Deposit Model for Heavy-Mineral Sands in Coastal Environments*. Virginia, Scientific Investigations Report 2010-5070 L, U.S. Geological Survey.

Cullers, R.L., y Podkovyrov, N. (2002). The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U1 group, southeastern Russia. *Precambrian Research*, 117, 157-183.

Dunkl, I., Di Gulio, A., y Kuhlemann, J. (2001). Combination of single-grain fission-track geochronology and morphological analysis of detrital zircon crystals in provenance studies-sources of the Macigno formation (Apennines, Italy). *Journal Sedimentary Research*, 71, 516-525.

Fedo, C.M., Eriksson, K.A., y Krogstad, E.J. (1996). Geochemistry of shales from the Archean (~3.0 Ga) Buhwa Greenstone Belt, Zimbabwe: implications for provenance and source-area weathering. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60, 1751-1764.

- Felicka, E. (2000). Heavy minerals in the Carboniferous sediments of the Intra-Sudetic Basin as palaeogeographic indicators. *Geologia Sudetica*, Vol. 33, No.1, 49-65.
- Garzanti, E., *et al.* (2013). Weathering and relative durability of detrital minerals in equatorial climate: and petrology and geochemistry in the East African Rift. *Journal of Geology*, 121, 547-580.
- Ghosh, S., y Sarkar, S., (2010). Geochemistry of Permo-Triassic mudstone of the Satpura Gondwana Basin, Central India: clues for provenance. *Chemical Geology*, 277, 78-100.
- Götze, J. (2009). Chemistry, textures and physical properties of quartz—geological interpretation and technical application. *Mineralogical Magazine*, 73, 645-671.
- Imchen, W., Thong, G.T., y Pongen, T. (2014). Provenance, tectonic setting and age of the sediments of the Upper Disang Formation in the Phek District, Nagaland. *Journal of Asian Earth Sciences*, 88, 11-27.
- Lihou, J.C., y Mange-Rajetzky, M.A. (1996). Provenance of the Sardona flysch, eastern Swiss Alps: example of high-resolution heavy mineral analysis applied to an ultrastable assemblage. *Sedimentary Geology*, 105, 141-157.
- Mackenzie, F.T. (2005). *Sediments, diagenesis, and sedimentary rocks: Treatise on Geochemistry*, vol. 7, Elsevier.
- Mange-Rajetzky, M.A. (1981). Detrital blue sodic amphibole in recent sediments, southern coast, Turkey. *Journal of the Geological Society of London* 138, 83-92.
- Mange, M. A., y Maurer, H. F. (1992). *Heavy minerals in colour* London: Chapman & Hall. Vol. 147, p. 145.
- McCann, T. (1991). Petrological and geochemical determination of provenance in the southern Welsh Basin. *Geological Society of London, Special Publication*, 57, 215-230.
- Morton, A.C. (1985). Heavy minerals in provenance interpretation. In: Zuffa, G.G. (Ed.), *Provenance of Arenites*. NATO Adv. Sci. Srs., C-148. Reidel, pp. 249-277.
- Morton, A.C. (1991). Geochemical studies of detrital heavy minerals and their application to provenance research. In: Morton, A.C., Kronz, A., Haughton, P.D.W. (Eds.), *Developments in Sedimentary Provenance Studies*. Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., vol. 57, pp. 31-45.
- Morton, A.C. y Chenery, S. (2009). Detrital rutile geochemistry and thermometry as guides to provenance of Jurassic-Paleocene sandstones of the Norwegian Sea. *Journal of Sedimentary Research*, 79, 540-553.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E., y Siever, R. (1987). *Sand and Sandstone*, Springer, 553 p.
- Rahl, J.M., *et al.* (2003). Combined single-grain (U-Th)/He and U/Pb dating of detrital zircons from the Navajo Sandstone, Utah. *Geology*, 31, 761-764.
- Raymond, L.A. (2002). *Petrology: the study of igneous, sedimentary, and metamorphic rocks*. McGraw-Hill Science, Engineering & Mathematics.
- Roser, B.P., y Korsch, R.J. (1986). Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratios. *Journal of Geology*, 94, 635-650.
- Roser, B.P., y Korsch, R.J. (1988). Provenance signatures of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chemical Geology*, 67, 119-139.
- Seyedolali, A., *et al.* (1997). Provenance interpretation of quartz by scanning electron microscope-cathodoluminescence fabric analysis. *Geology*, 25, 787-790.
- Sircombe, K.N. (1999). Tracing provenance through the isotopic ages of littoral and sedimentary detrital zircon, eastern Australia. *Sedimentary Geology*, 124, 47-67.
- Stattegger, K. (1976). Schwermineraluntersuchungen in den klastischen Serien der Variszischen Geosynklinale der Ostund Zentral-pyrenäen. *Mitt. Osterr. Geogr. Ges.* 69, 267-290.
- Torres S., S.A., *et al.* (2015). Magmatic source and metamorphic grade of metavolcanic rocks from the Granjeno Schist: was northeastern Mexico a part of Pangaea? *Geological Journal*, Vol. 51, 845-863.
- Torres S., S.A. (s.a.), *Implicaciones geodinámicas del Complejo Metamórfico Paleozoico de la Sierra Madre Oriental en el Noreste de México*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias de la Tierra, 236 p.
- Von Eynatten, H., y Gaupp, R. (1999). Provenance of Cretaceous synorogenic sandstones in the Eastern Alps: constraints from framework petrography, heavy mineral analysis, and mineral chemistry. *Sedimentary Geology*, 124, 81-111.
- Von Eynatten, H., y Wijbrans, J.R. (2003). Precise tracing of exhumation and provenance using Ar/Ar-geochronology of detrital white mica: the example of the Central Alps. *Geological Society London, Special Publication*, 208, 289-305.
- Zack, T., *et al.* (2002). Trace element abundances in rutiles from eclogites and associated garnet mica schists. *Chemical Geology*, 184, 97-122.



¿Podría haber beneficiarios para un tratamiento preventivo de metástasis en cáncer de mama?

Miles de mujeres alrededor del mundo padecen o padecerán cáncer de mama. Actualmente los especialistas no disponen de alguna herramienta para una detección temprana de los pacientes con cáncer de mama que sufrirán metástasis en los huesos, el cual, lamentablemente, se producirá en 15-20% de los enfermos. Tampoco pueden identificar los pacientes que se podrían beneficiar anticipadamente de tratamientos específicos de metástasis, como el ácido zoledrónico.

Robert E. Coleman, de la Universidad de Sheffield, y el investigador ICREA del Instituto de Investigación Biomédica (IRB Barcelona) (Catalunya, España), Roger Gomis, han publicado en *Lancet Oncology*, un estudio sobre la amplificación del gen MAF (el gen responsable de la metástasis ósea en cáncer de mama) como una aproximación que permite estratificar a los pacientes de cáncer de mama que se beneficiarían del uso de ácido zoledrónico en un contexto adyuvante (pacientes negativos para MAF), de aquellos que les sería perjudicial (positivos para MAF y que no estén en postmenopausia).

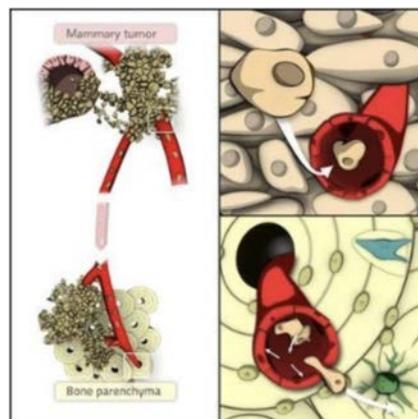
El descubrimiento original fue patentado y transferido a la empresa Inbiomotion del IRB Barcelona e ICREA, creada a finales de 2010. Inbiomotion, dirigida por Ysios Capital y la Caixa Capital Risc, ha desarrollado la tecnología necesaria para validar el marcador en estudios clínicos.

Las metástasis óseas son el único tipo del que se disponen de tratamientos que, aunque sin curarlas, las mantiene contro-

ladas. Ahora bien, la terapia sólo se administra una vez que la metástasis se manifiesta y suele ser demasiado tarde. Estudios preliminares indican que los mismos fármacos para tratarlas serían igualmente válidos para evitarlas, por ello identificar los pacientes que podrían beneficiarse de los fármacos es clave.

Aproximadamente, hay un millón de nuevos casos de cáncer de mama al año. El tratamiento preventivo contra las metástasis al hueso puede tener efectos secundarios indeseables y un coste elevado, por tanto, no se puede administrar masivamente, cuando ya se sabe que podría ser perjudicial para el 4% de los pacientes.

La evaluación en función de MAF tiene el potencial de convertirse en un enfoque objetivo para seleccionar pacientes con cáncer de mama al que administrar un tratamiento adyuvante con bisfosfonato (es decir, ácido zoledrónico) (fuente: IRB Barcelona).



Cristales que cambian su dureza

Te imaginas un celular con un apantalla que se vuelva casi irrompible con sólo girarlo, sería genial, porque tendríamos una preocupación menos y nos ahorraríamos el protector. Pues bien, aunque su aplicación no es en celulares, el grupo de Nanofísica de Óxidos del Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2) (Catalunya, España), liderado por el profesor ICREA Gustau Catalán, ha publicado recientemente en *Advanced Materials* los últimos descubrimientos de su

línea de investigación sobre flexoelectricidad, una propiedad que permite generar energía eléctrica doblando un material, o al revés, hacer que éste se doble aplicando un voltaje.

La estudiante de doctorado Kumara Cordero-Edwards es la primera autora de un nuevo trabajo, realizado en colaboración con investigadores de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), donde muestra cómo la resistencia a hen-

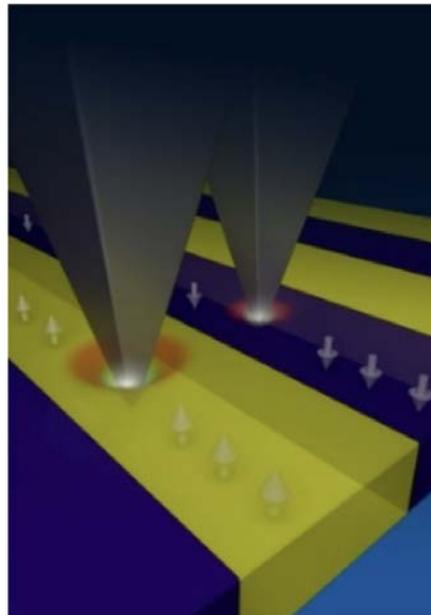
diduras de los cristales polares puede ser manipulada de tal manera que sea más fácil o más difícil dejar una marca desde una dirección determinada.

Esto sucede porque, en estos materiales (llamados piezoeléctricos), las hendiduras generan electricidad. Parte de la polarización eléctrica se debe a la deformación, fenómeno conocido como piezoelectricidad. Pero también se genera electricidad debido al gradiente de deformación, a la flexoelectricidad. Si las dos polarizaciones (piezoeléctrica y flexoeeléctrica) son paralelas, la polarización total será muy fuerte.

Eso conlleva un mayor coste energético y, por tanto, más dificultad para dejar una marca. Pero si damos la vuelta al material, el eje piezoeléctrico (y por tanto el signo de la polarización) se opondrá al efecto flexoeeléctrico, haciendo que la polarización total sea más débil. Por lo tanto, hacer una muesca en el material será más fácil.

Las conclusiones de los investigadores del ICN2 no terminan aquí. En el caso de un subconjunto particular de materiales piezoeléctricos, los ferroeléctricos, ni siquiera es necesario girar físicamente el material al revés. Es posible conseguir el mismo efecto simplemente aplicando un voltaje externo para invertir su eje polar.

Estos efectos se observaron no sólo para las hendiduras o perforaciones fuertes, sino también para las presiones no destructivas más suaves realizadas por la punta de un microscopio de fuerza atómica. Aparte de las aplicaciones potenciales en revestimientos inteligentes con resistencia selectiva, estos efectos podrían ser utilizados en el futuro como método para leer memorias ferroeléctricas simplemente presionándolas (fuente: ICN2).



Los perros y sus “caras”

¿Alguna vez te ha parecido que tu perro, o el del vecino se te queda viendo y te hace gestos? Déjame decirte que no estás tan equivocado, la mayoría de las especies de mamíferos generan expresiones faciales, pero muchas se han considerado simples respuestas automatizadas de un determinado estado emocional, y no un modo de comunicación. En primates no humanos se demostró que, ante la presencia de una audiencia, los mamíferos usan los gestos para que sean vistos por otros.

Ahora, un equipo de investigación de la Universidad de Portsmouth (Reino Unido) ha querido comprobar si este intento de relacionarse se produce en otros animales que no sean primates, y ha elegido a los perros domésticos por su larga historia de convivencia junto al ser humano.

Los resultados revelan que los canes también generan expresiones faciales, como levantar las cejas, porque son sensibles a la atención prestada por parte del ser humano. Para llegar a estas conclusiones, los investigadores realizaron una serie de experimentos con 24 perros domésticos de diferentes géneros, razas y edades, utilizando como único estímulo la comida.

Los animales se enfrentaron a cuatro situaciones distintas en las que una misma persona miraba a cada uno de ellos de frente con o sin comida, o se ponía de espaldas a los perros con o sin alimento. Todas las reacciones de los canes fueron grabadas en video para ser analizadas.

Según los expertos, los perros produjeron significativamente más movimientos faciales cuando el ser humano se mostró frente a ellos que cuando estaba de espaldas. Además, la presencia de alimentos –un estímulo no social pero excitante– no generó ningún efecto en el comportamiento de los animales (fuente: SINC).



Nuevo material para refrigeración verde

Seguramente has escuchado que gas el en el refrigerador o en el sistema de enfriamiento de los automóviles es muy peligroso y contaminante. Al respecto, un equipo internacional de investigación, en el que participa el físico Daniel Errandonea, del Instituto de Ciencia de los Materiales (ICMUV), en el Parc Científic de la Universitat de València (España), acaba de predecir efectos mecanocalóricos gigantes –uno de los retos de la física de materiales modernos– en películas delgadas de conductores de iones rápidos, un tipo de material cuya abundancia viabiliza el desarrollo de tecnologías de refrigeración verde. El trabajo aparece publicado en la revista *Nature Communications*.

Con el fin de evitar el uso de gases contaminantes propios de los métodos convencionales de enfriamiento, desde hace años se utilizan métodos ‘de refrigeración de estado sólido’. En éstos se sustituye el gas de intercambio de calor de los métodos convencionales por un material en estado sólido. Sometiendo este material a un campo mecánico externo –por ejemplo, presión– se pueden conseguir cambios en la temperatura del mismo. Esto propiciará la cesión o absorción de calor entre dicho material y el entorno, actuando así como método de enfriamiento. Este fenómeno, conocido como ‘efecto mecanocalórico’, era hasta hace poco cuatro veces menos eficiente que los métodos convencionales de enfriamiento.

En la descompresión, el sólido se enfría y absorbe calor, enfriando el frigorífico. Después se comprime el sólido que aumenta la temperatura. Por último, el sólido libera el exceso de calor a la atmósfera. Un gran reto para la física es la búsqueda de materiales con un comportamiento mecanocalórico gigante, mucho más potente, que aumente la viabilidad de la refrigeración de estado sólido y permita que esta tecnología pueda erigirse como alternativa eficiente y amigable con el medio ambiente.

El equipo de Daniel Errandonea ha descubierto que los efectos mecanocalóricos gigantes se pueden producir sobre películas delgadas de algunas familias de conductores de iones rápidos, como el oxiclورو de litio o el yoduro de plata, un tipo abundante de materiales que se emplea de forma rutinaria en baterías electroquímicas.

El artículo publicado en *Nature Communications* describe cómo los científicos han logrado rebajar dicha temperatura a 300 K. Por otro lado, también determinaron que el efecto mecanocalórico observado es reversible y que la fuerza mecanocalórica (parámetro que determina la eficiencia del ciclo de enfriamiento) de las películas delgadas de yoduro de plata es comparable a la de los mejores materiales mecanocalóricos conocidos hasta ahora. Estos resultados amplían considerablemente la posibilidad de usar películas delgadas de materiales superiónicos en nuevas tecnologías de refrigeración respetuosas del medio ambiente (fuente: U. València).



Pruebas más rápidas para detectar cáncer

Te imaginas lo importante que sería disponer de los resultados de las pruebas de cáncer en un día, en lugar de tener que esperar dos semanas como es habitual; pues esto es lo que propone una empresa emergente alojada en uno de los viveros de la Agencia Espacial Europea (ESA). Para ello, emplea tecnología sin papel y transferencia online de imágenes. Sus caravanas ya recorren las calles.

Según datos estadísticos, una de cada ocho británicas desarrolla cáncer de mama al menos una vez en su vida. Por este motivo, en el Reino Unido se emplean unidades móviles para acercar el cribado (una estrategia aplicada sobre una población para detectar una enfermedad en individuos sin signos o síntomas de esa enfermedad) a las usuarias, por ejemplo, cerca de los supermercados.

Cuando se estableció el servicio, hace unos 28 años, los casetes con las películas de rayos X se llevaban hasta los hos-

pitales para su revelado. Hoy, los discos duros con las imágenes digitales se envían al hospital para su interpretación por mensajero, en taxi o a través del propio personal del servicio. Además de su elevado coste y de los retrasos que implica, no supone un uso eficiente del tiempo del personal sanitario.

La empresa Viv, especialista en mamografía con una amplia experiencia en la detección móvil, consideraba inaceptable esta situación. Tras experimentar las ventajas de trabajar en un entorno conectado, en 2015 fundó DEOS Consultancy para desarrollar un programa más eficiente.

En la actualidad, la mayoría de las imágenes viajan a través de redes 3G/4G, de forma totalmente automática, sin que

el personal médico tenga que intervenir. Si las redes móviles locales son demasiado lentas, usan satélites, con esto han reducido a la mitad los 42 pasos necesarios hasta ahora, así como la producción de documentación en papel. La solución es totalmente online. Además de disminuir costes y ahorrar tiempo, se ha mejorado la precisión y se ha simplificado el trabajo. Además, el servicio ahora es más rápido y cómodo para la usuaria.

Actualmente, las citas se dan con varios días de antelación y las pruebas se llevan a cabo según unas agendas en papel que se llevan a las unidades móviles diariamente, por lo que no es fácil efectuar cambios de última hora (fuente: ESA).



Software para predecir la vida útil de los alimentos

Seguramente has comprado algún pastelillo que no trae fecha de caducidad, y te has preguntado cuánto tiempo llevará “esperando” hasta llegar a tus manos. Pues bien, debes saber que antes de lanzar nuevos productos al mercado, la industria alimentaria realiza estudios de estabilidad de los alimentos para conocer la evolución de sus propiedades con el paso del tiempo. Al contrario de lo que ocurre con los alimentos perecederos (frutas, verduras...), en los que en días se inicia su degradación y, por tanto, se puede conocer su vida útil en un tiempo corto; en los alimentos poco perecederos como snacks, galletas o purés este análisis resulta complicado, porque su deterioro requiere meses o años, y retrasa su lanzamiento.

Por ello, para poder obtener predicciones de la caducidad o vida útil de los alimentos poco perecederos, se realizan estudios acelerados o ASLT que consisten en someter a los productos a distintas condiciones de almacenamiento forzadas para acelerar su degradación. Las principales variables para acelerar el deterioro de los alimentos son: temperatura, humedad, exposición al oxígeno y presencia de luz. Sin embargo, aunque los ASLT ayudan a ganar tiempo, sólo permiten realizar predicciones de vida útil con cierto grado de error y aplicando factores de aceleración estándar.

AINIA (una asociación privada con fines no lucrativos en España) ha desarrollado una herramienta informática que permite predecir la vida útil de los alimentos poco perecederos, así como comparar entre diferentes lotes y validar su vida útil con mayor rapidez. Este prototipo de software, basado en modelos matemáticos, ya se ha testado con productos de cinco empresas valencianas que han colaborado en este proyecto para predecir la degradación de snacks, galletas y purés de frutas o vegetales. Además, estas empresas han participado en el desarrollo del proyecto ayudando al equipo técnico de AINIA a identificar la problemática y principales necesidades del sector en esta materia.

El software permite desarrollar una metodología robusta, objetiva y rápida, apoyada por nuevas tecnologías fundamentadas estadísticamente, que ayuda en la toma de decisiones en el proceso de desarrollo de nuevos productos o fórmulas y como control de calidad para validación de lotes. Se estima que más de 900 empresas de snacks, galletas y purés de la Comunitat Valenciana, cerca de 12.000 a nivel nacional y en un futuro otras empresas a nivel mundial pueden beneficiarse de este nuevo modelo predictivo desarrollado por AINIA (fuente: AINIA/DICYT).



El té negro contra el sobrepeso

En mi ciudad, hace un par de meses nos despertamos con la noticia de varias defunciones de mujeres que consumieron pastillas para bajar de peso. Tal noticia encendió las alarmas de qué cosas consume la gente en su búsqueda por alcanzar el peso ideal. Al respecto, el equipo de Susanne Henning, del Centro de Nutrición Humana, de la Escuela David Geffen de Medicina en la Universidad de California, en Los Ángeles (UCLA), Estados Unidos, ha demostrado por primera vez que el té negro puede promover la pérdida de peso en personas con kilos de más, así como propiciar otros beneficios para la salud, al cambiar las bacterias del intestino de una manera

beneficiosa. En una serie de experimentos con ratones, los autores de este nuevo estudio han comprobado que el té negro altera el metabolismo energético en el hígado mediante el cambio de los metabolitos del intestino.

Los beneficios del té verde ya eran conocidos; los resultados del nuevo estudio apuntan ahora a que los polifenoles en este té y en el negro acaban provocando cambios en la población bacteriana intestinal con efectos similares en cuanto a regulación del peso corporal de la persona.

Los análisis de los experimentos indican que tanto el té negro como el verde cambiaron la proporción de las bacte-



rias intestinales en los animales: el porcentaje de bacterias asociadas con la obesidad disminuyó, mientras que aquellas asociadas con una masa corporal sin grasa excesiva se incrementaron.

Entre las causas de la tendencia al sobrepeso figura la de tener una flora intestinal inadecuada, la cual promueve la retención de grasa. Los resultados de la nueva investigación sugieren que tanto el té verde como el negro contienen sustancias que favorecen la proliferación de microorganismos buenos que contribuyen a la salud de la persona (fuente: SINC).



Mejor condición física igual a más materia gris en el cerebro de los niños

Hacer ejercicio para qué, si podemos jugar videojuegos, éste es sin duda el pensamiento de muchos niños hoy en día. Lo que no saben estos niños es que investigadores de la Universidad de Granada (UGR) (España) han demostrado por primera vez en el mundo que la condición física de los infantes puede influir en la estructura cerebral, lo que a su vez puede determinar su rendimiento académico. En concreto, los científicos han confirmado que el nivel de condición física de los niños, principalmente la capacidad aeróbica y la habilidad motora, está asociada con un mayor volumen de materia gris en numerosas áreas corticales y subcorticales del cerebro.

En particular, la capacidad aeróbica se asoció con mayor volumen de materia gris en regiones frontales (corteza premotora y corteza motora suplementaria), subcorticales (hipocampo y caudado), regiones temporales (giro temporal inferior y giro parahipocampal) y la corteza calcarina; regiones cerebrales importantes para el aprendizaje, la función ejecutiva y procesos motores y visuales.

Esta investigación ha sido publicada en *Neuroimage*, y forma parte de un novedoso proyecto a nivel mundial, ActiveBrains, en el que se está llevando a cabo un ensayo clínico aleatorizado en más de 100 niños con sobrepeso/obesidad, liderado por Francisco B. Ortega, y llevado a cabo princi-

palmente en los institutos/centros de investigación IMUDS (Instituto Mixto Universitario Deporte y Salud) y CIMCYC (Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento) de la UGR.

A su vez, en la investigación la habilidad motora se asoció con mayor volumen de materia gris en dos regiones claves para el procesamiento del lenguaje y la lectura, el giro frontal inferior y el giro temporal superior. Sin embargo, la fuerza muscular no mostró ninguna asociación independiente con el volumen de materia gris en ninguna región del cerebro.

Este artículo científico supone una importante contribución al conocimiento humano que debe ser tenido en cuenta por las instituciones educativas y de salud pública (fuente: UGR/DICYT).



¿Se te olvida tomar el medicamento?

Seguramente te ha pasado más de una vez que tienes que tomar tu medicamento a cierta hora y se te olvida, esto es algo muy común, siempre tendemos a olvidar los horarios que el médico señala. Pues déjame decirte que esto está a punto de terminar, ha llegado al mercado Calendula, un asistente para la gestión personal de la medicación, dirigido a aquellas

personas que tienen problemas para seguir su tratamiento, se olvidan de tomar sus fármacos, o tienen pautas complejas difíciles de recordar. También la pueden usar aquellas personas responsables de la medicación de familiares o que están cuidando personas enfermas.

Se trata de una aplicación móvil desarrollada por los investigadores de CiTIUS (España), la cual lleva por nombre

Calendula; esta app facilitará el cumplimiento de los tratamientos prescritos mediante la sincronización en el móvil de las pautas de medicación del paciente y del calendario de recogida de medicamentos, además de otras funcionalidades como recordatorios, avisos o acceso a los prospectos oficiales, entre otras (fuente: CiTIUS).



El llanto del bebé, un llamado que hay que responder

¿De cuántos de ustedes se cuenta que cuando eran bebés lloraban mucho, a todas horas y a todo pulmón, y que sólo se calmaban cuando oían a su mamá? Seguramente no son pocos; en los humanos, el llanto infantil es la forma de comunicación preverbal más temprana. Un equipo internacional de investigadores, liderado por expertos del Instituto de Salud Infantil y Desarrollo Humano Eunice Kennedy Shriver de EE.UU., ha descrito la base neurobiológica de las respuestas de las madres humanas a esos sonidos.

Hasta ahora, no existía consenso sobre el grado en que los cuidadores humanos están programados biológicamente para responder a la angustia vocal de los más pequeños. Lo que parecía claro es que la capacidad de respuesta del cuidador es vital para la supervivencia del bebé y, por lo tanto, la continuación de la especie.

En este trabajo, publicado en la revista *PNAS*, analiza el comportamiento de 684 madres de 11 países que tenían hijos

de unos 5 meses de edad. En todas las culturas analizadas, las madres respondían al llanto levantando y sostenido al niño, además de hablar con él.

Los expertos tenían la hipótesis de que los sollozos de los bebés provocarían respuestas comunes en los cerebros de las nuevas madres, independientemente de su cultura. Para comprobarlo, examinaron con resonancia magnética funcional a 43 madres que vivían en Estados Unidos y a 44 madres en China.

En ambos grupos, el sonido del llanto provocó una reacción dinámica: activó el área motora suplementaria del cerebro, asociada con la intención de moverse y hablar; el área de Broca y las regiones temporales superiores, ambas relacionadas con el procesamiento del habla y los sonidos complejos; así como las regiones del mesencéfalo y del cuerpo estriado, asociadas con el cuidado del niño.

Tras el análisis, los autores concluyen que existe una base neurobiológica y evolutiva para la respuesta materna humana al llanto de los bebés (fuente: SINC).



Alam García Heredia

Químico bacteriólogo parasitólogo por la UANL. Doctorante en Filosofía en Biología Molecular y Celular en la Universidad de Massachusetts, EE.UU.

Álvaro Barbosa Quintana

Médico cirujano y partero por la UANL. Subespecialista en Patología Pediátrica por el INP, México. Realizó residencia en Anatomía Patológica, HU-UANL. Profesor de medio tiempo en la FM-UANL. Jefe del Departamento de Patología, Hospital San José, Tecnológico de Monterrey y del Departamento de Patología, Hospital Zambrano Hellion.

Ana Carolina Martínez-Torres

Química bacterióloga parasitóloga por la UANL. Maestra en Ciencias y Tecnologías, con especialidad en Biología Molecular y Celular, y doctora en Fisiología y Fisiopatología por la Universidad Paris 6 Pierre et Marie Curie, Francia. Profesora titular responsable de la Unidad de Muerte Celular Regulada en Cáncer y el Sistema Inmune, del Laboratorio de Inmunología y Virología, FCB-UANL. Su investigación se ha enfocado en el estudio y la activación de la muerte celular regulada como estrategia para combatir a las células tumorales. Profesora con perfil deseable Prodep, miembro del Cuerpo Académico Consolidado Inmunología. Miembro del SNI, nivel I.

Armando V. Flores Salazar

Licenciado en Arquitectura, especialista en diseño arquitectónico y maestro en Ciencias por la UANL. Doctorado en Arquitectura por la UAM. Es maestro de tiempo completo y exclusivo en la FARq-UANL. Sus líneas de investigación son los objetos arquitectónicos como objetos culturales, con subtemas como lectura arquitectónica y la arquitectura como documento histórico. Es miembro del SNI, nivel II.

Carita Augustsson

Dr. rer. nat. por el Instituto de Geología y Paleontología de la Westfälische Wilhelms-Universität, Münster de Alemania. Profesora asociada del Instituto de Tecnología del Petróleo de la Universidad de Stavanger, Noruega.

Cecilia Ramírez Hernández

Médica veterinaria zootecnista por la UANL. Maestra en Ciencia Animal por la UANL. Profesora de asignatura en la FMVZ-UANL.

Cristina Rodríguez Padilla

Química bacterióloga parasitóloga por la UANL. Maestra y doctora en Ciencias, con especialidad en Inmunología, por el IPN. Profesora titular y jefa del Departamento de Microbiología e Inmunología, del Laboratorio de Inmunología y Virología, y coordinadora del Posgrado en Inmunobiología

de la FCB-UANL. Sus principales líneas de investigación se encuentran orientadas a la investigación biomédica enfocada a la inmunología y el cáncer. Tiene perfil deseable Prodep; líder del Cuerpo Académico Consolidado Inmunología. Miembro del SNI, nivel III, y de la AMC.

Emilio Olivares Sáenz

Egresado de la FA-UANL. Maestro en Estadística por el Colegio de Posgraduados, Chapingo. Maestro en Ciencias, con especialidad en Fertilidad de Suelos, y doctor en Nutrición Vegetal por la Universidad Estatal de Nuevo México, EE. UU. Profesor titular de la FA-UANL y coordinador del Centro de Agricultura Protegida. Trabaja en proyectos de investigación relacionados con invernaderos, nutrición vegetal y el cultivo de moringa.

Estefanía Gómez del Río

Licenciada en Biología por la UMSNH.

Hugo Jair Escalante Balderas

Licenciado en Ciencias de la Computación por la BUAP. Maestro y doctor en Ciencias Computacionales por el INAOE. Investigador titular B de la Coordinación de Ciencias Computacionales del INAOE. Sus áreas de interés comprenden el tratamiento automático de información textual y visual mediante técnicas de inteligencia computacional y optimización mediante métodos bioinspirados. Miembro del SNI, nivel I, y secretario de ChaLearn (The Challenges in Machine Learning Organization).

José Adán Caballero Vázquez

Licenciado en Biología Marina por la UMSNH. Maestro en Ciencias, con especialidad en Recursos Naturales y Desarrollo Regional, por el Colegio de la Frontera (ECOSUR-Chetumal). Doctor en Ciencias Marinas por el Cinvestav-Mérida. Miembro de la SIMAC, de la SOMAC (redes temáticas Conacyt), de la Red del Agua para la Sustentabilidad de la Península de Yucatán (Ecored) y de la Recorecos. Actualmente es investigador del CICY.

José Ángel Merino Mascorro

Químico farmacéutico biólogo, maestro en Farmacia y doctor en Ciencias, con orientación en Biología Molecular e Ingeniería Genética, por la UANL. Realizó estancia doctoral en el Lady Davis Institute, Universidad de McGill, Canadá. Investigador de tiempo completo de la FCB-UANL. SNI, nivel Candidato.

José Rafael Barboza Gudiño

Ingeniero geólogo por la UASLP. Maestro y doctor por la Universidad Técnica de Clausthal, en Alemania. Profesor-investigador de tiempo completo y director del Instituto de Geología, de la UASLP.

José Santos García Alvarado

Químico bacteriólogo parasitólogo y doctor en Ciencias por la UANL. Profesor de la FCB-UANL. Miembro del SNI, nivel III, y de la AMC.

Leticia Huerta Benze

Licenciada en Sociología por la UANL. Maestra en Antropología Social por el CIESAS Ciudad de México y doctorante en Ciencias Sociales por el CIESAS Occidente. Trabaja temas sobre vejez, enfermedades crónicas y experiencia del padecimiento en familias y asilos en contextos de vulnerabilidad desde la antropología médica y procesos de construcción de la experiencia de la demencia en adultas mayores y su impacto en los sujetos y grupos familiares de la zona metropolitana de Monterrey.

Luis Enrique Gómez Vanegas

Licenciado en Letras Hispánicas por la UANL. Diplomado en periodismo científico por la FCC-UANL. Autor del libro *Soledades*. Corrector y gestor editorial de la revista *Ciencia UANL* y corrector de *Entorno Universitario*, de la Preparatoria 16-UANL.

Luis Gómez Morales

Ingeniero en Biotecnología por la UPAEP. Maestro en Ciencias, con orientación en Inmunobiología, por la UANL. Becario Nacional PNPC Conacyt del Doctorado en Ciencias, con orientación en Inmunobiología, de la FCB-UANL. Su investigación se centra en el estudio de péptidos que inducen la muerte de células tumorales.

Luis Mendoza Cuenca

Licenciado en Biología y maestro en Ecología por la UNAM. Doctor en Ecología y Manejo de Recursos por el Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, México. Profesor e investigador titular "B" y jefe de la División de Estudios de Posgrado en la FB-UMSNH. Tiene perfil Promep. Miembro de la AMC.

Melissa del Carmen Martínez Torres

Licenciada en Letras Hispánicas por la UANL. Consejera distrital en el INE. Estudiante de la Especialidad Género y Educación en la Universidad Pedagógica Nacional. Coeditora de la revista *Ciencia UANL*.

Norma Laura Heredia Rojas

Licenciada, maestra y doctora por la UANL. Miembro de la Mesa Directiva del Foro Consultivo Científico y Tecnológico de México, del SNI, nivel III, y de la AMC.

Pedro César Cantú Martínez

Doctor en ciencias biológicas. Trabaja en la FCB-UANL y participa en el IINSO-UANL. Su área de interés profesional se refiere a aspectos sobre la calidad de vida e indicadores de sustentabilidad ambiental. Fundador de la revista *Salud Pública y Nutrición (RESPyN)*. Miembro del Comité Editorial de Artemisa del Centro de Información para Decisiones en Salud Pública de México.

Rafael Ramírez Romero

Médico veterinario zootecnista por la UAT. Maestro en Ciencias por la UNAM. Ph.D. por la Iowa State University. Profesor titular C en la FMVZ-UANL. Certificado en Patología Veterinaria por el Concervet. Miembro del SNI, nivel I, y de la Academia Veterinaria Mexicana.

Roger Z. Ríos Mercado

Licenciado en Matemáticas por la UANL. Maestro y doctor en Ciencias en Investigación de Operaciones e Ingeniería Industrial por la Universidad de Texas en Austin. Profesor titular en la División de Posgrado en Ingeniería de Sistemas de la FIME-UANL. Sus áreas de estudio son la investigación de operaciones como soporte científico a los problemas de toma de decisiones, en particular, a la investigación y desarrollo de algoritmos eficientes para la solución de problemas relacionados con el diseño óptimo de territorios comerciales en el ramo logístico, problemas de localización en sistemas forestales, la secuenciación de operaciones en procesos de manufactura y la operación eficiente de redes de transporte de gas natural. Líder del Cuerpo Académico de Optimización Metaheurística. Miembro del SNI, nivel II, y de la AMC.

Rolando Antonio Silva Pérez

Médico veterinario zootecnista por la UANL. Estudiante de la Maestría en Ciencia Animal, FA/FMVZ-UANL.

Sonia Alejandra Torres Sanchez

Ingeniera geóloga mineralogista y doctora en Ciencias, con especialidad en Geociencias, por la UANL. Profesora-investigadora de tiempo completo de la FI-UASLP. Miembro del cuerpo académico "Geodinámica y Evolución de la Corteza".

Uwe Jenchen

Geólogo, maestro en Ciencias y Dr. rer. nat. por el Instituto de Geología y Paleontología de la Westfälische Wilhelms-Universität, Münster de Alemania. Profesor titular de la FCT-UANL. Líder del Cuerpo Académico "Cuencas Sedimentarias de México".

Yahaira Maciel Martínez

Posgrado en conjunto FA/FMVZ-UANL. Trabaja en el Laboratorio de Diagnóstico Epidemiológico, Unión Ganadera Regional de Nuevo León.



INFORMACIÓN PARA LOS AUTORES

La revista CIENCiAUANL tiene como propósito difundir y divulgar la producción científica, tecnológica y de conocimiento en los ámbitos académico, científico, tecnológico, social y empresarial.

CIENCiAUANL está dirigida al público abierto, con y sin preparación universitaria, a científicos, académicos, tecnólogos, investigadores y estudiantes de todas las áreas profesionales, así como a alumnos de bachillerato y secundaria interesados en aumentar sus conocimientos y fortalecer su perfil cultural.

En sus páginas se presentan avances de investigación científica, desarrollo tecnológico y artículos de divulgación en cualquiera de las siguientes áreas: ciencias exactas, ciencias de la salud, ciencias agropecuarias, ciencias naturales, humanidades, ciencias sociales, ingeniería y tecnología y ciencias de la tierra. Asimismo, se incluyen artículos de difusión sobre temas diversos que van de las ciencias naturales y exactas a las ciencias sociales y las humanidades (física, lógica, filosofía, historia, ecología, geología, antropología, matemáticas, biología, medicina, historia, astronomía, evolución, etcétera).

Se invita a todos los profesores, estudiantes e investigadores a enviar sus artículos tanto de difusión como de divulgación. Las colaboraciones deberán estar escritas en un lenguaje claro, didáctico y accesible correspondiente al público objetivo, con un discurso que aproveche al máximo los recursos narrativos, literarios y gramaticales. Según sea el caso (divulgación o difusión), se deben seguir los siguientes criterios editoriales.

Criterios editoriales (difusión)

- No se aceptarán trabajos que no cumplan con los criterios y lineamientos indicados. Sólo se aceptan artículos originales, entendiendo por ello que el contenido sea producto del trabajo directo y que una versión similar no se haya publicado o enviado a otras revistas.
- Los autores deben demostrar haber trabajado y publicado en el tema del artículo.
- El artículo debe ofrecer una panorámica clara del campo temático.
- El artículo debe ser ordenado. Separar las dimensiones del tema y evitar romper la línea de tiempo.
- Debe considerarse la experiencia nacional y local, si la hubiera.

- No se aceptan reportes de mediciones. Los artículos deben contener la presentación de resultados de medición y su comparación, también deben presentar un análisis detallado de los mismos, un desarrollo metodológico original, una manipulación nueva de la materia o ser de gran impacto y novedad social.
- Sólo se aceptan modelos matemáticos si son validados experimentalmente por el autor.
- No se aceptarán trabajos basados en encuestas de opinión o entrevistas, a menos que aunadas a ellas se realicen mediciones y se efectúe un análisis de correlación para su validación.
- Para su consideración editorial, el autor deberá enviar el artículo vía electrónica en formato .doc de Word, así como el material gráfico (máximo cinco figuras, incluyendo tablas), fichas biográficas de cada autor de máximo 100 palabras y carta firmada por todos los autores (formato en página web) que certifique la originalidad del artículo y cedan derechos de autor a favor de la UANL.
- Los originales deberán tener una extensión máxima de cinco páginas (incluyendo figuras y tablas) de acuerdo al formato que a continuación se especifica:
 - Formato. Tamaño carta; el margen superior deberá ser de 2.5 cm. y el resto de 2 cm.
 - Título. Máximo dos renglones, tipografiado en altas y bajas, tipo Times New Roman a 24 puntos, con interlínea normal, en negritas.
 - Nombre del autor o autores. En mayúsculas con alineación al margen derecho, misma fuente tipográfica en 12 puntos, asterisco sobrescrito al final.
 - Adscripción. Colocarla en pie de página de la 2a. columna antecedida por un asterisco, en tipografía Times New Roman de 8 puntos.
 - Cuerpo del texto. A dos columnas, con tipografía Times New Roman de 10 puntos, justificado.
 - Resúmenes. No mayores de 100 palabras tanto en inglés como en español. Incluir a lo sumo cinco palabras clave tanto en inglés como en español para ser utilizadas en índices. Deben ubicarse al terminar el cuerpo y antes de las referencias. Misma tipografía que el cuerpo.

-Referencias. Se deberá utilizar el formato Harvard para citación. Las fichas bibliográficas deberán contener los siguientes datos: autores o editores, título del artículo, nombre del libro o de la revista, lugar, empresa editorial, año de la publicación, volumen y número de páginas.

-Subtítulos. Tipografía Times New Roman, 10 puntos, en negritas.

-Notas al pie. Times New Roman, 8 puntos.

-Material gráfico (incluye figuras, imágenes y tablas). Mínimo dos, máximo cinco a una o dos columnas, máximo media página, todas las imágenes deberán ser de al menos 300 DPI.

-Pie de gráficos. Tipografía Times New Roman, itálica de 9 puntos.

-Deberán evitarse en lo posible las notas a pie de página.

Criterios editoriales (divulgación)

- Los contenidos científicos y técnicos tienen que ser conceptualmente correctos y presentados de una manera original y creativa.
- Todos los trabajos deberán ser de carácter académico. Se debe buscar que tengan un interés que rebase los límites de una institución o programa particular.
- Sólo se reciben para su publicación materiales originales e inéditos. Los autores, al enviar su trabajo, deberán manifestar que es original y que no ha sido postulado en otra publicación.
- Tendrán siempre preferencia los artículos que versen sobre temas relacionados con el objetivo, cobertura temática o lectores a los que se dirige la revista.
- Para su mejor manejo y lectura, cada artículo debe incluir una introducción al tema, posteriormente desarrollarlo y finalmente plantear conclusiones. Se recomienda sugerir bibliografía breve, para dar al lector posibilidad de profundizar en el tema. El formato no maneja notas a pie de página.
- Las referencias no deben extenderse innecesariamente, por lo que sólo se incluirán las referencias citadas en el texto. Nunca se sustituirá con raya el nombre de un autor cuando éste tenga más de una referencia. La exactitud de las referencias bibliográficas es responsabilidad del autor.
- Los artículos deberán tener una extensión máxima de cinco cuartillas y una mínima de tres, incluyendo tablas, figuras y bibliografía. En casos excepcionales, se podrá concertar con el editor responsable de *CiENCiAUANL* una extensión superior, la cual será sometida a la apro-

bación del Consejo Editorial. Todas las siglas citadas deberán ser aclaradas en su significado y no se incluirán en el título del trabajo salvo que sean de conocimiento general.

- Si se desea incluir figuras, dibujos, fotografías o imágenes digitales, éstas deberán ser de al menos 300 DPI. *CiENCiAUANL* sólo utiliza figuras y tablas, en ellas se incluyen los cuadros, imágenes, fotos, gráficas, etcétera.
- Los documentos deberán enviarse en Microsoft Word (con extensión .doc). El artículo deberá contener claramente los siguientes datos en la primera cuartilla: título del trabajo (de preferencia breve, que refiera claramente el contenido), autor(es), institución y departamento de adscripción laboral (en el caso de estudiantes sin adscripción laboral, referir la institución donde realizan sus estudios), dirección de correo electrónico.

Nota importante

Todas las colaboraciones, sin excepción, serán evaluadas; en el caso de los artículos de investigación (difusión) serán arbitrados por especialistas por área científica. Los criterios aplicables a esta clase de artículos serán: el rigor científico, la calidad y precisión de la información, el interés general del tema expuesto y la claridad del lenguaje.

En el caso de los artículos de difusión, serán evaluados por especialistas en el tema, quienes valorarán la pertinencia, el lenguaje y la calidad del contenido.

Todos los textos son sometidos a revisión y los editores no se obligan a publicarlos sólo por recibirlos. Una vez aprobados, los autores aceptan la corrección de textos y la revisión de estilo para mantener criterios de uniformidad de la revista.

Todos los artículos deberán remitirse a la dirección de correo:

revista.ciencia@uanl.mx

o bien al siguiente dirección:

Revista *CiENCiAUANL*
Biblioteca Magna Universitaria
"Raúl Rangel Frías", 5o. Piso
Ave. Alfonso Reyes 4000 Nte., Col. Regina
CP 64290 Monterrey, N.L., México

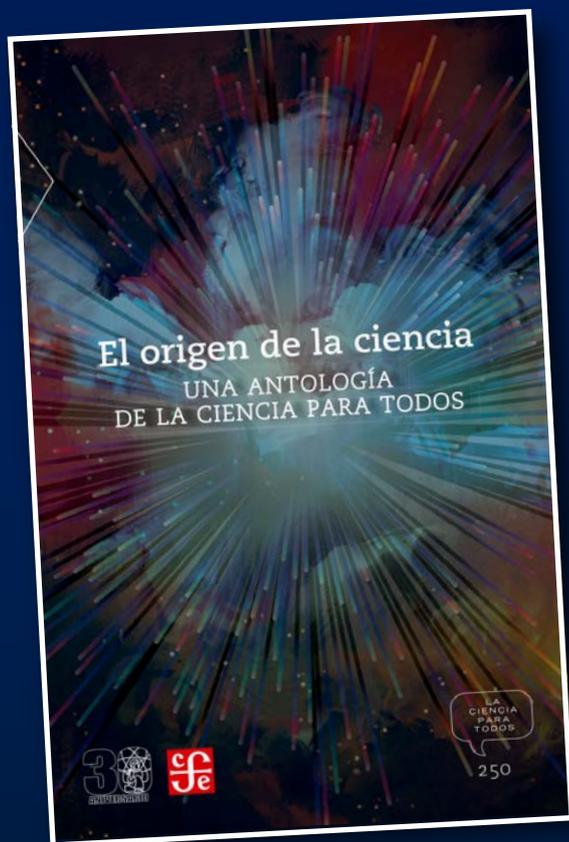
Para cualquier comentario o duda estamos a disposición de los interesados en:

Tel: (5281)8329-4236

<http://www.cienciauanl.uanl.mx/>

El origen de la ciencia

UNA ANTOLOGÍA DE LA CIENCIA PARA TODOS



Se puede decir que La Ciencia para Todos, la colección de divulgación científica del Fondo de Cultura Económica, comenzó como el universo: una gran explosión de obras, autores y lectores que, a lo largo del tiempo, se ha ido diversificando y ha crecido hasta convertirse en la más extensa y exitosa en lengua española.

En este volumen, que festeja la publicación de 250 obras, se han compilado 25 ensayos provenientes de diferentes títulos de la colección que tienen como tema común el origen, el primer instante, el comienzo de la vida, el surgimiento del ser humano, el inicio de la ciencia misma.

El origen de la ciencia es, pues, una invitación a entrar en el pensamiento científico y a continuar con la lectura de cada una de las obras publicadas a lo largo de 30 años en 11 áreas temáticas.



www.fondodeculturaeconomica.com
www.lacienciaparatodos.mx

SÍGUENOS EN 
Leamos La Ciencia para Todos



LEAMOS LA CIENCIA PARA TODOS

¿TE INTERESA LA CIENCIA?

¿Tienes entre 12 y 25 años de edad o eres profesor en activo?

El Fondo de Cultura Económica te invita a participar en el
XV Concurso Leamos La Ciencia para Todos

Lee alguno de los 250 títulos de la colección La Ciencia para Todos
y escribe un resumen, una reseña, un ensayo o un ensayo didáctico

Podrás ganar

- Premios en efectivo
- Becas del Verano de la Investigación Científica
- Libros
- Visitas a centros de investigación

¡Vive a Fondo la experiencia!

Consulta la convocatoria en

www.lacienciaparatodos.mx

**Cierre de la convocatoria
25 de junio de 2018**



 FONDO
DE CULTURA
ECONÓMICA

SÍGUENOS EN 
Leamos La Ciencia para Todos

www.fondodeculturaeconomica.com

Libros disponibles en la Red Nacional de Bibliotecas Públicas del país,
y también a la venta en librerías y plataformas electrónicas

ASTRONOMÍA

BIOLOGÍA

CIENCIAS APLICADAS

CIENCIAS DE LA TIERRA

CIENCIAS DEL MAR

ECOLOGÍA

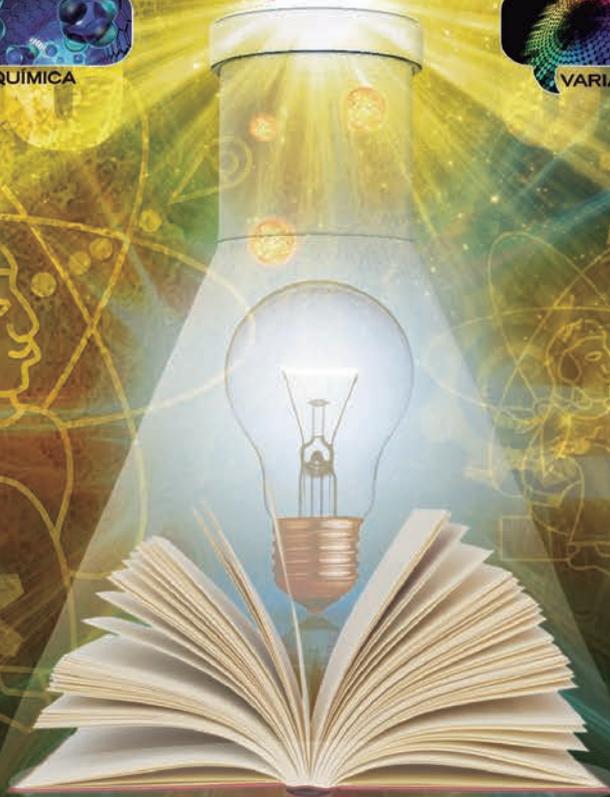
FÍSICA

MATEMÁTICAS

QUÍMICA

SALUD

VARIA



LA CIENCIA EN TUS MANOS

CONÓCELA

www.lacienciaparatodos.mx



 FONDO DE CULTURA ECONÓMICA



SÍGUENOS EN  **f**
Leamos La Ciencia para Todos



Indexada en:  PERIÓDICA

 **biblat**
Bibliografía Latinoamericana

 **Actualidad Iberoamericana**
Índice Internacional de Revistas

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

 **CUIDEN**

 **latindex**
Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
CATÁLOGO 'HEMEROTECA LATINOAMERICANA'