

Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente



Revista semestral del Departamento de Producción Agrícola y Animal
de la UAM-X ISSN 2007-7556



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

33

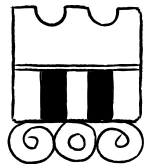
julio 2017

Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente

Sociedades Rurales

Producción y Medio Ambiente



Casa abierta al tiempo
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

Rector General

Dr. Eduardo Abel Peñalosa Castro

Secretario General

Dr. José Antonio de los Reyes Heredia

UNIDAD XOCHIMILCO

Rector

Dr. Fernando de León Gozález

Secretaria

Dra. Claudia Mónica Salazar Villava

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

Director

Mtro. Rafael Díaz García

Jefa del Depto. de Producción Agrícola y Animal

Dr. Rey Gutiérrez Tolentino

Director de la revista

Adolfo Álvarez Macías

COMITE EDITORIAL

Ciencias Agrícolas

Dr. Carlos H. Ávila Bello

Facultad de Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria
Universidad Veracruzana

Dr. Rodolfo Figueroa Brito

Centro de Desarrollo de Productos Bióticos

Instituto Politécnico Nacional

Dr. Daniel Ruíz Juárez

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Ciencias Pecuarias

Dr. Carlos Arriaga Jordán

Instituto de Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural

Universidad Autónoma del Estado de México

Dr. Luis Corona Gochi

Jefe del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Antonio Martínez García

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Calidad e Inocuidad de Productos Agroalimentarios

Dr. Arturo Camilo Escobar Medina

Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (Cuba)

Dr. Eduardo Morales Barrera, UAM-X

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Dra. Silvia D. Peña Betancourt

Departamento de Producción Agrícola y Animal

Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

Economía y Desarrollo Rural

Dra. Tamara Perelmutter

Instituto de Investigaciones Gino Germani (IIGG)

Universidad de Buenos Aires

Acuicultura y Pesca

Dr. Iván Gallego Alarcón

Diseño y formación

D. C. G. Mary Carmen Martínez Santana

Corrección

D. C. G. Amada Pérez

SOCIEDADES RURALES, PRODUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTE.

Año 2017, número 33, diciembre-julio de 2017, es una publicación semestral de la Universidad Autónoma Metropolitana, a través de la Unidad Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Producción Agrícola y Animal. Prolongación Canal de Miramontes 3855, Col. Ex-Hacienda San Juan de Dios, Delegación Tlalpan, C.P. 14387, México, D.F., y Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, Delegación Coyoacán, C.P. 04960, México, D.F., Tel. 54837231 y 54837230. Página electrónica de la revista: <http://srpma.xoc.uam.mx> y dirección electrónica: aalvarez@correo.xoc.uam.mx Editor Responsable Adolfo Álvarez Macías.

Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2011-081214583100-203, ISSN 2007-7556, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor.

Índices de revistas a los que pertenece SRPMA: LATINDEX y PERIODICA.

Responsable de la última actualización de este número:

Mary Carmen Martínez Santana, asesor externo

correo: macma_577@hotmail.com.

Fecha de última modificación: 30 de marzo de 2017.

Tamaño del archivo 2700 KB.

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

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Suscripción anual (2 números)

México: \$220.00

Estados Unidos: \$50.00 USD

Centro América y Sudamérica: \$40.00 USD

Europa: \$60.00 USD

© 2000, Universidad Autónoma Metropolitana, D.R.

Índice

Editorial	9
Política de la revista	13
ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	
Extractos crudos producidos por fermentación de hongos entomopatógenos para el control de <i>macrodactylus infuscatus bates</i> (coleoptera: melolonthidae): una alternativa hacia la sustentabilidad <i>Silvia Rodríguez Navarro, Juan Esteban Barranco Florido, Roberto Alejandro Terrón Sierra y Victor H. Marín Cruz</i>	17
Plaguicidas organoclorados, un problema ambiental en la Laguna Negra de Puerto Marqués-Acapulco, México <i>Jesús Clemente Sierra Cortés, Rey Gutierrez Tolentino, Salvador Vega y León, Rutilio Ortiz Salinas, Arturo Escobar Medina, José Jesús Pérez González y Beatriz Schettino Bermúdez</i>	31
Efecto de la suplementación de <i>Bifidobacterium animalis subsp. lactis</i> encapsulada en los parámetros productivos y morfología de las vellosidades intestinales en conejos <i>Jossy Edith Martínez Licona, Alejandro Azaola Espinosa, Francisco Héctor Chamorro Ramírez y José Fernando González Sanchez</i>	59

Análisis preliminar del “Sistema Agroalimentario Ciudad-Región” en el municipio de El Grullo, en el sur del estado de Jalisco	
<i>C. Briones Guzmán, P.R.W. Gerritsen, A.A. Flores Silva, F. Favela García, G. Torres Rodríguez, C.I. Rojas Navarro, S.R. Vázquez Uribe, J.R. Hernández Santana, J. Peña Martínez y A.D. Rivero Romero</i>	77
Fundamentos teórico-prácticos para el diagnóstico y tratamiento de patologías digestivas en rumiantes domésticos	
<i>Arturo César García Casillas, María Guadalupe Prado Flores, Jesús Eduardo Morales Barrera, Juan Augusto Hernández Rivera y Omar Francisco Prado Rebolledo</i>	111
Fundamentos y Prospecciones del Paradigma de las Ciencias Ómicas en la Salud Humana (Primera Parte)	
<i>Guadalupe Prado Flores y Arturo César García Casillas</i>	147
Guía de autores	173

Editorial

La revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* se viene publicando en el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, desde el año 1990. La publicación inició en forma impresa, no obstante, en la actualidad se ha venido consolidando como revista electrónica.

En ese sentido, la revista está en un proceso de mejora continua de sus procesos editoriales, apegándose a los criterios de calidad que emiten los organismos especializados. Por ello, en los últimos números se han mantenido contenidos con un mayor número de colaboraciones, aun cuando esto ha propiciado ciertos retrasos en la aparición de la revista, pero manteniendo su continuidad.

En cualquier circunstancia, se valoran los avances alcanzados, que esencialmente pueden atribuirse a los autores, árbitros, comentaristas y editoras, así como al respaldo de la Jefatura del Departamento de Producción Agrícola y Animal. En esa línea, desde la dirección de la revista se ha actuado para elevar la calidad de las contribuciones, agilizar los periodos de interacción entre autores y árbitros, asimismo, ampliar la cartera de éstos, adicionalmente ampliar la difusión de la revista para captar mayor número de contribuciones.

En este contexto, sigue abierta la convocatoria para que investigadores y estudiosos de diversas instituciones nacionales y del extranjero, y desde las diferentes disciplinas relacionadas al desarrollo de las socie-

dades rurales, producción y medio ambiente– propongan aportaciones derivadas de sus investigaciones. La participación puede ser directa o por medio de la invitación de pares académicos, estudiantes de posgrado y cualquier otro actor con potencial para proponer trabajos susceptibles de ser publicados.

En este número se vuelven a presentar trabajos de temáticas variadas, traduciendo las crecientes preocupaciones y áreas de estudio seleccionadas por los autores. Así, en el primer artículo de este número se aborda la producción de extractos crudos por fermentación de hongos entopatógenos para el control de un coleóptero, dados sus amplios efectos nocivos en zonas de agricultura urbana. Se evaluaron los extractos enzimáticos de *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* y *Metarhizium anisopliae* sobre *Macroductylus infuscatus*, que presentaron actividad quitinolítica y proteolítica, enzimas que degradan la cutícula del insecto, causando mortalidad en diferentes gradientes, como se discute en el artículo. En este primer estudio relacionado con la aplicación de agentes de control biológico, como las enzimas para *M. infuscatus*, se observó una disminución en el consumo de alimento y en la movilidad de los insectos, lo que se atribuye al efecto de los metabolitos de los hongos entomopatógenos. Por ende, se trata de una alternativa para la agricultura sustentable.

En el segundo artículo se describen las concentraciones de plaguicidas organoclorados detectados en la Laguna Negra de Puerto Marqués, Acapulco. Se trata de un ecosistema costero compuesto por manglar, que resulta clave para el crecimiento y desarrollo de especies marinas de interés comercial, además de ser un polo turístico. Se realizaron muestreos bimestrales durante un año, colectando muestras de agua, sedimento y peces juveniles. La extracción de los compuestos organoclorados se realizó de acuerdo a los lineamientos internacionales (ONU y Estados Unidos), utilizando un cromatógrafo de gases con captura de electrones. La concentración de compuestos organoclorados rebasan el límite permisible en puntos específicos de la laguna, por ejemplo, en cuanto a

lindano, epóxido de heptacloro, dieldrin y DDT. En la época de seca se apreció una mayor concentración de compuestos organoclorados en el agua y sedimento, mientras la mayor concentración en peces fue en la época de lluvia. Es importante realizar un estudio integral para prevenir una reducción de peces y crustáceos importantes para la población de la región.

En el siguiente artículo se examina el efecto de la suplementación con un probiótico en conejos, para lo cual se requieren precisar las formas adecuadas para dosificarlos y que se consuman de una manera natural, por ello, se recurrió a la técnica de encapsulación. Así se evaluó el efecto de *Bifidobacterium animalis* subs. *Lactis* (BB12), encapsulada en pajillas de avena, en los parámetros productivos y morfología de las vellosidades intestinales en conejos. Se evaluó ganancia de peso, conversión alimenticia y el tamaño de las vellosidades del intestino. Se concluye que el uso de bifidobacterias encapsuladas tiene un efecto similar al del antibiótico, por lo que pueden usarse como una alternativa para la crianza de conejos.

En el cuarto artículo se analiza el sistema agroalimentario en el sur de Jalisco, bajo una visión regional, en la que se incluyen las interacciones urbano-rurales. Se presenta de esta forma un primer acercamiento al tema de la seguridad alimentaria a partir de la noción de Sistema Agroalimentaria Ciudad-Región. Con este caso se ha documentado una inseguridad alimentaria a nivel municipal y, por ende, una creciente dependencia de alimentos procedentes del de otras regiones. Al final, se discute sobre el tema de la seguridad alimentaria en los espacios regionales.

En la quinta contribución se procedió a un análisis exhaustivo de elementos científicos y técnicos sobre las patologías: periodontitis aguda, megaesófago/esofagitis, estomatitis vesicular, diarrea viral bovina, acidosis ruminal, cetosis, peritonitis reticular traumática/pericarditis traumática y desplazamiento de abomaso en rumiantes domésticos. Se trata de una revisión que enfatiza su estudio en las patologías que se

detectan con mayor frecuencia en el medio agropecuario mexicano, y aquellas que por su importancia son de notificación obligatoria. Por lo tanto, la información revisada pretende favorecer los conocimientos que permitan mantener el establo libre de diversas patologías digestivas, además de que, en el supuesto de un brote, también exponga medidas para evitar su propagación.

Finalmente, se concluye con un ensayo sobre el paradigma de las ciencias ómicas en la salud humana. Del material de la vida derivan cualidades energéticas, organizacionales, dinámicas, informáticas, sistémicas, reguladoras, reproducibles, relacionales, hologramáticas, auto-reparables y unitarias. Este ensayo pone el acento en la organización génica como fundamento de mecanismos universales de replicación, transcripción y traducción del código genético hasta la construcción del proteoma. Dichos procesos secuenciales sostienen la unidad vital, e igualmente son el origen evolutivo por el que se diversifican los organismos. De su revisión se genera la exploración al constructo teórico metodológico de las ciencias ómicas. Esta propuesta se complementa con una segunda parte, que aparecerá en el siguiente número de esta revista.

Finalmente, cabe reiterar que el proceso de mejora general en que se mantiene la revista se reforzará para que se logre el reconocimiento necesario que atraiga a nuevos autores y lectores, por tanto, son bienvenidas todas las sugerencias y observaciones que se consideren pertinentes y coadyuven en este proceso.

Adolfo Álvarez Macías
Director

Política de la revista

Desde el Departamento de Producción Agrícola y Animal, de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, se continúa con la misión de publicar regularmente y avanzar en la consolidación de la revista *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* para que, a su vez, ésta sirva de instrumento de promoción y difusión del trabajo científico del personal académico del propio Departamento, así como de sus pares académicos.

Desde su origen, la revista se planteó con el objetivo central de comunicar y promover los avances en el desarrollo de las ciencias y campos de conocimiento asociados al estudio multidisciplinario de la producción y las transformaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales en los territorios rurales, en el marco de un sistema alimentario mundial en permanente evolución.

Las temáticas que se privilegian en esta publicación comprenden los procesos que inciden en los distintos modelos de producción agropecuaria, silvícola, acuícola y pesquera, así como las actividades conexas al desarrollo rural bajo los métodos de análisis y la aplicación del conocimiento biológico, ambiental y socioeconómico, sin olvidar los análisis interdisciplinarios que se vienen construyendo. Así, la publicación comprende los cuerpos de conocimientos y métodos de las ciencias biológicas, sociales y ecológicas que tratan de explicar los problemas –científicos, tecnológicos y culturales– que enfrentan las sociedades a

través de sus territorios rurales, la agricultura, los recursos naturales, la alimentación y el desarrollo regional. En esa lógica, se trata de que se discutan y formulen alternativas de solución para los diversos problemas y retos locales, regionales, nacionales y globales.

De esta forma, Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente se orienta hacia la evaluación de la investigación de frontera y el nivel actual de la discusión entre disciplinas relacionadas con el objeto de estudio. Desde esa perspectiva, se pretende que las distintas contribuciones en la revista aborden la temática con rigor científico y con una visión humanista que brinde proyección y sentido a los resultados presentados.

En ese marco, se reitera que la política de la revista promueve la publicación de trabajos que aporten información inédita y original bajo las siguientes cuatro modalidades: i) Artículos de investigación, ii) Artículos de revisión y Notas de investigación, iii) Ensayos y revisiones bibliográficas y iv) Reseñas de libros y de eventos especializados.

De esta forma, la publicación se mantiene como un campo abierto, crítico y constructivo que busca enriquecer las explicaciones científicas e interpretaciones que coadyuven al desarrollo rural, agropecuario, alimentario y regional, teniendo como principios rectores: la equidad, la sostenibilidad y la competitividad.

Aparte de las contribuciones individuales, también se viene fomentando la edición de números temáticos, desarrollados por grupos formales e informales de investigación, para el abordaje de objetos de estudio comunes bajo distintas ópticas analíticas, métodos de trabajo, e incluso disciplinas. Para los interesados en esta segunda opción se les invita a contactar a la dirección de la revista para coordinar de la mejor manera posible alternativas de este tipo.

En síntesis, esta revista se mantiene como una casa abierta para contribuciones del medio científico, tecnológico y del desarrollo que permitan fomentar y dar sustento al trabajo académico.

Finalmente, nos gustaría subrayar que esta revista está inscrita en LATINDEX, así como en PERIODICA, esperando en el futuro cercano avanzar en ese sentido.

Para mayor información sobre la publicación, favor de dirigirse a:
Adolfo Álvarez Macías, Director de la revista
Edificio 34, tercer piso, jefatura del Departamento de Producción Agrícola y Animal.
Calzada del Hueso 1100, Col. Villa Quietud, 04960, Ciudad de México.
Tels. 5483-7230 y 7231.
aalvarez@correo.xoc.uam.mx

La guía para autores puede consultarse en: <http://srpma.xoc.uam.mx>.

Extractos crudos producidos por fermentación de hongos entomopatógenos para el control de *Macrodactylus Infuscatus* Bates (Coleoptera: Melolonthidae): Una alternativa hacia la sustentabilidad

Silvia Rodríguez Navarro,¹ Juan Esteban Barranco Florido,² Roberto Alejandro Terrón Sierra¹ y Víctor H. Marín Cruz³

Resumen: Con el propósito de proponer alternativas para el control de *Macrodactylus* en zonas de agricultura urbana, se evaluó la acción bioinsecticida de los extractos enzimáticos de *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* y *Metarhizium anisopliae* sobre *Macrodactylus infuscatus*, insectos considerados de importancia económica. Los extractos fermentativos de los hongos entomopatógenos presentaron actividad quitinolítica y proteolítica, enzimas que degradan la cutícula del insecto; estos extractos causaron mortalidad de *M. infuscatus*, teniendo el menor porcentaje de sobrevivencia (20%) con los extractos de *I. fumosoroseae* después de 12 días, con los extractos de *B. bassiana* (25%); con los extractos de *M. anisopliae* presentaron una sobrevivencia de 38% y el testigo de 48%. En relación a la sobrevivencia, con los datos transformados el extracto de *I. fumosoroseae* tuvo la menor sobrevivencia (10%), seguida del extracto de *B. bassiana* con una sobrevivencia

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, e-mail: snavarro@correo.xoc.uam.mx.

² Departamento de Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

³ Doctorado en Ciencias agropecuarias.

de 18%, y en mayor supervivencia (31%) con el extracto de *M. anisopliae* ($p < 0.0026$). Respecto al tiempo medio de muerte, *I. fumosroseae* presentó el menor tiempo de muerte con cinco días, *B. bassiana* con 7 días y *M. anisopliae* con 9.5 días, con una diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al testigo. Éste es el primer estudio relacionado con la aplicación de agentes de control biológico como las enzimas para *M. infuscatus*; con los tratamientos se observó una disminución en el consumo de alimento y en la movilidad de los insectos, lo cual, aparentemente, es debido al efecto de los metabolitos de los hongos entomopatógenos.

Palabras clave: Extractos enzimáticos, Hongos entomopatógenos, *Macroductylus infuscatus*.

Abstract. With on the objective of proposing alternatives for the control of *Macroductylus* in zones of urban agriculture; the biopesticide action of the enzymatic extracts of *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosrosea* and *Metarhizium anisopliae* on *Macroductylus infuscatus*, insects considered of economic importance, was evaluated. The fermentative extracts of the entomopathogenic fungi presented chitinolytic and proteolytic activity, these enzymes degrade the insect cuticle and caused mortality of *M. infuscatus*, having the lowest percentage of survival (20%) with extracts of *I. fumosroseae* after 12 days, in extracts of *B. bassiana* (25%), in extracts of *M. anisopliae* showed a survival of 38% and the control of 48%. In relation to the survival with the transformed data the extract of *I. fumosroseae* had the lowest survival (10%), followed by the *B. bassiana* extract with a survival of 18% and in greater survival (31%) with the extract of *M. anisopliae* ($p 0.0026$); with respect to the mean time of death, *I. fumosroseae* presented the shortest time of death with five days, *B. bassiana* with 7 days and *M. anisopliae* with 9.5 days with a significant difference ($p < 0.05$) with respect to the control. This is the first study related to the application of biological control agents as the enzymes in *M. infuscatus*; with the treatments were observed a decrease in food consumption and insect mobility, which apparently is due to the effect of metabolites of entomopathogenic fungi.

Keywords: Enzymatic extracts, Entomopathogenic fungi, *Macroductylus infuscatus*.

INTRODUCCIÓN

En la Ciudad de México, la producción de cultivos se realiza principalmente en las delegaciones Tlalpan, Milpa Alta, Tláhuac y Xochimilco; se produce: maíz, frutales y hortalizas para autoconsumo familiar y venta local, también existe producción a mayor escala de nopal, amaranto, hortalizas y plantas ornamentales (Sánchez *et al.*, 2014a). El sistema regional de producción agrícola predominante en la Ciudad de México es de tipo convencional, es decir que 49% de los productores usan fertilizantes químicos y 29% plaguicidas. Particularmente, el amplio uso de plaguicidas se relaciona con la presencia crítica de plagas y enfermedades, reportadas por 55% de los productores (Torres y Rodríguez, 2006). Con la finalidad fomentar el desarrollo de la agricultura sustentable a pequeña escala con huertos familiares y urbanos, libres de agroquímicos y disminuir con ello riesgos a la salud, se propone el uso de hongos entomopatógenos (HE), los cuales son ampliamente utilizados como agentes de biocontrol para un gran número de plagas, además de ser competitivos y seguros (Hajek y Delalibera, 2010; Freed *et al.*, 2012).

Al respecto, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* y *Nomurae rileyi* producen enzimas extracelulares que degradan las proteínas, lípidos y quitina presente en la cutícula de insectos, lo que permite la penetración e invasión del hongo a través de ella (Ramzi y Zibae, 2014). Las especies del género *Macrodactylus* (Coleoptera: Melolonthidae) son insectos de importancia agrícola que pueden defoliar por completo a sus huéspedes. Existen registros de pérdidas hasta de 77% en el cultivo de maíz en Tlaxcala y Puebla (Serapio *et al.*, 2014); en cultivo de amaranto, en Puebla y Edo. de México (Aragón-García *et al.*, 2010). *M. nigripes* Bates se ha encontrado alimentándose de maíz y haba, en Ixtlahuaca, Edo. de México. Los métodos de control para las especies de *Macrodactylus*, de importancia económica, involucran la aplicación de insecticidas, que son poco recomendables en áreas urbanas por los daños que ocasionan a los aplicadores, a los productos vegetales y al ambiente (Serapio *et al.*, 2014).

Por lo anterior, se hace necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para el control de insectos, como las enzimas degradadoras de la cutícula (quitinasas, proteasas y lipasas), así como micotoxinas o metabolitos de bajo peso molecular de HE, que juegan un papel importante en la infección, ya que pueden generar una respuesta tóxica en diferentes órdenes de la clase Insecta (Hasan *et al.*, 2013; Fan *et al.*, 2013), convirtiendo con ello a las enzimas y los metabolitos de HE en agentes potenciales de control, por lo que es necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para el control de insectos. De acuerdo con esto, el objetivo del trabajo fue evaluar la acción bioinsecticida de los extractos enzimáticos de: *B. bassiana*, *I. fumosorosea* y *M. anisopliae*, obtenidos por fermentación sólida en diferentes tiempos; sobre *M. infuscatu*s, como una propuesta de control biológico para su aplicación a nivel urbano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material entomológico

Se recolectaron, de forma manual, 700 adultos de *M. infuscatu*s (“frailecillos”), en una parcela con haba (*Vicia faba* L.), calabaza (*Cucurbita pepo* L.) y maíz (*Zea mays* L.), en San Pablo Oztotepec, Milpa Alta, en la Ciudad de México (Coordenadas: 19° 11' 9.6" N, 99° 4' 0.84" W) a 2700 msnm (INEGI, 2012), el 23 de junio del 2015. Posteriormente, se llevaron al Insectario de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco (UAM-X); se colocaron 10 individuos por bote de plástico con un litro de capacidad; los insectos se alimentaron con flor de calabaza o follaje de quelite (*Chenopodium album* L.) y quintonil (*Amaranthus hybridus* L.) frescos, a razón de una flor por bote o 10 hojas. Se mantuvieron a 25 °C y 65% HR durante siete días.

Hongos entomopatógenos

Las cepas de *Beauveria bassiana*, *Isaria fumosorosea* y *Metarhizium anisopliae* que se utilizaron para la producción de los extractos fermentativos pertenecen al cepario del laboratorio de Biotecnología de la UAM-X. Para la obtención del inóculo los extractos se crecieron en agar dextrosa sabourand a 25° C durante siete días. Los conidios se recolectaron con 50 mL de Tween 80 a 0.05% y se conservaron a 4° C para su utilización en el cultivo sólido.

Fermentación sólida (FS)

El cultivo sólido se llevó a cabo en matraces Erlenmeyer de 250 ml, utilizando como soporte bagazo de caña, un medio cuya composición química fue: $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 6 g l⁻¹; MgSO_4 , 1.2 g l⁻¹; NaCl, 1 g l⁻¹, KH_2PO_4 , 15 g l⁻¹; $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.1 g l⁻¹; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.028 g l⁻¹ y $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 0.032 g l⁻¹ y caparazón de camarón 60 g l⁻¹. Contenido de los matraces: 35g de materia húmeda, las condiciones del cultivo sólido fueron: humedad inicial de 65%, pH 5 y temperatura de 25° C. Se inocularon con 10⁷ conidios (g Peso húmedo)⁻¹ (Barranco *et al.*, 2002).

Extractos fermentativos

Después de 5 días del cultivo sólido, el contenido fue mezclado con agua destilada en una proporción de 1:1 (v/v). Posteriormente, fue prensado para obtener el extracto crudo que se centrifugó a 10 000 rpm durante 10 minutos (Sorvall® modelo RC-5B). Finalmente, se filtró a través de una membrana MF-Millipore de 0.45 μm (Merck®) para eliminar restos de micelio y conidios; el contenido de proteína se determinó por el método de Lowry y la actividad proteolítica y quitinolítica fue determinada de acuerdo a lo descrito por Barranco *et al.* (2009).

Bioensayo

Se usó un diseño por bloques completamente al azar, cada uno tenía 4 tratamientos, incluyendo un control (10 individuos), con 3 repeticiones; los bloques corresponden a distintos días. Los insectos fueron inoculados con el extracto enzimático mediante el método de inmersión durante 10 segundos, el exceso de humedad se eliminó colocándolos sobre papel absorbente por 10 segundos (Sánchez *et al.*, 2014b). Posteriormente, se introdujeron 10 individuos en botes de plástico transparente de 1 L de capacidad, rotulado con el nombre del tratamiento, repetición y fecha de inoculación. Dieta: flor de calabaza, quelite y quintonil. La revisión de los insectos y del alimento se realizó cada 24 horas, durante 12 días.

Análisis Estadístico:

Las variables evaluadas fueron: sobrevivencia (%) a partir de la ecuación

$$\% \text{ sobrevivencia} = \left(\frac{\text{Individuos vivos}}{\text{Individuos tratados}} \right) * 100$$

El tiempo de muerte (días) calculado a partir de la ecuación exponencial natural:

$$N(t) = a \cdot e^{-rt}$$

Donde $N(t)$ es el número de individuos al tiempo t , a es el número de individuos en $t = 0$ y r es la tasa de sobrevivencia considerando $r < 0$.

Los datos de porcentaje de mortalidad corregida fueron normalizados con la fórmula de transformación angular o arcoseno (Marín *et al.*, 2017).

$$\text{Arcoseno} \sqrt{\text{Porcentaje}/100}$$

Los datos transformados y los demás datos fueron analizados por una ANDEVA, seguida por una prueba de Tukey con el programa JMP. Se consideraron la variación por bloque y por tratamiento.

RESULTADOS

Extractos fermentativos

Antes de evaluar la actividad insecticida de los extractos crudos de fermentación, se determinaron los contenidos de proteína y de actividad enzimática: el contenido de proteína de los extractos fue de 0.13 mg L^{-1} , aproximadamente, sin tener diferencia significativa entre los mismos. Sin embargo, las actividades enzimáticas sí tuvieron diferencias significativas entre los extractos respecto a la actividad quitinolítica, la cual fue casi 30% mayor en el extracto fermentativo de *I. fumorosea*, con respecto al extracto de *B. bassiana* y 5 veces mayor al extracto de *M. anisopliae*. Por lo que se refiere a la actividad proteolítica, no hubo diferencias significativas entre los extractos de *B. bassiana* e *I. fumorosea*, pero sí dos veces mayor respecto a la actividad proteolítica del extracto de *M. anisopliae* (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de proteína y de actividad enzimática de los extractos fermentativos

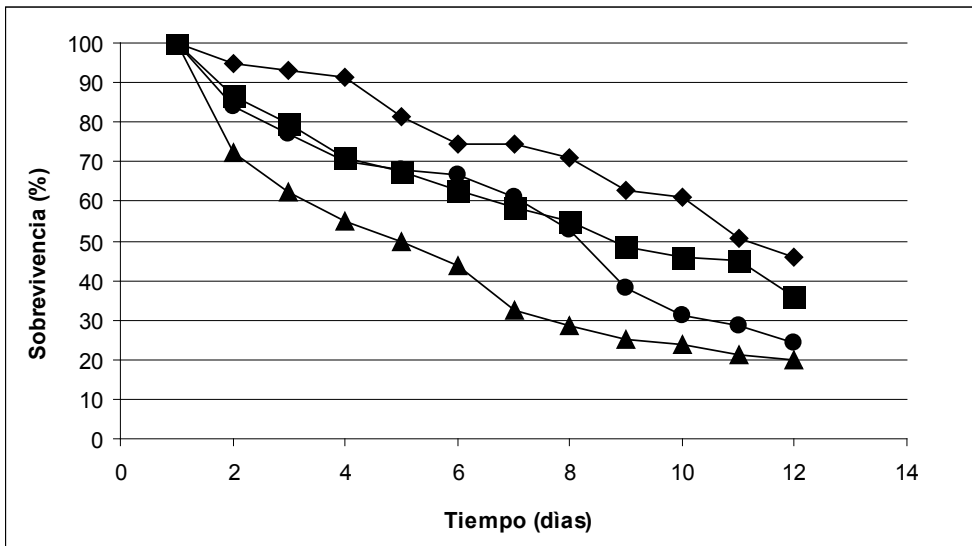
Tratamiento	Proteína (mg mL^{-1})	Actividad Quitinolítica (U.I.)	Actividad Proteolítica (U.I.)
Extracto de <i>B. bassiana</i>	0.1301 ± 0.082^A	65.89 ± 5.2^B	7.9 ± 0.6^A
Extracto de <i>I. fumorosea</i>	0.1271 ± 0.052^A	84.42 ± 6.7^A	8.2 ± 2.7^A
Extracto de <i>M. anisopliae</i>	0.1307 ± 0.042^A	16.62 ± 3.1^C	4.2 ± 1.3^B

Los resultados son las medias de cada determinación \pm error estándar. Diferentes letras fueron significativamente diferentes, (Prueba de Tukey, $p < 0.05$).

Sobrevivencia

En el transcurso del bioensayo en que se determinó el efecto insecticida de los extractos fermentativos de los hongos entomopatógenos, éstos causaron mortalidad de *M. infuscatius*, teniendo el menor porcentaje de sobrevivencia (20%) con los extractos de *I. fumoroseae*, después de 12 días de los tratamientos; los porcentajes de sobrevivencia fueron semejantes con los extractos de *B. bassiana* (25%), sin embargo, los extractos de *M. anisopliae* presentaron una sobrevivencia de 38% y el testigo de 48% (Figura 1).

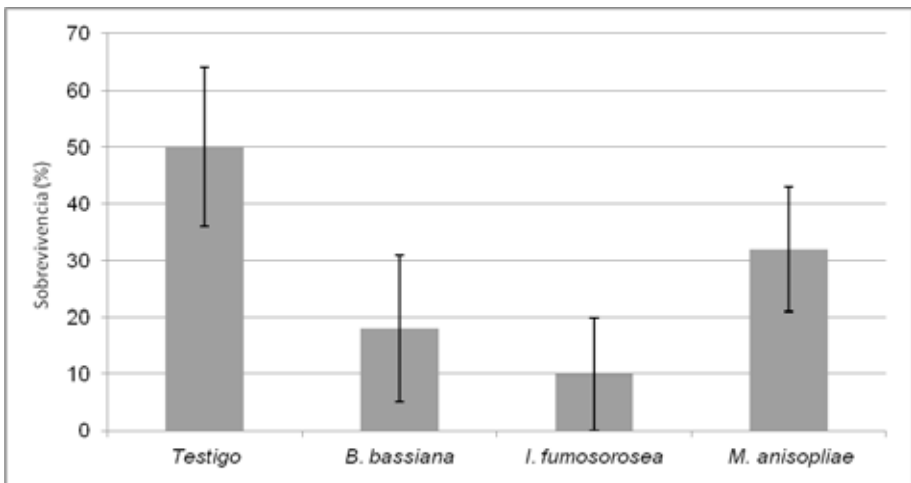
Figura 1. Sobrevivencia de *M. infuscatius* con la aplicación de extractos enzimáticos



▲ *Isaria fumoroseae* • *Beauveria bassiana* ■ *Metarhizium anisopliae* ◆ Testigo.

La evaluación de la sobrevivencia fue determinada al décimo día con los datos transformados, resultando el extracto de *I. fumorosea* con la menor sobrevivencia (10%), seguida del extracto de *B. bassiana* (18%), y en mayor sobrevivencia (31%) con el extracto de *M. anisopliae* (Figura 2).

Figura 2. Sobrevivencia en el décimo día de la aplicación de extractos enzimáticos de los hongos entomopatógenos ($F = 7.33$; $p < 0.0026$)



Tiempo medio de muerte

La determinación del tiempo medio de muerte a partir del ajuste con la ecuación exponencial natural se muestran en la tabla 2. Con la aplicación de los extractos de *I. fumorosea* se tiene el menor tiempo de muerte de *M. infuscatius*, que fue de alrededor de los 5 días, mientras que con los extractos de *B. bassiana* fue de 7 días y de *M. anisopliae* de 9.5 días, existiendo diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al testigo (Tabla 2).

Tabla 2. Tiempo medio de muerte de *M. infuscatus* después de la aplicación de los extractos enzimáticos

Tratamientos	Tiempo medio de muerte (días)
Testigo	11.57 ± 1.66 ^A
Extractos de <i>Beauveria bassiana</i>	7.14 ± 1.59 ^B
Extractos de <i>Isaria fumosoresea</i>	4.710 ± 0.86 ^B
Extractos de <i>Metarhizium anisopliae</i>	9.441 ± 4.19 ^{A,B}

* Los resultados son las medias de los tres bloques ± error estándar. Diferentes letras fueron significativamente diferentes. (Prueba de Tukey, $p < 0.05$).

DISCUSIÓN

Los resultados de los bioensayos con los extractos enzimáticos de *I. fumosoresea* muestran actividad insecticida sobre adultos de *M. infuscatus*, debido a la mayor actividad enzimática (Tabla 1); la utilización del caparazón del camarón como sustrato permite inducir la síntesis de las enzimas que degradan la cutícula del insecto, y se ha propuesto para desarrollar bioinsecticidas y fungicidas (Franco-Chávez *et al.*, 2011), además de que el cultivo sólido con el uso de este sustrato simula el proceso natural de infección (Barranco *et al.*, 2009). La toxicidad de los extractos enzimáticos depende de la actividad quitinolítica y proteolítica y está relacionada con la patogenicidad de los hongos entomopatógenos (Barranco *et al.*, 2002). Los resultados de la tabla 1 coinciden con los obtenidos por Freed *et al.*, (2012), quienes aplicaron extracto crudo de *I. fumosoresea* sobre larvas de *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae), con una disminución en la actividad de las larvas y con alta mortalidad, cercana a 92%, mientras que nuestros resultados alcanzan una sobrevivencia de 20% con *I. fumosoresea*, debido a que la dosis medida como concentración de proteína fue menor.

Adicionalmente, en el bioensayo se mostró que los extractos enzimáticos de *B. bassiana* tienen un efecto nocivo sobre los adultos de *M. infuscatus*, coincidiendo con los resultados obtenidos por Romo *et al.* (2013), quienes aplicaron conidios y extracto crudo de *B. bassiana* sobre adultos de *Macrodactylus* spp., colectados en cultivo de tejocote; ellos obtuvieron una mortalidad de 98%, a cinco días con los conidios, y 96% de mortalidad a los 20 días. Además, el hongo se ha utilizado en el manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* F. (Coleoptera:Scolytidae), convirtiéndose así *B. bassiana* en un factor importante de mortalidad en un promedio de 45% (Delgado-Blandón *et al.*, 2001). Su-Kim *et al.* (2010) determinaron la actividad insecticida de los extractos de *B. bassiana* contra áfidos, por su parte, Chávez *et al.* (2014) mostraron que el extracto crudo de *B. bassiana* provocó la muerte de larvas de *Phyllophaga* sp. (Coleoptera: Melolonthidae), los insectos tratados tuvieron un cambio de pigmentación en la cutícula, que probablemente se debió a la respuesta del sistema inmune celular del insecto, fagocitando, encapsulando o melanizando estos biocompuestos extraños (Cerenius *et al.*, 2008). El efecto insecticida de estos compuestos en *M. infuscatus* coincide con lo señalado por Arboleda *et al.* (2011), quienes mencionan que el extracto crudo y metabolitos de *B. bassiana* provocaron un efecto citotóxico en líneas celulares de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). Posiblemente en el extracto enzimático estén presentes otras toxinas que desempeñan un papel importante para debilitar el sistema inmune del hospedero, dañando el sistema muscular y los tubos de Malpighi, que afectan a la excreción y que provocan dificultades para la alimentación y movilidad (Pal *et al.*, 2007), aunque no se puede asegurar, pues no existen reportes de este efecto, debido a los extractos enzimáticos, sin embargo, se observó en *M. infuscatus*. *M. anisopliae*; aunque con un menor porcentaje de mortalidad pueden ser una alternativa para el control de *M. infuscatus*.

Estos resultados representan la primera propuesta para el control de *M. infuscatus* y manifiestan la capacidad insecticida de los extractos

enzimáticos de *B. bassiana*, *I. fumosorosea* y *M. anisopliae*, convirtiéndose en una alternativa como estrategia de control de plagas en agricultura urbana, ya que son biomoléculas producidas por hongos entomopatógenos con actividad insecticida, la cual ya ha sido extensamente demostrada en *Metamasius spinolae* Gyll (Coleoptera: Curculionidae) (Sánchez *et al.*, 2014b), sin embargo, es necesario realizar más investigaciones para generar tecnologías innovadoras para su aplicación a gran escala.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Miguel Ángel Morón Ríos, del Instituto de Ecología A. C., Xalapa, Ver., por la determinación taxonómica del material entomológico. A la Ing. María Teresa Berrocal Martínez, por la recolección del material entomológico en San Pablo Oztotepec, Milpa Alta, Cd. de México. Este trabajo fue apoyado por la beca 466930 del Conacyt. Doctorado en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco.

BIBLIOGRAFÍA

- Aragón, A. *et al.*, 2010, "Description of the larvae of Three Species of *Macroductylus* Dejean (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthidae) from México, with Notes on the Reproductive Behavior of *Macroductylus ocreatus* Bates", en *Coleopterists Bulletin* 64 (3): 193-200.
- Arboleda, V., 2011, "Cytotoxic Activity of Fungal Metabolites from the Pathogenic Fungus *Beauveria bassiana*: An Intraspecific Evaluation of Beauvericin Production", en *Current Microbiology* 63: 306-312.
- Barranco, E. *et al.*, 2002, "Criteria for the selection of strains of entomopathogenic fungi *Verticillium lecanii* for solid state cultivation", en *Enzyme and Microbial Technology* 30: 910-915.

- Barranco, J, " β -N acetylglucosaminidase production by *Lecanicillium* (*Verticillium*) *lecanii* ATCC 26854 by solid-state fermentation utilizing shrimp shell", en *Interciencia* 5: 356-360.
- Cerenius, L. *et al.*, 2008, "The proPO-system Pros and consforits role in invertebrate immunity", en *Trends Immunology* 29: 263-271.
- Chávez, E. *et al.*, 2014, "Actividad insecticida in vitro de extracto crudo de *Beauveria bassiana* (Bálsamo) Vuillemin sobre larvas de *Phyllophaga* spp. (Harris)", en *Protección Vegetal* 29(3): 226-230.
- Delgado, F. *et al.*, 2001, "Actividad enzimática de hongos y su patogenicidad sobre *Hypothenemus hampei*", en *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 60: 43-49.
- Fan, J. *et al.*, 2013, "The effect of *Beauveria brongniartti* and its secondary metabolites on the detoxification enzymes of the pine caterpillar, *Dendrolimus tabulaeformis*", en *Journal Insect Science* 13: 44.
- Franco, K. *et al.*, 2011, "Enzimas y toxinas de hongos entomopatógenos, su aplicación potencial como insecticidas y fungicidas", en *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente* 11: 143-160.
- Freed, S. *et al.*, 2012, "Toxicity of proteins secreted by entomopathogenic fungi against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae)", en *International Journal of Agriculture & Biology* 14: 291-295.
- Hajek, E. e I. Delalibera, 2010, "Fungal pathogens as classical biological control agents against arthropods", en *BioControl* 55:147-158.
- Hasan, S. *et al.*, 2013, "Production of extracellular enzymes in the entomopathogenic fungus *Verticillium lecanii*", en *Bioinformation* 9(5): 238-242.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2012, XII Censo General de Población y Vivienda, México, en www.inegi.org.mx, consultado 04/09/2015.
- Marín, V. *et al.*, 2017, "Actividad Insecticida e Insectistática de Conidios, Extractos Enzimáticos y Metabolitos de *Beauveria bassiana* en *Bradysia impatiens* (Diptera: Sciaridae)", en *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 23(3): 329-340.

- Pal, S. *et al.*, 2007, "Fungal peptide destruxin a plays a specific role in suppressing the innate immune response in *Drosophila melanogaster*", en *Journal Biological Chemistry* 282(12): 8969-8977.
- Ramzi, S y A. Zibae, 2014, "Biochemical properties of different entomopathogenic fungi and their virulence against *Chilosupressalis* (Lepidoptera:Crambidae) larvae", en *Biocontrol Science and Technology* 24 (5): 597-610
- Romo, D. *et al.*, 2013, Actividad Insecticida de *Beauveria bassiana* Cultivada por Fermentación Sólida para el Control de *Macroductylus spp* en Tejocote. XXXVI Congreso Nacional de Control Biológico.
- Sánchez, LL. *et al.*, 2014a, "Nuevas alternativas biotecnológicas con hongos entomopatógenos para el control biológico de plagas de importancia agronómica", en *Buenas Prácticas en la Producción Agropecuaria y de Alimentos de Calidad*, 183-199 pp., 1a ed., UAM Xochimilco, México.
- Sánchez, LL. *et al.*, 2014b, "Enzymes of entomopathogenic Fungi, advances and insights", en *Advances in Enzyme Research* 2: 65-76
- Serapio, J., 2014, "Ciclo de vida y comportamiento de *Macroductylus nigripes* Bates, 1887 (Coleoptera: Melolonthidae) en Ixtlahuaca, México", en *Entomología Mexicana* 1: 710-714.
- Su, J. *et al.*, 2010, "Roles of adjuvants in aphicidal activity of enzymes from *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales) SFB-205 supernatant", en *Journal of Asia-Pacific Entomology* 13: 345-350.
- Torres, P. y L. Rodríguez, 2006, "Dinámica agroambiental en áreas periurbanas de México. Los casos de Guadalajara y Distrito Federal. Investigaciones Geográficas", en *Boletín. 60 Boletín del Instituto de Geografía*, UNAM, ISSN 0188-4611: 62-82.

Plaguicidas organoclorados, un problema ambiental en la Laguna Negra de Puerto Marqués-Acapulco, México

Jesús Clemente Sierra Cortés^{1*}, Rey Gutierrez Tolentino^{1**}, Salvador Vega y León¹, Rutilio Ortíz Salinas¹, Arturo Escobar Medina¹, José Jesús Pérez González¹ y Beatriz Schettino Bermúdez¹

Resumen. *El objetivo del trabajo fue describir las concentraciones de plaguicidas organoclorados detectados en la Laguna Negra de Puerto Marqués, Acapulco. Este cuerpo acuático es un ecosistema costero compuesto por manglar; es un sitio clave en el crecimiento y desarrollo de especies marinas de interés comercial, además de ser un atractivo turístico cercano a una población en crecimiento. Se realizaron muestreos bimestrales durante un año, colectando muestras de agua, sedimento y peces juveniles. La extracción de los compuestos organoclorados en cada una de las matrices se realizó de acuerdo a los lineamientos internacionales (ONU y Estados Unidos). Las determinaciones se efectuaron en un cromatógrafo de gases con captura de electrones. La concentración de compuestos organoclorados en agua fue de 1291 µg/L, en sedimento fue de 1134 µg/kg, y en peces de 485 µg/kg; algunos compuestos rebasan el límite permisible en puntos específicos de la laguna, por ejemplo, lindano, epóxido de heptacloro, dieldrin y DDT. En la época*

¹ Profesor Investigador del Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco.

* Estudiante de la Maestría en Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma Metropolitana- Xochimilco.

** e-mail: reygut@correo.xoc.uam.mx.

de seca se apreció una mayor concentración de compuestos organoclorados en el agua y sedimento, mientras que la mayor concentración en peces fue en la época de lluvia. Los resultados demostraron una alteración grave del ecosistema por efecto de múltiples factores que han degradado su función biológica. Es importante realizar un estudio integral para reducir el impacto negativo al sistema lagunar debido a la disminución de peces y crustáceos importantes para la población local.

Palabras clave: *Ecosistema lagunar, Contaminante orgánico persistente, Degradación, Valor biológico.*

Abstract. *The objective of this work was to describe the effects of concentrations of organochlorine pesticides detected in the Laguna Negra of Puerto Marques, Acapulco. Being a coastal ecosystem composed of mangroves that they are a key site in the growth and development of marine species of commercial interest as well as being a tourist attraction close to a growing population. Bimonthly samplings were carried out for a year in which samples of water, sediment and juvenile fishes were collected. The extraction of the organochlorine contaminants in each of the matrices was carried out according to the guidelines of the United Nations and the United States Environmental Protection Agency. The determinations were carried out on an electron capture gas chromatograph. The levels detected in water (1291 µg/L), sediment (1134 µg/kg) and fish (485 µg/kg) showed that some compounds exceed the permissible limit at specific points in the lagoon, such as lindane, heptachlor epoxide, Dieldrin and DDT. The dry season showed higher concentration of organochlorine pesticides in the water and sediment while the highest concentrations in fishes were detected during the rainy season. Observations made in the field showed a serious alteration of the ecosystem due to multiple factors that have degraded its biological function. It is important to conduct a comprehensive study to reduce the negative impact to the lagoon system due to the decrease of fish and crustaceans important to the local population.*

Keywords: *Lagoon ecosystem, Persistent Organic pollutant, Degradation, Biological value.*

INTRODUCCIÓN

Dentro de los ecosistemas naturales, las lagunas costeras tienen una relevancia importante por ser el lugar de desove, crecimiento y desarrollo de especies marinas, de las cuales la mayoría son de interés comercial (PNUMA, 2004). Se ha demostrado, históricamente, que las actividades humanas han afectado a una infinidad de ecosistemas debido al desconocimiento de sus funciones para el equilibrio del entorno y del humano mismo. En muchos casos, se han considerado a las lagunas costeras como focos de infección y áreas inútiles para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas (Benitez y Barcenás, 1996; Pérez *et al.*, 2013). Esto ha ocasionado que dichos lugares sean rellenados para favorecer la construcción de unidades habitacionales, centros recreativos y reservorio de desechos sólidos y aguas residuales por parte de una población o industria. Un enfoque diferente es como sitio de dilución o degradación de contaminantes sin alterar al ambiente, tal situación ha provocado la desaparición de vegetación, aves, peces y otros organismos de gran importancia en el equilibrio del ecosistema (Barakat *et al.*, 2013; Ali *et al.*, 2014).

Dicha situación es generalizada en los sistemas lagunares a nivel mundial y nacional, por lo cual se han establecido estrategias para integrar la actividad humana y la conservación del ecosistema, aunado a un programa de monitoreo constante para vigilar, evaluar y redefinir las acciones para mantener una adecuada calidad del agua a través de características establecidas en los estudios de conservación: materia orgánica, concentración de contaminantes inorgánicos/orgánicos, coliformes, temperatura, material suspendido, entre otros (Gao *et al.*, 2008).

La variedad de formas de vida en el mar involucra múltiples dimensiones, medidas y unidades (biodiversidad marina) que incluye todos los niveles de organización, desde genes hasta la biosfera, pasando por especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas (Mancera-Pineda *et al.*, 2013), por tanto, la biodiversidad suministra protección, alimento, materiales y medicamentos, un elemento clave para el desarrollo social, intelectual

y espiritual de las sociedades. La pérdida de especies residentes puede llevar a extinciones locales y globales, sobre todo, para los taxones con distribución limitada o dependientes exclusivamente de un determinado hábitat (Hernández-Romero *et al.*, 2004). De acuerdo a la World Resources Institute, en México se ha perdido 65% de los manglares para favorecer zonas agrícolas, ganaderas, acuícolas, centro turísticos y deportivos (Semarnat, 2003); las condiciones de las zonas agrícolas en la parte superior de una cuenca hidrológica y la intensidad de lixiviación de plaguicidas y fertilizantes varía de una región a otra, sin embargo, la mayor vulnerabilidad ocurre en regiones con altas precipitaciones, en suelos principalmente arenosos, y en sistemas agrícolas intensivos (Cotler e Iura, 2012).

Se ha demostrado que los plaguicidas organoclorados son muy persistentes y estables en la mayoría de las condiciones ambientales debido a su baja volatilidad, solubilidad y reactividad; tienen una alta capacidad de bioacumulación en la cadena alimentaria (solubles en grasa), son resistentes a la degradación microbiana y representan una gran amenaza para la salud humana y el ecosistema mundial (García-Gutiérrez y Rodríguez-Meza, 2012). La acumulación de los plaguicidas organoclorados en la especie humana se ha relacionado con el riesgo de desarrollar varios tipos de cáncer: mama, cuello uterino, próstata y pulmón, donde se ha detectado la presencia de residuos de plaguicidas en leche y muestras de sangre de agricultores. Además, como el humano es el último eslabón de cualquier cadena alimentaria, es probable que consuma diferentes niveles de estos compuestos. Esta preocupación, tanto en los países industrializados como en desarrollo, constituye la base de las regulaciones de plaguicidas que controlan su producción, uso y disposición en el ambiente, y su presencia en los alimentos (CICOPLAFEST, 2004).

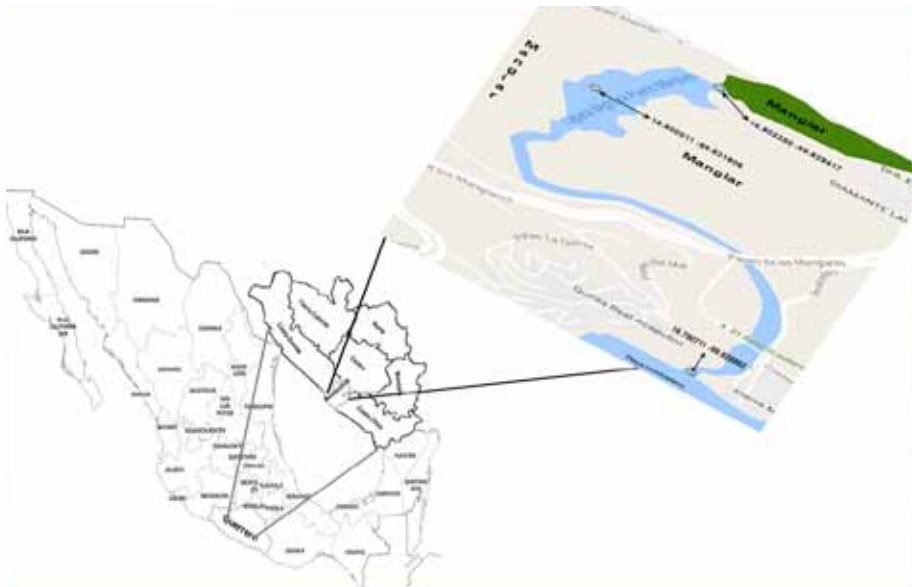
En la Laguna Negra de Puerto Marqués se ha descrito una contaminación biológica en el agua debido a las descargas de aguas residuales provenientes del Río Sabana que cruza varios municipios poblacionales, así como aquellos desarrollos urbanos y turísticos que están alrededor de la Laguna.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización de la zona de estudio

El estado de Guerrero tiene una extensión de 63,794 km² que pertenece a 3.2% del territorio de la República Mexicana. Cuenta con una superficie territorial de 1'959'247 km². Se ubica en la región pacífico sur entre los meridianos 18°54'-16°18' latitud N y 97° 57'- 102° 11' Longitud O, con una superficie territorial de 6'362'100 km². Limita al norte con los estados de Michoacán de Ocampo, Estado de México y Morelos; al noreste con Puebla; al este con Oaxaca, y al sur con el Océano Pacífico (Figura 1) (INEGI, 2012).

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en Puerto Marqués, Acapulco, Guerrero, México.



INEGI: Prospectiva estadística. Guerrero, diciembre, 2012.

La Laguna Negra de Puerto Marqués se encuentra en el municipio de Acapulco de Juárez a inmediaciones de la bahía de Puerto Marqués, formando parte del sistema de cuencas de la costa de Guerrero y, por consiguiente, pertenece al organismo de cuenca pacífico sur. Esta laguna está cubierta por mangle casi en su totalidad, su principal uso es de refugio faunístico y florístico, forma parte de un sistema hidrológico constituido por el río de la Sabana-laguna de tres palos-Laguna Negra de Puerto Marqués, formando parte del sistema de cuencas de la costa de Guerrero, cubre un área aproximada de 66.4 ha, con una profundidad media de 3.7 m, y se comunica con el mar por un canal que divide al cerro de Punta Diamante de la zona de playas de Copacaba-Bonfil-Barra vieja. A lo largo de ella se descargan escurrimientos de aguas que provienen del río de la Sabana en su parte alta (área rural del municipio de Acapulco), en su parte media y parte baja (áreas conurbadas de mayor crecimiento del municipio de Acapulco) (CNA, 2008).

Muestreo

La toma de muestras se realizó durante dos épocas del año, de octubre 2012 a octubre 2013: la estación seca (noviembre-abril) y la época de lluvia (junio-octubre). El muestreo fue dirigido para el sistema lagunar, contemplando las desembocaduras de ríos, canales y descargas de aguas residuales, descrito por Hernández y Hansen (2011). Se determinaron nueve sitios de muestreo georeferenciados con sistema de posicionamiento global GPS (Global Positional System) para la colecta de agua, sedimentos y peces, a lo largo del canal principal, formado de manera natural por la vegetación de manglar, al interior de la laguna y en el área denominada placeton (área de menor cobertura vegetal). La toma de las muestras se llevó a cabo en los puntos señalados en la figura 2.

Figura 2. Ubicación de los puntos de muestreo en la zona de estudio de la Laguna Negra de Puerto Marqués, Acapulco, Guerrero



Se realizó un análisis de las determinaciones de los parámetros físicos y químicos del agua en un estudio realizado por Robles *et al.* (2002), con la finalidad de asociar algunas situaciones con respecto al comportamiento de los plaguicidas. De acuerdo al autor de dicho trabajo, estos parámetros no han cambiado mucho.

Agua

Las muestras de agua fueron superficiales simples, colectadas mediante una botella de vidrio de color ámbar de 4 litros a una profundidad de 30 a 50 cm, tomando aproximadamente un volumen de 3.9 L. Se adicionó 90 mL de hexano grado cromatográfico y por agitación se realizó la extracción *in situ* de los compuestos clorados, realizando el mismo procedimiento una vez más. La fase orgánica (hexano) de la muestras se colectó en frascos de vidrio de 250 mL, previamente tratados de acuerdo con el método propuesto por la EPA 3510C (1996). Las muestras fueron transportadas al laboratorio en una hielera a 4°C y mantenidas en refrigeración hasta su purificación en columnas cromatográficas empacadas con florisil. El extracto orgánico se obtuvo por medio de una mezcla de éter de petróleo y hexano (UNEP, 1982), posteriormente se concentró en un rotavapor y trasvasando el volumen a un vial para su análisis en cromatografía de gases.

Sedimento

Las muestras de sedimento se obtuvieron mediante una draga Van Vee (Fernández-Bringas *et al.*, 2008). De la parte central de la draga, se retiró la muestra de aproximadamente 1 kg de sedimento y se colocaron en frascos de vidrio que se encontraban envueltos en papel aluminio, sellados, y se mantuvieron almacenados a una temperatura de 5°C. Las muestras fueron conservadas en frascos de vidrio previamente tratadas y mantenidas a una temperatura de 4°C durante su transporte. En laboratorio, el sedimento fue secado a una temperatura de 40°C, posteriormente se tamizó y se tomó una muestra representativa para su extracción en el sistema Soxhlet, empleando una mezcla de hexano y diclorometano (1:1 v/v) (EPA, 3540). El extracto orgánico se purificó en columnas cromatográficas empacadas con florisil, empleando una mezcla de éter de petróleo

y hexano para extraer los análisis de interés (UNEP, 1982), posteriormente se concentró en un rotavapor y trasvasando el volumen a un vial para su análisis en cromatografía de gases (EPA, 8081B).

Peces

En la colecta de peces se empleó una atarraya, donde se capturaron, se descamaron y eviscerados *in situ*. Limpios los organismos, se envolvieron en papel aluminio y se colocaron en bolsas de plástico de polietileno, éstos se conservaron a 4°C en una hielera para su transporte y almacenamiento. En laboratorio se extrajo el músculo para su extracción en el sistema Soxhlet (EPA 3540). El extracto orgánico se purificó en columnas cromatográficas empacadas con florisil. El extracto de interés se obtuvo por medio de una mezcla de éter de petróleo y hexano, posteriormente se concentró en un rotavapor (EPA 3500C) y trasvasando el volumen a un vial para su análisis en cromatografía de gases (EPA 8081B).

Análisis cromatográfico

Para la determinación y cuantificación, se utilizó un cromatógrafo de gases marca Shimadzu GC 2010 Plus, equipado con un detector de captura de electrones (Ni^{63}) y columna capilar de sílice de 30 m de longitud por 0.25 mm de diámetro interno, y un recubrimiento de 0.25 μm de metil-fenil-silicón al 5%; como gas acarreador se empleó el nitrógeno con un flujo de 30.0 mL/min. La temperatura del horno se programó de 100°C hasta 280°C, la temperatura del inyector fue de 225°C y la temperatura del detector a 310°C. Se utilizó el siguiente programa de temperaturas: T1= 100°C por 2 minutos, después con incremento de 15°C/minuto hasta T2= 160°C, por 5 minutos, para finalmente incrementar 5°C/minuto hasta llegar a T3= 280°C, manteniéndose por 5 minutos; en un tiempo final de

40 min. El registro e integración de los puntos de retención de los compuestos se realizó mediante el software Shimadzu GC solution Chromatography Data System Version 2.4. Se inyectó 1 μL del estándar (16 component Organochlorine Pesticides Mixture) de la marca CHEM SERVIC Analytical Standards de 100 mg en 1 mL con No. Cat. 608/625/8080/8081.

Control de calidad analítica

Durante los procedimientos de extracción y purificación de los plaguicidas organoclorados en las diversas matrices, se realizaron réplicas por cada lote de 6 muestras, blanco de reactivos (únicamente solventes) y blancos fortificados (con la adición de plaguicidas organoclorados a concentración conocida sin la muestra) con la intención de garantizar la calidad de los resultados. El límite de cuantificación para el agua fue de 0.2 a 0.16 ng/mL, y para las muestras de sedimento y músculo de peces fue de 0.25 a 0.5 ng/g. Se utilizó una solución estándar de una mezcla de 16 compuestos de plaguicidas organoclorados (Chem. Service, Inc): Alicíclicos: alfa-HCH, beta-HCH, gamma-HCH y delta-HCH; aromáticos: p,p'-DDE, p,p'-DDT y p,p'-DD; ciclodiénicos: aldrín, dieldrín, endrín, endrín aldehído, heptacloro, epóxido de heptacloro, endosulfan I, II y sulfato de endosulfan. Los porcentajes de recuperación obtenidos de los blancos fortificados fueron en un intervalo de 80% (compuestos alicíclicos, principalmente) a 110 por ciento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características físico-químicas

De acuerdo a Robles *et al.* (2002), al aplicar un análisis de componentes principales se lograron identificar aquellas variables que se asocian con

la contaminación de la Laguna, apreciando seis componentes que explicaron 74% del fenómeno. El primer componente correspondió a los sólidos disueltos, sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, dureza (calcio y magnesio), cloruros y sulfatos; el segundo componente está asociado con la presencia de coliformes totales/fecales y estreptococos; el tercer componente está integrado por los ortofosfatos y fosfatos totales; el cuarto componente fue constituido por los nitritos; el quinto componente por el oxígeno disuelto, y finalmente el sexto componente formado por el nitrógeno orgánico.

En análisis por épocas de seca y lluvia se apreció una diferencia significativa en las condiciones del ambiente y del agua de la Laguna, donde el proceso de autopurificación cambia drásticamente; por ejemplo, en la época de seca, los microorganismos en el agua consumen los elementos nutritivos suministrados por las aguas residuales, lo que resulta en una disminución del oxígeno disuelto; con un aumento de la temperatura ambiental se provoca una mayor evaporación del agua de la Laguna y como consecuencia una concentración de los contaminantes en el sedimento y en las partículas sólidas suspendidas. Por lo que respecta a la época de lluvias, la combinación del viento aumenta los valores de oxigenación del agua, y los procesos de purificación se realizan de forma adecuada en favor de la degradación de los contaminantes.

La presencia de plaguicidas detectadas en la Laguna es parte de las tres fuentes contaminantes apreciadas en el lugar: biológica (coliformes), química (plaguicidas organoclorados) y física (por el arrastre de partículas en suspensión o sedimentos).

Contenido de plaguicidas en agua

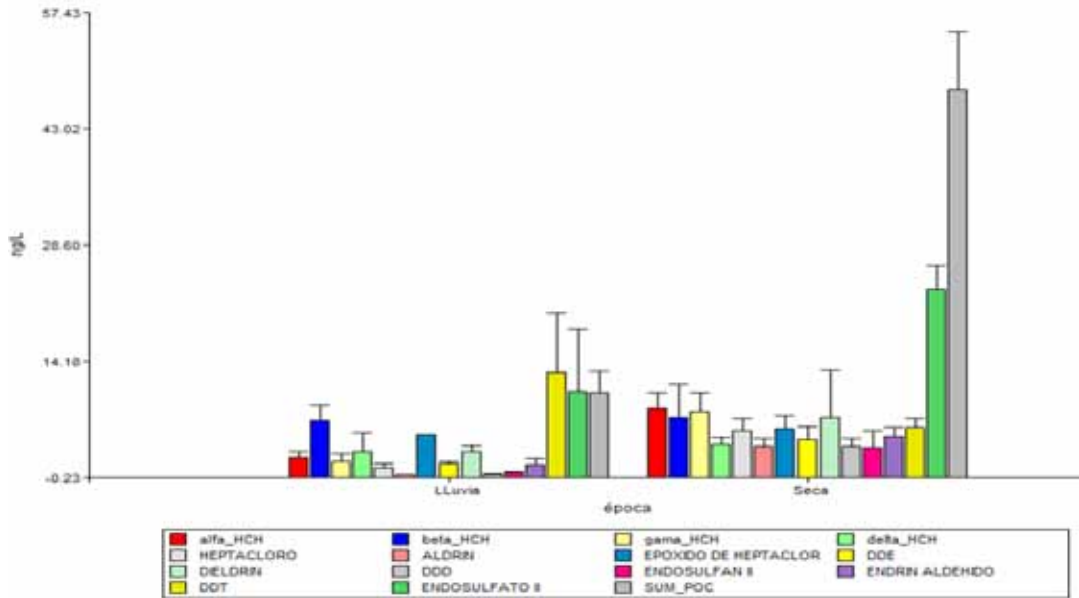
En la figura 3 se aprecia la distribución de los plaguicidas organoclorados en función a las temporadas de lluvia y seca; las concentraciones individuales y total (1291 ng/L) se presentaron altas en la época de seca,

donde existe una mayor evaporación y por tanto una concentración de los contaminantes en el agua en comparación a la época a la época de lluvia (278.10 ng/L). Para la temporada de seca, los compuestos principales fueron: Endosulfato II (23.15 ng/L), alfa HCH (8.34 ng/L), gama HCH (7.98 ng/L), dieldrin (7.25 ng/L), beta HCH (7.23 ng/L), y el compuesto con menor concentración fue el aldrin (3.63 ng/L). Los compuestos organoclorados con mayor presencia fueron el DDT (12.85 ng/L), endosulfato II (10.45 ng/L) y beta HCH (6.79 ng/L), y el de menor valor fue el DDD (0.15 ng/L).

En la época de lluvia, al existir un mayor volumen de agua en la Laguna, se observó un efecto de dilución y un ingreso de compuestos contaminantes por el río de la Sabana que alimenta al cuerpo acuático, donde se transporta las descargas de varios municipios agrícolas ubicados en la parte superior de la cuenca hidrológica y de los asentamientos urbanos cercanos como: Ciudad Renacimiento, rastro municipal de la Sabana, planta de tratamiento de aguas residuales del poblado de Puerto Marqués y de la zona hotelera cercana a la laguna (Hotel Princess), por lo que los aportes de sitios cercanos a la Laguna son la entrada de contaminantes orgánicos a este sistema lagunar, principalmente (Cai *et al.*, 2010).

Se ha demostrado que existe una degradación de algunos compuestos clorados en el ambiente, por ejemplo, el endosulfan es una mezcla de dos isómeros I y II-endosulfan en una relación aproximada de 70 y 30%, en donde es transformado por las bacterias a endosulfan sulfato en el suelo (Cotham y Bidelman, 1989). La presencia del endosulfan II sugiere una degradación del compuesto principal endosulfan debido a que está constituido por el I y II-endosulfan; asimismo, la aparición del endosulfato I en la Laguna se puede deber a una deposición histórica o producto de la degradación del endosulfan, ya que es producido por la oxidación del compuesto principal, lo cual resulta en un producto sumamente tóxico (Naqvi y Vaishnavi, 1993; Botello *et al.*, 2000; Tripathi y Verma, 2004; Carvalho *et al.*, 2009).

Figura 3. Distribución de los plaguicidas en agua superficial de la Laguna Negra de Puerto Marqués



Para el caso del DDT, éste es transformado a su metabolito DDE bajo condiciones aeróbicas (Singh *et al.*, 2005), y a DDD en ambientes anaeróbicos (Yang *et al.*, 2013). Las proporciones de DDE/DDT y (DDE+DDD)/DDT >1 sugieren una contaminación histórica, mientras que < 1 determina una aplicación reciente de DDT (Jaga y Dharmani, 2003). Los valores reportados DDE/DDT y (DDE+DDD)/DDT en el agua fueron de 1.3 y 0.88, respectivamente, donde el primer indicador manifiesta una acumulación histórica, mientras el segundo indicador sugiere una aplicación reciente de DDT. Por lo tanto, la mayor presencia del DDE en las muestras de agua, más que el DDD puede justificarse debido a que el DDD se degrada más rápido (Youssef *et al.*, 2015). Cabe mencionar que aunque el DDT ha

sido prohibido para fines agrícolas, en lugares tropicales se sigue utilizando en campañas de salud pública en el combate de vectores como la malaria (Benítez y Bárcenas, 1996; Carvalho *et al.*, 2009).

El HCH técnico está constituido de la siguiente manera: alfa-HCH 60-70%, beta-HCH, 5-14%, gama-HCH 8-15%, delta-HCH 2-16%, y finalmente 1-5% el resto de los isómeros (Will *et al.*, 1998; Breivik *et al.*, 1999). La presencia de los isómeros con mayor porcentaje fueron gama y beta-HCH en la Laguna en comparación a los otros isómeros, lo que indica aplicaciones recientes y una degradación del mismo (Gao *et al.*, 1998); debido a sus propiedades insecticidas son empleados en la agricultura. El lindano ha sido utilizado de manera individual en HCH técnico, este último contiene varios isómeros de HCH (Li *et al.*, 1998; Li *et al.*, 2001; Toan *et al.*, 2009).

La tabla 1 presenta los valores de algunos plaguicidas regulados por la NOM-127-SSA1-1994, aquí se aprecia que los valores detectados en la muestra de agua en la Laguna Negra exceden los límites permisibles, lo cual representa un problema hacia los organismos acuáticos, y con ello una afectación hacia el ecosistema lagunar. Es notorio que algunos sistemas naturales son reservorio de contaminantes orgánicos persistentes, como es el caso de los plaguicidas organoclorados. Apreciando que a mediano y largo plazos sean afectadas las relaciones bióticas y la estructura biológica del sistema acuático con consecuencias de pérdida de biodiversidad de flora y fauna.

Tabla 1. Comparación de los valores de plaguicidas organoclorados detectados con respecto a la NOM-127-SSA1-1994

Compuestos	Límite permisible en agua (µg/L)	Valor promedio de este estudio (µg/L)
Aldrin y dieldrin (separado o combinado)	0.03	3.35
DDT (total de isómeros)	1.00	4.21
Gama-HCH (Lindano)	2.00	6.01
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0.03	5.70

Los plaguicidas más utilizados en México son de la familia de los carbamatos y las triazinas, que se distinguen por ser de actividad herbicida; en segundo lugar se encuentran los organoclorados que están en vías de ser sustituidos, aunque éstos se pueden mezclar con otros o encontrarse con otro nombre comercial y actúan como insecticidas de ingestión y contacto. El estudio de Bernal (2012a), en un análisis de agua de sistemas agrícolas de Guanajuato, detectó principalmente al epóxido de heptacloro, 4,4-DDD, metoxiclor y 4,4-DDT, rebasando el límite permisible por la NOM-127-SSA-1994 de agua de uso y consumo humano, ya que en México no existe legislación en materia de aguas superficiales que consideren dichos compuestos.

De acuerdo al catálogo de COFEPRIS (2016), se han señalado los plaguicidas que son prohibidos o de uso restringido para su aplicación en el ámbito agrícola, ganadero y en las campañas de salud, además de las normativas expedidas por la SSA, Sagarpa y Semarnat. Haciendo énfasis con la aplicación, equipo de protección personal, etiquetado, comercialización, entre otros; dicho documento es el rector a nivel federal de lo relacionado con los plaguicidas en México.

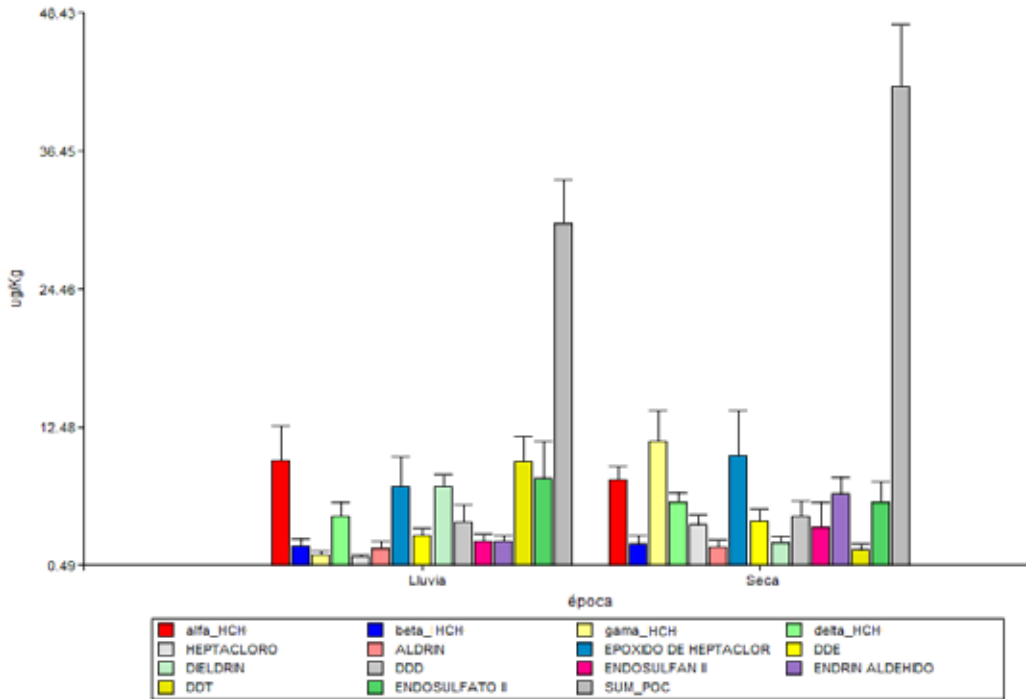
Contenido de plaguicidas en sedimento

En la figura 4 se aprecia la distribución de los plaguicidas detectados en los sedimentos en las épocas de lluvia y seca, donde la mayor concentración total de plaguicidas se encontró en la época de seca con 1133.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$, en comparación en la época de lluvia con un valor de 812.5 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En la temporada de seca, los valores promedio de compuestos con mayor concentración fueron: gama-HCH 11.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$, epóxido de heptacloro 9.96 $\mu\text{g}/\text{kg}$, alfa-HCH 7.88 $\mu\text{g}/\text{kg}$, y el compuesto con menor concentración fue el DDT con 1.89 $\mu\text{g}/\text{kg}$. En la época de lluvia, los compuestos dominantes fueron: alfa-HCH (9.58 $\mu\text{g}/\text{kg}$), DDT 9.51 $\mu\text{g}/\text{kg}$, endosulfato 7.99 $\mu\text{g}/\text{kg}$, epóxido de heptacloro 7.36 $\mu\text{g}/\text{kg}$ y dieldrin 7.35 $\mu\text{g}/\text{kg}$; el compuesto con menor concentración fue el heptacloro con 1.23 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Las mayores concentraciones de plaguicidas se presentaron en los puntos de descarga debido posiblemente al arrastre de material particulado en comparación al resto de los sitios muestreados; se aprecia una relación de los contaminantes adheridos a las partículas de arcilla y materia orgánica; el sedimento es el principal reservorio de los compuestos clorados (Gao *et al.*, 1998).

Los sitios de descarga en la Laguna son los drenajes de los desarrollos turísticos-habitacionales y la planta de tratamiento de aguas residuales del poblado y del río de la Sabana, que son medios de arrastre de una gran cantidad de partículas, apreciando la combinación de la parte urbana y agrícola en dicho sistema acuático como lo establece Uresti-Marin *et al.*, 2008. La contaminación del sedimento en la Laguna provoca un impacto negativo en la fauna acuática (peces y organismos bentónicos) del lugar, reduciendo la supervivencia, crecimiento y alteración de los organismos que ahí habitan (Shen *et al.*, 2005).

Figura 4. Distribución de plaguicidas organoclorados en sedimento por épocas de la Laguna de Puerto Marqués



En la tabla 2, se comparan los resultados obtenidos en muestras de sedimentos de la Laguna Negra de Puerto Marqués y los límites permisibles por la legislación sanitaria de EEUU y Canadá, donde se aprecia que los compuestos señalados como gama HCH, epóxido de heptacloro y DDT rebasan los valores permisibles, mientras el dieldrin rebasa el valor permisible en la época de lluvia. Por ello, esta matriz ambiental representa un riesgo a la vida silvestre y, sobre todo, a los organismos que se alimentan de los sedimentos como es el caso de moluscos y algunos peces detritívoros, algunos de los cuales son de interés comercial (Calderon *et al.*, 2001; Zhou *et al.*, 2014).

Tabla 2. Comparación de valores permisibles de plaguicidas organoclorados en sedimentos marinos y promedios obtenidos en la Laguna Negra de Puerto Marqués

Compuestos	Límite Canadiense y NOAA * (µg/kg)**	Laguna Negra de Puerto Marqués (µg/kg)		
		Promedio de muestreos	Época de lluvia	Época de secas
Gama-HCH (Lindano)	0.99	7.84	1.44	11.20
Dieldrin	4.30	4.74	7.35	2.47
Epóxido de heptacloro	2.74	8.66	7.36	9.96
DDT	4.77	6.37	9.51	13.20
DDD	7.81	4.39	4.20	4.72
DDE	3.74	3.59	3.08	4.31

* NOAA= Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, 2008; ** Nivel de efecto probable en organismos.

Contenido de plaguicidas en peces

Los peces colectados fueron entre machos y hembras juveniles con una talla en promedio de 12 cm y un peso alrededor de 100 g, siendo la talla del adulto entre 25 a 30 cm. Su hábito alimenticio por lo general es detritívoro. En algunos casos se capturan para ser servidos en algunos restaurantes como botana ligera.

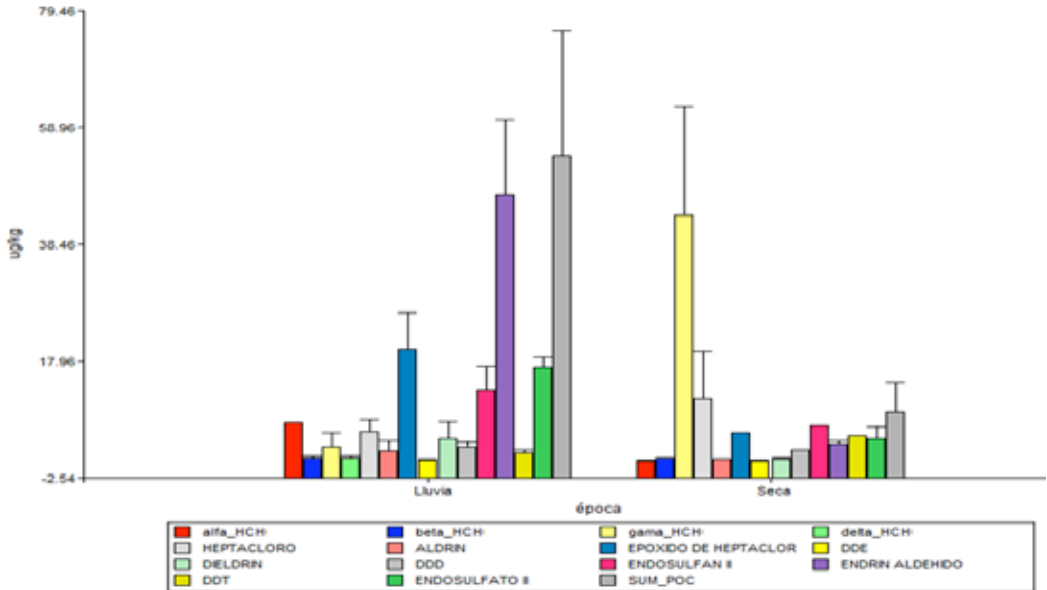
En la figura 5, se aprecia la distribución de los plaguicidas organoclorados en peces de acuerdo a la época, resultando que el promedio total fue mayor en la época de lluvia (485.4 µg/kg), que en la época de seca (162.9 µg/kg). Los peces colectados son conocidos como “popoyote” (*Profundulus hildebrandi*), cuyo hábito alimenticio es por material orgánico suspendido; en la época de lluvia existe mucha materia orgánica suspendida dada por los aportes de agua de forma natural (ríos) y debido a los asentamientos humanos (descargas residuales) cercanos

al cuerpo acuático (Dominguez-Ruiz *et al.*, 2007), asociando este hecho con la concentración detectada; además de una lenta liberación de los plaguicidas de los sedimentos de acuerdo a las condiciones ambientales como la temperatura, concentración de oxígeno y pH, entre otros (Hinojosa-Garro *et al.*, 2016).

En la temporada de lluvia, los compuestos con mayor concentración en el tejido de los peces colectados fueron: endrin aldehído (47.08 $\mu\text{g}/\text{kg}$), epóxido de heptacloro (20.05 $\mu\text{g}/\text{kg}$), endosulfato (16.93 $\mu\text{g}/\text{kg}$), endosulfan II (12.88 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y alfa-HCH (7.20 $\mu\text{g}/\text{kg}$); el compuesto con menor concentración fue el DDE (0.63 $\mu\text{g}/\text{kg}$). En la temporada de seca los compuestos fueron: gama-HCH (43.65 $\mu\text{g}/\text{kg}$), heptacloro (11.43 $\mu\text{g}/\text{kg}$), endosulfan II (6.70 $\mu\text{g}/\text{kg}$) y epóxido de heptacloro (5.40 $\mu\text{g}/\text{kg}$).

De acuerdo a Guo *et al.* (2008), en la combinación de los plaguicidas organoclorados en el agua y sedimentos se aprecia un efecto de bioacumulación que logra producir efectos tóxicos en peces adultos, hallando únicamente peces o mariscos juveniles (Thomas *et al.*, 2012). A lo largo de los muestreos únicamente se logró la captura del popoyote, y de acuerdo a las versiones de los pescadores de la zona, éste no tiene un valor comercial destacable en comparación a peces que deberían de estar presentes como el robalo, tilapia y pargo, entre otros. Se concluye que la combinación de contaminantes de tipo biológico, físico y químico están impactando considerablemente la abundancia y diversidad de peces en la Laguna; siendo éste un claro ejemplo de la degradación de un ecosistema costero debido a las actividades antropogénicas (Arangure *et al.*, 2011).

Figura 5. Presencia de plaguicidas organoclorados en el pez "Popoyote" de la Laguna Negra de Puerto Marqués



Impacto en la diversidad biológica

El empleo por largo tiempo de los plaguicidas organoclorados ha demostrado que los insectos y malas hierbas han desarrollado una persistencia, por lo que es necesario el uso de compuestos o combinaciones más tóxicas, esto ha derivado que el ambiente, biodiversidad, agua, aire, suelo y salud humana se hayan visto dañados seriamente (Coat *et al.*, 2011; Bernal, 2012a).

La presión ejercida sobre la biodiversidad costera es cada vez más fuerte debido al aumento demográfico de la población humana, 67% de la población mundial vive en áreas costeras o en su proximidad, y se espera un mayor aumento poblacional de acuerdo a las proyecciones

demográficas mundiales, como es el caso de las ciudades de Sao Paulo, Shangai, Hong Kong y Jakarta (Mancera-Pineda *et al.*, 2013).

De acuerdo a Cotler e Iura (2012), la contaminación que se aprecia en el sistema lagunar del sitio de estudio se puede definir como difusa, pues existe el lavado de contaminantes a través del suelo o desde fuentes donde no se tiene bien descrito el origen exacto (tiraderos clandestinos). Este tipo de contaminación puede ser continua o intermitente, esta última relacionada con las actividades estacionales de la agricultura, aplicación de fertilizantes y plaguicidas, por lo que la contaminación apreciada en la Laguna está en función de la época del año, aunado a un proceso acelerado de eutrofización, presencia de contaminantes inorgánicos/ orgánicos; aumento de sólidos en suspensión que aumenta la turbidez del agua y, una reducción significativa del oxígeno disuelto, generando condiciones anóxicas en la columna de agua y fondo de la Laguna.

Con la situación de las épocas de seca y lluvia se aprecia un comportamiento diferente de los contaminantes, asociados con las condiciones ambientales, debido posiblemente a las inundaciones que pueden movilizar un mayor arrastre de sedimentos y contaminantes de todo tipo, causando un fuerte impacto en el ecosistema. Mientras que en la época de sequías, éstas se agudizan en determinados momentos, dado que al reducir la dilución se aumentan los problemas de toxicidad (Wang *et al.*, 2012). Así, que el cuidado del ambiente es de vital importancia para la salud ambiental y de los seres vivos, incluyendo al ser humano (Bernal *et al.*, 2012b).

Finalmente, a pesar de que México es signatario en varios tratados internacionales en cuanto a la regulación y eliminación de sustancias cloradas, se siguen apreciando concentraciones de éstos en agua u otras matrices ambientales; esto evidencia el abuso de insecticidas y herbicidas, aunado a un uso inadecuado en las plantaciones o prácticas erróneas de aplicación. El precio de bajo costo de algunos plaguicidas hace que sean atractivos para su consumo, representando un porcentaje reducido del costo total de producción de los cultivos comerciales, tal como el lindano y endosulfán (Bernal *et al.*, 2012b).

CONCLUSIONES

Datos previos han demostrado una contaminación severa en el sistema lagunar al aumentar la carga de materia orgánica, y probablemente un aumento de bacterias patógenas, por lo que la acción de autodepuración ha sido rebasada, con la consecuencia de apreciar concentraciones considerables de materia orgánica, y con ello un arrastre de contaminantes como los plaguicidas en el sedimento y agua, por eso la población de peces ha disminuido considerablemente y su diversidad. Únicamente se colectaron peces popoyote en una etapa juvenil, lo que ha resultado en la desaparición de la actividad pesquera de la zona aledaña; además de una baja calidad de la salud del ecosistema al apreciar una degradación de la flora y fauna, lo cual está provocando la desaparición y posibilidad de nichos para especies invasoras, rompiendo el equilibrio ecológico de la Laguna Negra.

El aporte de aguas que alimentan a la Laguna Negra de Puerto Marqués ha demeritado la calidad ambiental del ecosistema lagunar dado que los aportes son provenientes de zonas agrícolas y urbanas en donde se aplican plaguicidas organoclorados para el control de plagas y en campañas de control de vectores de enfermedades. Este hecho es fundamentado por estudios a nivel mundial, en donde se ha apreciado dicha situación con distintos grados de afectación.

BIBLIOGRAFÍA

- Ali, U. *et al.*, 2014, "Organochlorine pesticides (OCPs) in South Asian region: A review", en *Science of the total Environment* 476-477: 705-717.
- Arangure, J. *et al.*, 2011, "Evaluation of contamination levels by organochlorine pesticides residues on sediment and fishes from Aguamilpa reservoir, Nayarit, México", en *Waxapa* 1 (4): 20-35.

- Barakat, O. *et al.*, 2013, "Distribution and ecological risk of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments from the Mediterranean coastal environment of Egypt", en *Chemosphere* 93 (2): 545-554.
- Benítez, A. y C. Barcenás, 1996, *Patrones de Uso de los Plaguicidas en la Zona Costera del Golfo de México*, en Botello, V. *et al.* (Eds.), *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias*, 155-167 pp., EPOMEX Serie Científica 5, Universidad Autónoma de Campeche, México.
- Bernal, M., 2012a "Contaminación del agua por plaguicidas", en Pérez, H. y A. Aguilar, (Eds.), *Agricultura y contaminación del agua*, 78-108 pp., Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Económicas, México.
- Bernal, M. *et al.*, "Contaminación por plaguicidas", en Pérez, H. y A. Aguilar (Eds.), Universidad Nacional Autónoma de México e Instituto de Investigaciones Económicas, 173-206. ISBN: 978-607-02-3550-4.
- Botello, V. *et al.*, 2000, "Persistent organochlorine pesticides (POPs) in coastal lagoons of the subtropical Mexican Pacific", en *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 64: 390-397.
- Breivik, K. *et al.*, 1999, "Use of alpha-, beta- and gamma-hexachlorocyclohexane in Europe, 1970-1996", en *The Science of the Total Environment* 239: 151-163.
- Cai, G. *et al.*, 2010, "Concentration and distribution of 17 organochlorine pesticides (OCPs) in seawater from the Japan Sea northward to the Arctic Ocean", en *Chemistry* 53:1033-1047.
- Calderón, H. *et al.*, 2001, "Plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos acuáticos del lago de Catemaco, Veracruz, México", en *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 17(1): 23-30.
- Carvalho, P. *et al.*, 2009, "Pesticide and PCB residues in the aquatic ecosystems of Laguna de Términos, a protected area of the coast of Campeche, Mexico", en *Chemosphere* 74: 988-995.

- CICOPLAFEST (Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas), 2004, en <http://www.cofepris.gob.mx/cis/tramites/infPynv/InfRegPlag-NutVeg.htm>, consultado el 15/11/16.
- Consejo de Cuenca de la Costa de Guerrero (CNA), 2008, Plan de Gestión Integral Cuenca río La Sabana-Laguna de Tres Palos.
- Coat, S. *et al.*, 2011, "Organochlorine pollution in tropical rivers (Guadeloupe): Role of ecological factors in food web bioaccumulation", en *Environmental Pollution* 159: 1692-1701.
- COFEPRIS, 2016, Catálogo de plaguicidas, en www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx, consultado 10/12/16.
- Cotham, E. Jr. y F. Bidleman, 1989, "Degradation of malathion, endosulfan and fenvalerate in seawater and seawater/sediment microcosms", en *Journal Agriculture Food and Chemistry* 37: 824-828.
- Cotler, H. y D. Iura, 2012, Contaminación potencial difusa por actividad agrícola, en <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/639/contaminacion.pdf>, consultado 16/05/17.
- Domínguez, E. *et al.*, 2007, "Monografía de *Profundulus hildebrandi* Miller", en E. Velázquez (Coord.), Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, México.
- Fernández, M. *et al.*, 2008, "Organochlorine pesticides in lacustrine sediments and tilapias of Metztitlan, Hidalgo, Mexico", en *Biological Tropical* 56 (3): 1381-1390.
- Gao, J. *et al.*, 1998, "Sorption of pesticides in the sediment of the Teufelsweiher pond (southern Germany). I: equilibrium assessments, effect of organic carbon content and pH", en *Water Resources* 32(5): 1662-1672.
- Gao, J. *et al.*, 2008, "Occurrence and distribution of organochlorine pesticides-lindane, p,p'-DDT, and heptachlor epoxide in surface water of China", en *Environment International* 34: 1097-1103.

- García, C. y D. Rodríguez, 2012, "Problemática y riesgo ambiental por el uso de plaguicidas en Sinaloa", en *Ra Ximhai, revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo Sustentable* 8 (3): 1-10.
- PNUMA, 2004, Informe Geo México 2004. Perspectivas del medio ambiente en México. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- Guo, Y. *et al.*, 2008, "Tissue distribution of organochlorine pesticides in fish collected from the Pearl River Delta, China: Implications for fishery input source and bioaccumulation", en *Environmental Pollution* 155: 150-156.
- Hernández, A. y A. Hansen, 2011, "Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos", en *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 27(2): 115-127.
- Hernández, H. *et al.*, 2004, "Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico", en *Marine Pollution Bulletin* 48:1130-1141.
- Hinojosa, D. *et al.*, 2016, "Organochlorine Pesticides (OCPs) in Sediment and Fish of Two Tropical Water Bodies Under Different Land Use", en *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 97: 105-111.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), 2012, Perspectiva estadística Guerrero.
- Jaga, K. y C. Dharmani, 2003, "Sources of exposure to and public health implications of organophosphate pesticides", en *Revista Panamericana de Salud Pública* 14(3): 171-185.
- Li, F. *et al.*, 1998, "Technical hexachlorocyclohexane use trends in China and their impact on the environment", en *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 35: 688-697.
- Li, F. *et al.*, 2001, "Gridded usage inventories of technical hexachlorocyclohexane and lindane for China with 1/6° latitude by 1/4° longitude resolution", en *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 41: 261-266.

- Mancera, J. *et al.*, 2013, "Principales amenazas a la biodiversidad marina", en *Actual Biologica* 35(99): 111-133
- Naqvi, M. y C. Vaishnavi, 1993, "Bioaccumulative potential and toxicity of endosulfan an insecticide to non-target animals. Mini-review", en *Comparative Biochemistry and Physiology* 105C (3): 347-361.
- Norma Oficial Mexicana. NOM-027-SSA1-1993. Bienes y servicios. Productos de la pesca. Pescados frescos, refrigerados y congelados. Especificaciones sanitarias.
- Pérez, A. *et al.*, 2013, "Are coastal lagoons physically or biologically controlled ecosystems? Revisiting r vs. K strategies in coastal lagoons and estuaries", en *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 132: 17-33.
- Robles, E. *et al.*, 2002, Laguna negra (Puerto Marqués), refugio florístico y faunístico en riesgo de extinción, en <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0020.pdf>, consultado 15/04/2016.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat), 2013, Convenio de Estocolmo, en http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/internacional/Documents/SAT/convenio_estocolmo.pdf, consultado 30/01/2015.
- Singh, P. *et al.*, 2005, "Persistent organochlorine pesticide residues in alluvial groundwater aquifers of Gangetic Plains, India", en *Bulletin of Environment Contamination and Toxicology* 74(1): 162-169.
- Shen, L. *et al.*, 2005, "Atmospheric distribution and long-range transport behaviour of organochlorine pesticides in North America", en *Environ. Sci. and Technol.* 39: 409-420.
- Thomas, M. *et al.*, 2012, "Organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments and fish from freshwater cultured fish ponds in different agricultural contexts in north-eastern France", en *Ecotoxicology and Environmental Safety* 77: 35-44.
- Toan, V. *et al.*, 2009, "Residue concentrations of recently used pesticides in surface water at two representative study sites of the lower MEKONG Delta, Vietnam", 14-16 pp., en *Pesticide behavior in soils, water and air*.

- Tripathi, G. y P. Verma, 2004, "Endosulfan-mediated biochemical changes in the freshwater fish *Clarias batrachus*", en *Biomedical and Environmental Sciences* 17(1): 47-56.
- United Nations Environment Programme (UNEP), 1982, Determination of DDT's, PCB's and other hydrocarbons in marine sediments by gas liquid chromatography. Reference Methods for Marine Pollution Studies N°17.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA), 2010, Types of Pesticides. United States Environmental Protection Agency, en <http://www.epa.gov/pesticides/about/types.htm>, consultado 12/03/10.
- Uresti, M. *et al.*, 2008, "Evaluación preliminar de la presencia de pesticidas organoclorados en pescados de la Presa Vicente Guerrero (Tamalupás, México)", en *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 6 (1): 48-55.
- Wang, Q. *et al.*, "Polycyclic aromatic hydrocarbons and organochlorine pesticides in fish from Taihu Lake: Their levels, sources, and biomagnification", en *Ecotoxicology and Environmental Safety* 82: 63-70.
- Willett, L. *et al.*, 1998, "Differential toxicity and environmental fates of hexachlorocyclohexane isomers", en *Environment Science and Technology* 32 (15): 2197-2207.
- Yang, D. *et al.*, 2013, "Organochlorine pesticides in soil, water and sediment along the Jinjiang River mainstream to Quanzhou Bay, southeast China", en *Ecotoxicology and Environmental Safety* 89 (1): 59-65.
- Youssef, L. *et al.*, 2015, "Occurrence and levels of pesticides in South Lebanon water", en *Chemical Speciation & Bioavailability* 27 (2): 62-70
- Zhou, S. *et al.*, 2014, "Distribution of organochlorine pesticides in sediments from Yangtze River Estuary and the adjacent East China Sea: Implication of transport, sources and trends", en *Chemosphere* 114: 26-34.

Efecto de la suplementación de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* encapsulada en los parámetros productivos y morfología de las vellosidades intestinales en conejos

Jossy Edith Martínez Licona,¹ Alejandro Azaola Espinosa,² Francisco Héctor Chamorro Ramírez¹ y José Fernando González Sanchez¹

Resumen. *El uso de antibióticos ha dado lugar a la resistencia bacteriana a los medicamentos y residuos en alimentos, por lo cual la tendencia actual es encontrar nuevas alternativas, una de éstas son los probióticos. El principal problema es el suministro del probiótico a los animales, por lo cual hay que buscar maneras adecuadas para dosificarlos y que los consuman de una manera natural; la técnica de encapsulación es un método para lograrlo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de Bifidobacterium animalis subs. Lactis (BB12), encapsulada en pajillas de avena en los parámetros productivos y morfología de las vellosidades intestinales en conejos. Se utilizaron 45 conejos recién destetados de la raza Nueva Zelanda, los cuales se dividieron en tres grupos aleatoriamente, con 3 repeticiones de 5 conejos cada uno: grupo control (GC), grupo antibiótico (GA) y grupo probiótico (GP). Se suministró a todos agua y alimento ad libitum. Se determinó el consumo de alimento, la ganancia de peso y la conversión alimenticia, cada semana durante un mes. A las ocho semanas se sacrificó humanitariamente*

¹ Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco.

² Departamento de Sistemas Biológicos, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, e-mail: jfgonzal@correo.xoc.uam.mx.

a los conejos de acuerdo con la norma oficial mexicana (NOM-033-ZOO-1995) y se obtuvieron los intestinos para realizar el estudio histológico. La viabilidad de las bacterias encapsuladas se mantuvo estable (10×10^{10} UFC/mL) a lo largo del experimento, lo cual demuestra que este tipo de encapsulación es recomendable para garantizar la supervivencia de las bacterias. La ganancia de peso fue mayor en los grupos GA y GP ($P < 0.05$) en comparación al grupo de control. No obstante, la conversión alimenticia no mostró diferencias ($P > 0.01$) entre el grupo antibiótico y el de probiótico. En cuanto a las vellosidades del intestino, el grupo con antibiótico presentó las de menor tamaño, mientras que el de probiótico modula el crecimiento de éstas. Se concluye que el uso de bifidobacterias encapsuladas en conejos tiene un efecto similar al del antibiótico, por lo que pueden usarse como una alternativa a éstos.

Palabras Clave: Probióticos, Bifidobacterias, Encapsulación, Conejos, Morfología intestinal.

Abstract. The use of antibiotics has given rise to the existence of bacteria resistance to medication and residues in food thus creating the current trend of finding new alternatives, one of them being probiotics. The main problem is the supply of probiotic to animals; thereby the need of finding a proper way to ration them out and have them consume it naturally arises. Encapsulation is a technique to achieve this challenge. The objective of this study was to evaluate the effect of *Bifidobacterium animalis* subs. *Lactis* (BB12), which was encapsulated in oat straws, on the productive parameters and morphology of intestinal villi in rabbits. Forty-five wean rabbits of the New Zealand breed were used. These were randomly divided in three groups with three repetitions of five rabbits for each group; control group (CG), antibiotic group (AG), and probiotic group (PG). All were supplied with food and water ad libitum. Food supply, weight gain and feed conversion were recorded in a weekly basis for a month. After eight weeks, a group of randomly selected rabbits were slaughtered humanely in accordance with the official Mexican standard (NOM-033-ZOO-1995) and the intestines were obtained to carry out a histological study. The viability of the encapsu-

lated bacteria remained stable (10×10^{10} UFC/mL) throughout the experiment, demonstrating that this type of encapsulation is recommendable in ensuring the survival of bacteria. Weight gain was higher in the AG y PG groups ($P < 0.05$) in comparison to the control group. However, feed conversion did not show any differences ($P > 0.01$) between the antibiotic and probiotic groups. In reference to intestinal villi, the antibiotic group showed the smallest size and the probiotic group demonstrated growth modulation. It was concluded that the use of encapsulated bifidobacterium in rabbits has a similar effect to that of antibiotics, hence it can be used as an alternative to them.

Keywords: Probiotics, Bifidobacterium, Encapsulation, Rabbits, Intestinal morphology.

INTRODUCCIÓN

Los antibióticos han sido utilizados, en dosis bajas, como promotores de crecimiento en la producción animal, no obstante, actualmente y dada la presencia constante y en bajas concentraciones de antibióticos, se presenta la resistencia o multiresistencia a los antibióticos para algunas bacterias, con las consecuentes implicaciones en la salud pública (Huber *et al.*, 2011). En enero de 2006, la Unión Europea prohibió el uso de esos productos en la alimentación animal, creando la necesidad de buscar alternativas para sustituirlos (Cepero, 2006). Un sustituto de los antibióticos, con el mismo fin, son los probióticos que tienen beneficios, entre los que se destacan: el control de enfermedades entéricas, regulación de la microbiota intestinal, producción de vitaminas (sobre todo las del complejo B), reducción del colesterol y triglicéridos en la sangre y activación del sistema inmune (Gaggia *et al.*, 2010, Roberfroid *et al.*, 2010), así como el incremento de peso, la producción de carne y evitar la mortalidad en animales destetados (Kritas *et al.*, 2009).

Para obtener estos beneficios es necesario que la bacteria llegue al sitio de acción en cantidad suficiente y viable (Fuller, 1989), sin embargo, no existe una metodología o procedimiento adecuado que garantice esto; por ejemplo, algunos autores como Trocino *et al.* (2005) y Pascual *et al.* (2008) suplementaron esporas de *B. cereus* var. *toyoi* en el alimento de los conejos con una dosis de 1×10^9 esporas por gramo de alimento; ambos obtuvieron resultados diferentes en ganancia de peso; por otro lado, Marin *et al.* (2007) suplementaron el probiótico de *Lactobacillus acidophilus* por vía oral en lechones, para ello utilizaron jeringas con una dosis de 5 mL; en tanto que Osorio *et al.* (2010) utilizaron el probiótico Biomin® Poultry 5 Star (*Enterococcus faecium*, *Pediococcus acidilactici*, *Bifidobacterium animalis*, *Lactobacillus salivarius* y *Lactobacillus reuteri*), suministrado en el agua con una dosis de 20 g/500 mL. Los procedimientos anteriores no garantizan la cantidad que debe consumir el animal de forma natural, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la suplementación *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, encapsulada sobre los parámetros productivos y la morfología de las vellosidades intestinales en conejos para garantizar el consumo de concentraciones altas y activas del probiótico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y tratamiento

Se utilizaron 45 conejos de la raza Nueva Zelanda recién destetados. Los conejos fueron alojados en jaulas de 60x90x40 cm. Fueron identificados mediante marcaje con tinta indeleble en las orejas y se distribuyeron aleatoriamente en tres grupos, cinco conejos por grupo y su triplicado: Grupo antibiótico (GA), grupo Probiótico (GP) y grupo control (GC). A todos los animales se les proporcionó agua y alimento comercial *ad libitum*. Al GA se le suplementó antibiótico sulfametaxazol/Trimetropim

(Halvet), encapsulado con carragenina dentro de pajillas de avena para una dosis de 0.3 mL/animal. Al GP se le suplemento *bifidobacterium animalis* subsp *lactis*, encapsulada en carragenina dentro de pajillas de avena en una concentración de 1×10^9 UFC/mL por pajilla. Al GC se le suplemento como placebo solución salina, encapsulada en carragenina dentro de pajillas de avena.

Microorganismo, medio y condiciones de cultivo

Se utilizó un cultivo congelado de *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (BB12) que fue obsequiado por Chr. Hansen de México. El cultivo (2g) fue suspendido en 18 mL de caldo MRS modificado (con 0.5, 0.2 y 0.1 g/L de cisteína, Na_2CO_3 y CaCl_2 respectivamente), y se usó para inocular (1%) tubos con 10mL de caldo MRS modificado, los cuales fueron incubados en condiciones anaeróbicas a 39° C (González-Sánchez *et al.*, 2010). Estos cultivos fueron utilizados para inocular (10%) viales de vidrio sellados que contenían 80mL de caldo TPYG, el cual contenía (g/L) peptona de soya 5, peptona de caseína 10, extracto de levadura 2.5, glucosa 10, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0.5, K_2HPO_4 2.0, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.25, CaCl_2 0.125, FeCl_3 0.003, Cisteína 0.5 y Tween 80. A cada vial se le inyectó CO_2 , se sellaron y se incubaron en agitación a 37° C y 180 rpm por 8 h (Azaola *et al.*, 1999). Las células fueron cosechadas por centrifugación (300 g por 15 min) y resuspendidas en solución salina estéril (0.9%) para una concentración alrededor de 1×10^9 UFC/mL y almacenadas a 3° C hasta su utilización. Para su almacenamiento en congelación (-70° C) se le adicionó glicerol al 20% (V/V).

Encapsulación de la bacteria

Se emplearon pajillas de avena de aproximadamente 9 cm de largo y 2 mm de diámetro; se esterilizaron en autoclave a 110° C por 10 min y se

almacenaron para su uso posterior a 3° C. Por otro lado, se prepararon 10 g de carragenina (C1013 SIGMA), se disolvieron en 100 mL de agua y se esterilizó a 110° C por 10 minutos; se bajó la temperatura a 40° C y se mezcló con 1 mL de células suspendidas como se describió anteriormente. La solución se mezcló utilizando un agitador vortex. La doble encapsulación se obtuvo inyectando 1 mL de la mezcla de carragenina-células dentro de las pajillas de avena y se sumergieron en una solución de cloruro de calcio 0.2M para que gelificaran. Las pajillas con la mezcla carragenina-células se almacenaron a 3° C, hasta su utilización en los conejos.

Para los grupos GA y GC se realizó el mismo procedimiento anterior, con la variante de que en vez de adicionar células, se adicionó 0.3 mL de sulfametaxazol/Trimetropim (Halvet) o solución salina estéril al 1%, respectivamente.

Viabilidad de las bifidobacterias encapsuladas

Las pajillas se abrieron y el gel de carragenina-células se extrajo y se disolvió en 10 mL de citrato de sodio 0.1M (Lee and Heo, 2000). Después de 2 min, se realizaron diluciones progresivas, y posteriormente se plantaron en agar MRS. Las colonias se contaron después de ser incubadas a 37° C por 48 horas bajo condiciones anaeróbicas.

Parámetros productivos

Se registró cada semana, de forma individual, el peso vivo de los conejos de cada grupo; se midió el consumo de alimento diario y se calculó la ganancia de peso por semana durante 4 semanas, y la ganancia de peso final. Se calculó la conversión alimenticia semanalmente, el alimento consumido por grupo por semana y se dividió entre la ganancia de peso que éstos tuvieron cada semana. El consumo de alimento fue calculado restando el alimento rechazado al suministro diario.

Morfología de las vellosidades intestinales

A los 28 días de finalizado el tratamiento, se seleccionaron al azar tres conejos de cada tratamiento, se sacrificaron de acuerdo con la NOM-033-ZOO-1995, se recuperaron los intestinos para realizar el estudio histológico, para lo cual se tomaron segmentos de aproximadamente cinco centímetros de la parte media del íleon, ciego e intestino grueso de cada conejo. Las muestras fueron abiertas longitudinalmente, se enjuagaron con solución salina fría y se fijó en una solución de formalina tamponada durante aproximadamente 4 h, y después se almacenaron en etanol /agua, 70/30 (V/V) hasta su posterior análisis. El análisis histológico se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito por Goodlad *et al.* (1991). Las preparaciones se montaron entre el portaobjetos y cubreobjetos. La longitud y el ancho de las vellosidades se midieron de acuerdo con el procedimiento descrito por Hampson (1986), utilizando un microscopio marca Olympus BX50 con cámara digital motic y software motic images plus3.0 ® .

Análisis estadístico

Los resultados se expresan como el promedio de tres repeticiones, y las posibles diferencias entre tratamientos fueron evaluadas por un análisis de varianza (ANOVA) de un factor utilizando el proceso GLM (SAS Institute, 1999), de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + u_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta (ganancia de peso, conversión alimenticia).

μ = Media general poblacional para ganancia de peso, conversión alimenticia.

T = efecto de la del tratamiento del probiótico, antibiótico, sobre la ganancia de peso y conversión alimenticia.

σ_{ij} = error experimental, asociado a las variables.

RESULTADOS Y DISCUSION

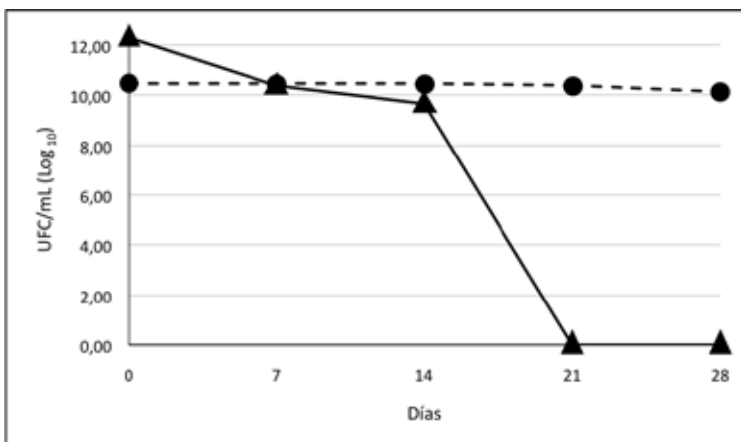
La viabilidad de las bacterias encapsuladas se mantuvo estable (10×10^{10} UFC/mL) a lo largo del experimento, en comparación a las bacterias libres en las cuales la viabilidad empieza a disminuir una unidad logarítmica a partir de los 7 días, y a los 21 días la viabilidad es nula (Figura 1), lo cual demuestra que este tipo de encapsulación es recomendable para garantizar la supervivencia de las bacterias. Este resultado está de acuerdo con lo mencionado por Shi *et al.* (2013), quienes comprobaron que la encapsulación con carragenina mejora la viabilidad de *L. bulgaricus* hasta por 30 días. La encapsulación es una herramienta útil para garantizar la supervivencia de varios tipos de células y garantizar su estabilidad durante el almacenamiento y en condiciones ácidas (Adhikary *et al.*, 2003).

Los cultivos probióticos que son encapsulados mejoran la resistencia a la acidez del medio ambiente gástrico y a las soluciones biliares (Chandramouli, 2004); otros estudios *in Vitro* e *in vivo* han mostrado que las bacterias encapsuladas mantienen su integridad en condiciones gástricas simuladas, pero subsecuentemente son liberadas en el tracto intestinal, con lo cual se garantiza que lleguen vivas al sitio de acción (Iyer, 2004).

La supervivencia de las cepas probióticas en diferentes partes del TGI es importante, puesto que éstas deben de realizar varios efectos fisiológicos en diferentes partes del mismo, hasta llegar a implantarse en el intestino; sin embargo, esta supervivencia varía: algunas cepas se mueren rápidamente en el estómago debido a que el jugo gástrico del estómago contiene ácido clorhídrico, pepsina y renina, mientras que otras pueden pasar en alto número al intestino delgado, y posteriormente al

intestino grueso. En el intestino delgado, principalmente en el duodeno, algunas cepas también pueden ser objeto de eliminación debido a que en esta parte se lleva a cabo otra hidrólisis producida por el líquido pancreático, el líquido intestinal y las sales biliares; la sobrevivencia de las bifidobacterias en esta parte es de suma importancia, puesto que la actividad metabólica que exhiben casi todas las bifidobacterias es la desconjugación de las sales biliares (Tanaka y col., 2000).

Figura 1. Viabilidad de las bacterias durante el almacenamiento



- *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* encapsulada en carragenina y en pajillas
- ▲ Bifidobacterias sin encapsular.

La ganancia de peso fue mayor en el GA y GP ($P < 0.05$) en comparación al grupo de control (Tabla 1), aun cuando la conversión alimenticia fue igual entre el grupo antibiótico y probiótico ($P > 0.05$). Esto concuerda con el trabajo realizado por Trocino *et al.* (2005), quienes suplementaron esporas de *B. cereus* var. *toyoi* en el alimento de los conejos, favoreciendo la ganancia de peso, la conversión de alimento, con disminución de la

morbilidad; sin embargo, en otro experimento realizado por Pascual *et al.* (2008), los cuales adicionaron 1×10^9 de esporas por gramo de alimento no encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento y peso corporal entre los grupos. Por otra parte Kamra *et al.* (1996) evaluaron el efecto de *Lactobacillus acidophilus*/*Saccharomyces cerevisiae* adicionados en el alimento y no encontraron diferencias significativas en el consumo de alimento y peso corporal entre los grupos.

Tabla 1. Efecto de la suplementación de B. animalis encapsulada en los parámetros productivos de conejos Nueva Zelanda

	GC	GA	GP	EEM
Peso inicial (g)	602.87 ± 54.47	606.00 ± 34.59	629.33 ± 29.87	10.60
Peso final (g)	1262.13 ± 60.76 ^a	1650.67 ± 55.35 ^b	1679.29 ± 53.84 ^b	14.83
GDP (g)	23.54 ± 2.79 ^a	37.31 ± 1.44 ^b	37.57 ± 2.35 ^b	0.418
CA (g/g)	3.09 ± 0.46 ^a	2.47 ± 0.37 ^b	2.73 ± 0.55 ^{ab}	0.136

a,b Promedios con literales distintas dentro de la fila, son diferentes (P<0.05).

GDP = ganancia diaria de peso.

CA = conversión alimenticia.

GC= grupo control; GA Grupo antibiótico;

GP= grupo probiótico

EEM=Error estándar de la media

Morfología del intestino delgado. La longitud y ancho de las vellosidades (Tabla 2) del intestino delgado no mostraron cambios significativos (P>0.05) entre los grupos; sin embargo, las vellosidades del intestino del grupo control (GC) mostró necrosis en la submucosa y lámina muscular. Por otro lado, en el corte transversal del intestino delgado, la mucosa del grupo tratado con antibióticos presentó una ligera inflamación, pero en algunas zonas la submucosa se separó de la lámina muscular, además las vellosidades tenían un ligero desprendimiento y hemorragia, así

como poca presencia de macrófagos y eosinófilos. Por último, el grupo con probióticos tuvo la submucosa más homogénea, en comparación a los otros dos grupos, además algunas regiones presentaron zonas inflamadas. Las vellosidades fueron más grandes ($P < 0.05$) y con menor destrucción o desprendimiento.

Morfología del colon. La longitud y ancho de las vellosidades tienen diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los grupos GC y GP, GC y GA (Cuadro 2). Así mismo, se observó una mayor presencia de placas de Peyer en el GP, en comparación a los otros dos grupos. El GC tuvo necrosis en áreas a nivel de la submucosa y lámina muscular, así como hemorragias de tamaño considerable. En el grupo con antibióticos, las vellosidades tenían superficie más amplia y menor necrosis. En el GP, las vellosidades estaban ramificadas, con amplia superficie de absorción, fusionadas y con gran cantidad de glándulas, visualmente parecen poseer un mayor número de infiltrados linfocitarios.

Morfología del ciego. El grupo GC presentó ligera inflamación a nivel de la submucosa, el GA no presentó lesiones y en el GP sólo se observa un incremento de vellosidades, pero no es significativa ($P > 0.05$).

El suministro de la pajilla con carragenina brinda un aporte de fibra al conejo; la inclusión de fibra en la dieta podría minimizar el deterioro de las vellosidades intestinales y mantener la actividad de los enterocitos en el período post-destete, mientras que la adición de fibra lignificada puede llevar a la atrofia estructural, menor actividad de las células intestinales y la proliferación de *Cl. Perfringens* (De Blas *et al.*, 2012).

El efecto barrera generado por algunos probióticos puede derivar de una modulación positiva de la capa mucosa que separa el lumen intestinal de los colonocitos. De hecho, los probióticos pueden cambiar la barrera de la mucosa intestinal por estabilización de la mucosa intestinal, la regulación de la permeabilidad intestinal (Brandtzaeg *et al.*, 1989).

Tabla 2. Efecto de la suplementación de *B. animalis* encapsulada en la morfología de las vellosidades del intestino

	GC	GA	GP	EEM
Intestino delgado				
Longitud, μm	2623.4 \pm 231.29	2310.8 \pm 343.80	2451.4 \pm 284.93	96.78
Ancho, μm	378.43 \pm 160.24	320.88 \pm 87.45	368.31 \pm 145.69	44.95
Profundidad cripta, μm	114.57 \pm 87.40	57.78 \pm 11.22	78.97 \pm 59.93	20.51
Colon				
Longitud, μm	2385.4 \pm 301.57 ^a	1407.7 \pm 139.54 ^b	2365.3 \pm 32.14 ^a	88.80
Ancho, μm	171.09 \pm 48.99	205.87 \pm 163.28	217.63 \pm 96.41	37.69
Profundidad cripta, μm	98.40 \pm 17.32 ^a	67.87 \pm 13.32 ^b	79.39 \pm 20.12 ^{ab}	5.72
Ciego				
Longitud, μm	479.64 \pm 67.59	404.31 \pm 96.05	482.73 \pm 91.39	28.65
Ancho, μm	407.32 \pm 101.17	337.39 \pm 110.80	389.68 \pm 185.00	45.84
Profundidad cripta, μm	55.07 \pm 12.68	53.52 \pm 15.75	44.43 \pm 25.01	6.19

^{ab} Promedio con literales distintas dentro de la fila, son diferentes ($P < 0.05$)

GC= Grupo control

GA= Grupo antibiótico

GP= Grupo probiótico

EEM=Error estándar de la media

De acuerdo con Shah (2011), *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (BB12) modula el crecimiento de las vellosidades del intestino y favorece el desarrollo de las vellosidades intestinales, lo que explica, en parte, el efecto benéfico que poseen estos productos. Los componentes en los alimentos para conejos han demostrado afectar la morfología intestinal, sin embargo, es escasa la literatura sobre morfología intestinal de conejos alimentados con probióticos y prebióticos (Chiou *et al.*, 1994).

Las bifidobacterias regulan la fermentación colónica, esto es importante porque se estimula el crecimiento bacteriano (biomasa) y la producción de ácidos orgánicos (ácido láctico y ácidos grasos de cadena corta-AGCC), éstos son producidos, junto con los gases: H_2 , CO_2 y CH_4 . Los AGCC (principalmente acetato, propionato y butirato) son los principales productos finales de las reacciones fermentativas de las bacterias y los principales aniones en el intestino grueso (Mortensen, 1996). Todos los AGCC se absorben rápidamente en el intestino grueso y estimulan la absorción de agua y sal. Estos ácidos se metabolizan principalmente en el epitelio intestinal, hígado y músculo, y una de sus principales características es su efecto trófico sobre el epitelio intestinal. Además, el butirato es importante como fuente de energía para el epitelio colónico y regula la diferenciación y crecimiento celular (Bugaut y Bentejac, 1993). Aun cuando las bifidobacterias no producen directamente butirato, producen lactato, el cual puede ser transformado a butirato (Duncan *et al.*, 2004). Además de los productos de la fermentación, las bacterias del intestino, incluyendo las bifidobacterias, son capaces de sintetizar vitaminas, especialmente vitaminas del complejo B (Crittenden *et al.*, 2003).

Los productos del metabolismo de los probióticos van desde ácidos grasos de cadena corta, hasta ácidos orgánicos esenciales como el ácido fólico y el ácido orótico. Estos compuestos crean un medio ácido en el intestino por la disminución del pH y, a su vez, modulan una serie de eventos fisiológicos y benéficos en el hospedero. La liberación de varias enzimas dentro del lumen intestinal por las bacterias probióticas ejerce efectos sinérgicos en la digestión y alivio de síntomas por la mala absorción intestinal (Naidu *et al.*, 1999).

CONCLUSIONES

Las bifidobacterias parecen ser capaces de modificar la morfología del intestino en animales sanos, mejorando la integridad de las vellosidades, sin que esto afecte el desarrollo normal de los animales.

La encapsulación propuesta es un vehículo ideal para mantener vivas las células probióticas y ser administradas de forma eficiente al animal. En relación a la cantidad de bacterias, es necesario probar con diferentes dosis para establecer cuál sería la óptima a suministrar y que provea el efecto benéfico deseable.

Este tipo de encapsulación puede utilizarse para administrar o probar medicamentos o suplementos en los conejos, garantizando que los consuman de forma natural.

BIBLIOGRAFÍA

- Adhikary, K. *et al.*, 2003, "Survival and Metabolic Activity of Microencapsulated *Bifidobacterium longum* in Stirred Yogurt", en *Food Microbiology and Safety* 1: 275-280.
- Azaola, A. *et al.*, 1999, "Use of surface response methodology to describe biomass production of *Bifidobacterium infantis* in complex media", en *Biotechnology Techniques* 13: 93-95.
- Brandtzaeg, P. *et al.*, 1989, "Immunobiology and immunopathology of human gut mucosa: Humoral immunity and intraepithelial lymphocytes", en *Gastroenterology* 97: 1562-84.
- Bugaut, M. y M. Bentejac, 1993, "Biological effects of short-chain fatty acids in nonruminant mammals", en *Annual Review of Nutrition*, 13:217-41.
- Chandramouli, C., *et al.*, 2004, "An improved method of microencapsulation and its evaluation to protect *Lactobacillus spp.* In simulated gastric conditions", en *Journal Microbiology Methods* 56:27-35.

- Cepero, R., 2006, "Retirada de los antibióticos promotores de crecimiento en la Unión Europea causas y consecuencias", en http://www.wpsa-aeca.es/aeca_imgs_docs/24_01_30_MEXICO05-RCB.pdf, consultado 20/03/16.
- Chiou, W. y L. Chang, 1994, "Effect of different components of dietary fiber on the intestinal morphology of domestic rabbits", en *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology* 108: 629-6.
- Crittenden, G. et al., 2003, "Synthesis and utilisation of folate by yoghurt starter cultures and probiotic bacteria", en *International Journal of Food Microbiology* 80: 217-22.
- De Blas, C. et al., 2012, "Nutritional digestive disturbances in weaner rabbits", en *Animal Feed Science and Technology* 173: 102-110.
- Duncan, H. et al., 2004, "Lactate-utilizing bacteria, isolated from human feces, that produce butyrate as a major fermentation product", en *Applied and Environmental Microbiology* 70: 5810-17.
- Fuller, R., 1989, "Probiotics in Man and Animals", en *Journal of Applied Bacteriology* 66: 365-378.
- Gaggia, F. et al., 2010, "Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production", en *International Journal of Food Microbiology* 141 Suppl 1: S15-28.
- Gonzalez, F. et al., 2010, "Viability of microencapsulated *Bifidobacterium animalis* ssp *lactis* BB12 in kefir during refrigerated storage", en *International Journal of Dairy Technology* 63: 431-436.
- Goodlad, A. et al., 1991, "Morphometry and cell proliferation in endoscopic biopsies", en *Gastroenterology* 101: 1235-1241.
- Hampson, J., 1986, "Alterations in piglet small intestinal structure at weaning", en *Research Veterenary Science* 40: 32-38.
- Huber, H. et al., 2011, "Prevalence and characteristics of methicillin resistant coagulase-negative staphylococci from livestock, chicken carcasses, bulk tank milk, minced meat, and contact persons", en *BMC Veterinary Research* 7: 6.

- Iyer, C. *et al.*, 2004. "Evaluation of survival and release of encapsulated bacteria in ex vivo porcine gastrointestinal contents using a green fluorescent protein gene-labelled *E. coli*.", en *Lebens Wissens Technology* 37: 639-642
- Kamra, N. *et al.*, 1996, "Influence of feeding probiotics on growth performance and nutrient digestibility in rabbits", en *World Rabbit Science* 4: 85-88.
- Kritas, K. *et al.*, 2009, "The effect of probiotics on microbiology, health and performance of fattening rabbits", en *Journal of Animal Science* 21: 1312-1317.
- Lee, K. y R. HEO, 2000, "Survival of *Bifidobacterium longum* immobilized in calcium alginate beads in simulated gastric juice and bile salt solution", en *Applied and Environmental Microbiology* 66: 869-873.
- Marin, A. *et al.*, 2007, "Estudio del efecto en lechones lactantes del probiótico de la biomasa proteica obtenida por la tecnología de cultivo de *Lactobacilli* y levaduras en miel 'B'", en *Livestock Research for Rural Development* 19: 230-235.
- Mortensen, B. y R. Clausen, 1996, "Short-chain fatty acids in the human colon: relation to gastrointestinal health and disease", en *Scandinavian Journal of Gastroenterology* 216(suppl): 132-48.
- Naidu, S. *et al.*, 1999, "Probiotic Spectra of Lactic acid Bacteria (LAB)", en *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 38: 13-126.
- NOM-033-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana. Sacrificio humanitario de los animales domesticos y silvestres, Diario Oficial de la Federación, 16 de julio de 1997.
- Osorio, C. *et al.*, 2010, "Comparación del rendimiento productivo de pollos de carne suplementados con un probiótico versus un antibiótico", en *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 21: 219-222.
- Pascual, J. *et al.*, 2008, "Effects of dietary inclusion of *Toyocerin* (*Bacillus cereus* var. *toyo*) on performance, health and faecal nitrogen excretion in growing rabbits", en *9th World Rabbit Congress Verona Italy* [memorias].

- Pérez, M. *et al.*, 2002, "Evaluación de la actividad probiótica de un producto de exclusión competitiva sobre indicadores microbiológicos en el ciego de pollos de ceba", en *Revista Cubana de Ciencia Avícola* 26: 29-35.
- Roberfroid, M. *et al.*, 2010, "Prebiotic effects: metabolic and health benefits", en *British Journal of Nutrition* 104: S1-S63.
- Shah, P., 2011, "Bacteria, Beneficial | Bifidobacterium spp.: Morphology and Physiology", en Fuquay, W. (ed.) *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2a. ed., Academic Press, San Diego.
- Shi, L. *et al.*, 2013, "Encapsulation of Lactobacillus bulgaricus in carrageenan-locust bean gum coated milk microspheres with double layer structure", en *LWT-Food Science and Technology* 54: 147-151.
- Smirnov, A. *et al.*, 2005, "Mucin dynamics and microbial populations in chicken small intestine are changed by dietary probiotic and antibiotic growth promoter supplementation", en *Journal Nutrition* 135: 187-192.
- Tanaka, H. *et al.*, 2000, "Bile Salt Hydrolase of *Bifidobacterium longum*—Biochemical and Genetic Characterization", en *Applied Environmental Microbiology* 66: 2502-2512.
- Trocino, A. *et al.*, 2005, "Effect of diet supplementation with *Toyocerin*(*R*) (*Bacillus cereus* var. *toyoi*) on performance and health of growing rabbits", en *World Rabbit Science* 13:17-28.

Análisis preliminar del “Sistema Agroalimentario Ciudad-Región” en el municipio de El Grullo, en el sur del estado de Jalisco

C. Briones Guzmán,¹ P.R.W. Gerritsen,² A.A. Flores Silva,¹ F. Favela García,¹ G. Torres Rodríguez,¹ C.I. Rojas Navarro,¹ S.R. Vázquez Uribe,¹ J.R. Hernández Santana,¹ J. Peña Martínez¹ y A.D. Rivero Romero,¹

Resumen. *La seguridad alimentaria es un tema de gran importancia para la sociedad mexicana que tiende crecientemente a la urbanización. Asimismo, requiere una visión regional, incluyendo las interacciones urbano-rurales. En este artículo, presentamos un primer acercamiento al tema de la seguridad alimentaria a partir de la noción de Sistema Agroalimentario Ciudad-Región, partiendo de un estudio de caso en el sur del estado de Jalisco. Nuestro caso ejemplifica la dinámica agroalimentaria local-regional, ilustrando una falta de seguridad alimentaria a nivel municipal y, por ende, una creciente dependencia de alimentos procedentes del exterior. Terminamos nuestro artículo con una discusión y conclusión sobre el tema la seguridad alimentaria en los espacios regionales.*

Palabras clave. *Sistema Agroalimentario Ciudad-Región, Seguridad alimentaria, Desarrollo endógeno, El Grullo, Jalisco.*

¹ Programa de Maestría en Ciencias en Manejo de Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara.

² Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara, e-mail: petergerritsen@cucsur.udg.mx

Abstract. *Food security is an issue of great importance to the Mexican society that is increasingly urbanizing. It also requires a regional approach, amongst others, taking into account the urban-rural interactions. In this article, we discuss the issue of food security in an exploratory way, parting from the notion of City-Region Agroalimentary System, illustrated by a case study in the state of Jalisco. Our case exemplifies the local-regional agroalimentary dynamics, illustrating a lack of food security at the municipal level and a growing dependence on food from abroad. We end our article with a discussion and conclusion on the food security issue in regional spaces.*

Keywords. *City-Region Agroalimentary System, Food security, Endogenous development, El Grullo, Jalisco.*

INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad fundamental para la humanidad, representando un parteaguas en el desarrollo del modelo civilizatorio (Casas *et al.*, 2007). No solamente ha sido el escenario de experimentación y desarrollo de nuevas habilidades desde la configuración del ser humano como ser sedentario (Palerm, 1956), sino también ha permitido la producción de alimentos en gran escala, así como el fomento de la agrodiversidad (Casas y Otero, 2001). Esto, a su vez, ha implicado el desarrollo de nuevos conocimientos y técnicas de producción, transformación y almacenamiento de los recursos naturales (González, 2003).

Dentro de este contexto, se han conformado nuevos sistemas agroalimentarios, es decir, nuevas configuraciones entre las actividades de producción, distribución y consumo, así como del tejido socioambiental en que se insertan (Dubbeling *et al.*, 2016; Forster y Getz Escudero, 2014).

En este sentido, hoy día encontramos una alta concentración de la población en núcleos urbanos rodeados de zonas periurbanas, lo que implica una reconfiguración de las relaciones campo-ciudad y, por ende, de

los sistemas agroalimentarios (Forster y Getz Escudero, 2014; Dubbeling *et al.*, 2016). Esta reconfiguración se caracteriza por una migración hacia la ciudad, cambio de uso y cobertura de suelo, nuevos hábitos de consumo, un aumento en la demanda de servicios básicos y oportunidades laborales, y una contaminación del medio ambiente, entre otros (Vieyra *et al.*, 2016).

En la actualidad, las ciudades y sus zonas rurales aledañas se han transformado en nuevos espacios socioproductivos, monopolizados no sólo por monocultivos, sino también por intereses económicos que han transformado profundamente los recursos naturales y la concepción, conocimiento y prácticas asociadas a su uso y manejo (Toledo, 2009, Vieyra *et al.*, 2016), derivando en una crisis multidimensional que resulta ser uno de los mayores retos de la humanidad en el presente, y más aún para el futuro: alimentar a nueve mil millones de habitantes y al mismo tiempo sostener la calidad y bienestar de los ecosistemas y la biodiversidad que contiene (Godfray *et al.*, 2010).

La industrialización y, más recientemente, la consolidación del modelo neoliberal han impactado fuertemente en los sistemas agroalimentarios, a través de la modernización del campo y del proceso de urbanización que finalmente, como ya se mencionó, se traduce en la migración rural, la necesidad de producciones masivas de alimentos y el deterioro de los recursos naturales, entre otros (Toledo y Barrera-Bassols, 2008). El panorama resulta aún más sombrío cuando tomamos en cuenta la creciente dependencia de la mayoría de los agricultores a los insumos externos y, por lo tanto, a los mercados internacionales, donde los precios fluctúan todo el tiempo; también, a la necesidad de más espacio para la producción y las divergencias entre sociedades para acceder a una cantidad suficiente de alimentos sanos (Delgado, 2010; Vieyra *et al.*, 2016).

Frente a la problemática aquí descrita, han surgido diversas propuestas políticas, sociales y académicas, siendo una de ellas el entendimiento de las interacciones ciudad-campo como complejos bilaterales, es decir, que funcionan bajo la toma de conciencia de los actores habitantes de zonas urbanas y rurales a la par. En este sentido, como lo argumentan

autores como Dubbeling *et al.* (2016) y Forster y Gutz Escudero (2014), las ciudades pueden jugar múltiples roles. No solamente pueden crear sistemas agroalimentarios más sustentables, incluyendo nuevas formas de producción, procesado y comercialización de alimentos, sino también pueden generar oportunidades de empleo para los productores rurales, periurbanos y urbanos; finalmente, pueden contribuir a la seguridad alimentaria para los consumidores.

Con base en lo anterior, el presente trabajo de investigación plantea un primer acercamiento a las interacciones ciudad-campo en el Municipio de El Grullo, en el sur de Jalisco, desde la perspectiva de la seguridad alimentaria, buscando responder a tres objetivos particulares: 1) Identificar el origen de los productos alimenticios, así como sus canales de distribución, 2) Analizar el papel de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales y, 3) Analizar las percepciones sociales de los pobladores sobre los alimentos que adquieren. Usaremos la noción de Sistema Agroalimentario Ciudad-Región para contextualizar analíticamente nuestros resultados, como explicaremos con más detalle en la siguiente sección.

ALGUNAS CONSIDERACIONES TEÓRICAS

Como ya mencionamos, los procesos relacionados con la producción, la distribución y el consumo de alimentos han adquirido nuevas características no sólo por los avances tecnológicos, sino también por las modificaciones que han ocurrido en las sociedades (Molina, 1995; Vieyra *et al.*, 2016; Dubbeling *et al.*, 2016).

Tradicionalmente, las zonas rurales han sido el principal lugar de las actividades enfocadas a la producción primaria, principalmente en lo que respecta a lo alimenticio y con el fin de abastecer a las ciudades regionales, es decir, las ciudades pequeñas y medianas. En esta relación se entrelazan una serie de procesos de intercambio, no sólo entre lo mo-

netario y los productos provenientes del campo, sino también en una nueva amplitud de las formas de vida de los campesinos (Forster y Getz Escudero, 2014; Dubbeling *et al.*, 2016).

Con el crecimiento de las ciudades y la aparición de las megaciudades, la consecuente dependencia alimentaria, por parte de los ciudadanos, propició la generación de incentivos gubernamentales para que los campesinos transitaran de un sistema agroalimentario de autoconsumo a uno orientado a la comercialización, donde se produce principalmente para satisfacer las necesidades de la gente en las zonas urbanas (Lanfranco y Lanfranco, 2014).

La transición hacia la comercialización ha reconfigurado de manera profunda a los sistemas agroalimentarios, dejando en merma toda una serie de conocimientos y formas de concebir la vida, que previamente se había acumulado (Gómez-Baggethun, 2009). Así, en el eslabón de la producción, se ha pasado de sistemas productivos diversificados basados en una relación estrecha con el medio natural, a otro en el que los monocultivos e intensificación tienden a exterminar el equilibrio ecológico donde se establecen. En otras palabras, se ha transitado de un modelo de desarrollo endógeno a uno predominante exógeno, con una mayor dependencia extraregional (Toledo, 2004).

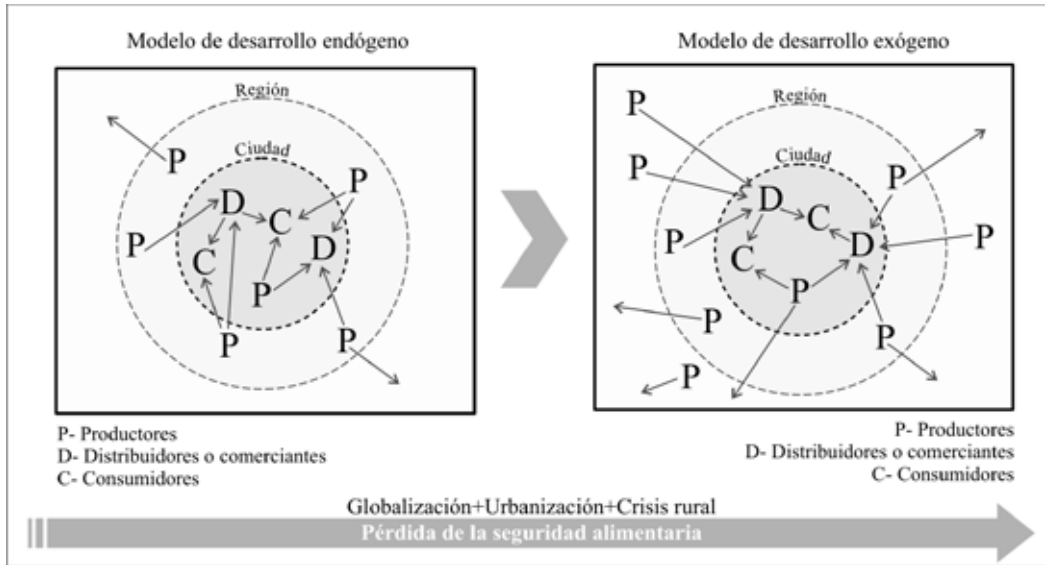
Actualmente, los sistemas agroalimentarios se caracterizan por una alta demanda de alimentos provenientes de las necesidades de los ciudadanos, la cual es suministrada mediante sistemas productivos altamente especializados, de gran impacto en el medio biofísico en el que se desarrollan, y que pocas veces resultan ser rentables para los productores, generando al mismo tiempo externalidades socioambientales (Vieyra *et al.*, 2016; Gerritsen *et al.*, 2005). Este dinamismo en los sistemas agroalimentarios conlleva también un cambio en las percepciones de los diferentes actores sociales involucrados en la cadena agroalimentaria, y en particular de los consumidores (Gerritsen, 2010).

Sistema Agroalimentario Ciudad-Región

Para acercarnos a la problemática descrita en la sección anterior, partimos del concepto de sistema agroalimentario, relacionándolo con las interacciones ciudad y campo. De manera general, un sistema agroalimentario (SA) se puede definir como un complejo de interrelaciones entre la producción de alimentos, su distribución y su consumo (Dubbeling *et al.*, 2016; Forster y Getz Escudero, 2014; Forster, 2011). En términos generales, las actividades de producción se realizan principalmente en las zonas rurales, mientras la distribución y el consumo predominan en la ciudad, enfatizando la estrecha relación entre campo y ciudad. A esta interconexión territorial entre lo rural y lo urbano, nos referimos aquí como *Sistema Agroalimentario Ciudad-Región (SA C-R)* (Forster y Getz Escudero, 2014).

Tradicionalmente, las ciudades y su región de influencia se han concebido como espacios bien delimitados en relación a su entorno, donde existía una estrecha relación entre las actividades de producción, distribución y consumo a nivel regional. Es así como el modelo de desarrollo se caracterizaba por partir del potencial endógeno existente en una determinada región, como lo ejemplifica la Figura 1. Con la creciente urbanización de la sociedad y la globalización de los sistemas agroalimentarios, la relación entre las actividades de producción, distribución y consumo se ha desarticulado y se ha vuelto predominantemente extraregional, como ya mencionamos. En otras palabras, actualmente observamos un modelo de desarrollo basado en las relaciones exógenas entre actores y actividades, como también lo ejemplifica de manera esquemática la Figura 1 (Gerritsen, 2010; Méndez, 2010).

Figura 1. Representación esquemática de los SA C-R bajo un modelo de desarrollo endógeno vs. exógeno



Fuente: Elaboración propia.

Para entender el funcionamiento de los SAC-R es necesario tener en cuenta que éstos funcionan y poseen características determinadas por el territorio en el que se constituyen. En este sentido, para explicar e incidir en un SAC-R se tiene que caracterizar al territorio, los productos que circulan en él, las personas e instituciones involucradas, sus saberes y conocimientos, su dinámica alimentaria, sus redes de relación e incluso sus motivaciones y perspectivas sobre el sistema agroalimentario del cual forman parte (Méndez, 2010).

Finalmente, partir de un análisis desde la perspectiva del SAC-R pueda ayudar a esclarecer la nueva complejidad de las interacciones urbano-rurales, así como de la influencia de actividades exógenas de

producción, distribución y consumo (Dubbeling *et al.*, 2016; Forster y Gutz Escudero, 2014). A la vez, permite entender el grado de seguridad alimentaria a nivel regional (Zuluaga y De Paoli, 2016).

Diseño de estudio

Nuestro estudio se realizó en el municipio de El Grullo, que se encuentra ubicado en la región político-administrativa Sierra de Amula, en el sur del estado de Jalisco (Figura 2). El municipio está conformado por un total de diez localidades, siendo las principales: El Grullo (cabecera), El Aguacate, Ayuquila, El Cacalote, El Colomo, Cucuciapa, La Laja, El Palo Blanco, Las Pilas, La Puerta del Barro y El Tempizque; más de 50% de la población se concentra principalmente en la cabecera municipal (AEG, 2012). Su población en el 2015 era de 24 312 personas; 48% hombres y 52% mujeres. El Grullo tiene una extensión de 5 364 hectáreas; de su superficie total, 49% es utilizada con fines agrícolas; 28% en la actividad pecuaria; 13% es de uso forestal y 1% es suelo urbano (INEG, 2016).

El comercio es la principal actividad económica en el municipio, donde se ubican 43% de las unidades económicas. Las actividades comerciales están dadas por establecimientos de comercio al por menor y al por mayor, sumando 606 unidades de comercio registradas, según datos del 2009, para atender las demandas de productos que la población requiere (AEG, 2012).

Figura 2. Ubicación del municipio de El Grullo, Jalisco, México



Fuente: Elaboración propia.

METODOLOGÍA

Nuestro análisis del Sistema Agroalimentario Ciudad-Región en el municipio de El Grullo consistió de tres pasos con diferentes técnicas de investigación aplicadas en cada uno de ellos.

En primer lugar, para un primer acercamiento sobre la producción agropecuaria en el municipio, se realizó un análisis de fuentes secundarias, para lo cual se consultaron bases de datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). En segundo lugar, se hicieron entrevistas abiertas a grupos de informantes clave: comerciantes (6), servidores públicos (3), servidores privados (1) y

académicos (1), para conocer el origen de los productos comercializados y los principales canales de comercialización, así como tener un panorama general del sistema agroalimentario del municipio. Finalmente, para conocer las percepciones de los consumidores, seis de los autores de este trabajo realizaron un total de 330 encuestas el día domingo 02 de octubre de 2016, de las 10:00 a las 15:00 horas. El cuestionario, que consistió de 10 preguntas abiertas, estuvo enfocado a conocer patrones y preferencias de consumo. Posterior a las entrevistas, se codificaron las respuestas que a la vez se procesaron, usando el programa Excel.

La selección de los encuestados se realizó de manera aleatoria a hombres y mujeres mayores de 18 años, mientras que las encuestas se realizaron en puntos clave de concurrencia del municipio (Alameda, Mercado, Jardín Municipal, Macro Tienda) y en domicilios particulares. En su mayoría, los consumidores encuestados son originarios de la cabecera municipal de El Grullo y sus diferentes localidades, aunque también se encuestaron a algunos consumidores que procedían de otros municipios como Autlán, Ejutla, Tonaya, El Limón, Casimiro Castillo, Tolimán y Tapalpa, que hacen sus compras en El Grullo.

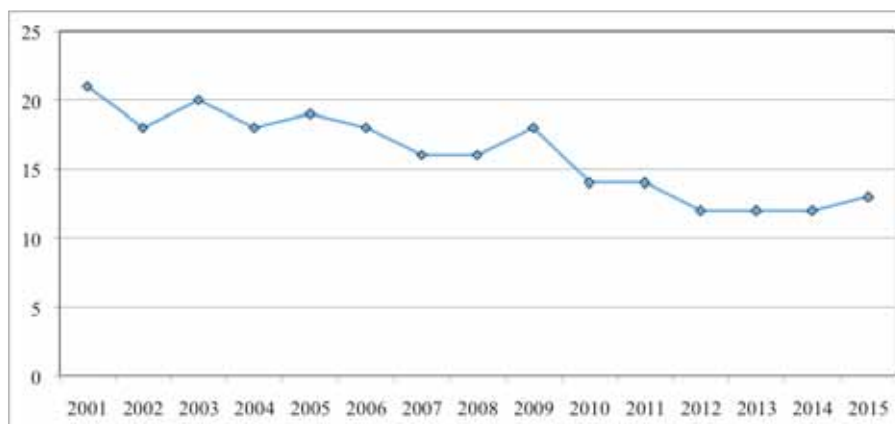
RESULTADOS

A continuación, presentamos los resultados de nuestro estudio, retomando nuestro marco conceptual presentado en la Figura 1. Es así que primero presentamos una caracterización general de la producción, incluyendo el papel que juegan las diferentes instituciones gubernamentales y no gubernamentales, para posteriormente enfocarnos en los centros de distribución de los productos alimenticios. Terminamos esta sección con una descripción y análisis de las percepciones de los consumidores.

Caracterización general de las actividades productivas

Para el periodo 2001 al 2015, se observa un decremento en la diversidad de cultivos en el municipio de El Grullo: el número pasó de 21 a 12 cultivos en un periodo de 14 años. Además, se observa que el descenso en la variedad de cultivos comenzó a ser de manera significativa del año 2009 al presente (Figura 3).

Figura 3. Diversidad de cultivos en el municipio de El Grullo en el periodo 2001–2015



Fuente: Elaboración propia con base en OEIDRUS, 2016; Sagarpa, 2016.

La disminución en la diversidad de cultivos se puede apreciar con más detalle en la Tabla 1, al comparar la información de las hectáreas destinadas para cada tipo de cultivo en los años 2001 y 2015. Esta información muestra un dominio de cultivos no alimentarios, como la caña, el maíz grano (para alimentación de ganado) y el pasto; y en menor grado, el agave y el sorgo.

Tabla 1. Superficies por tipo de cultivo en los años 2001 y 2015

Cultivo	Año 2001		Año 2015	
	Hectáreas	Proporción	Hectáreas	Proporción
Caña de azúcar	4,230	66.25%	3,892.58	62.97%
Caña de azúcar de semilla	0	-	54	0.87%
Maíz grano (para ganado)	1,302	20.39%	950	15.37%
Pastos	538	8.43%	537	8.69%
Agave	103	1.61%	110	1.78%
Sorgo en grano	42	0.66%	80	1.29%
Tomate verde	47	0.74%	0	-
Chile verde	25	0.39%	0	-
Elote	21	0.33%	0	-
Papaya	17	0.27%	0	-
Garbanzo forrajero	14	0.22%	0	-
Alfalfa verde	8	0.13%	2.00	0.03%
Pepino	8	0.13%	0	-
Tamarindo	7	0.11%	0	-
Ejote	6	0.09%	0	-
Sandía	6	0.09%	40	0.65%
Naranja	5	0.08%	0	-
Cebolla	2	0.03%	0	-
Calabacita	1	0.02%	0	-
Camote	1	0.02%	0	0%
Pitaya	1	0.02%	0	0%
Zarzamora	1	0.02%	0	0%
Jitomate	0	0%	5	0.08%
Limón	0	0%	3	0.05%
Ciruella	0	0%	6	0.10%

Fuente: Elaboración propia con base en OEIDRUS, 2016; Sagarpa, 2016.

La dinámica de la producción en el periodo mencionado se observa con mayor claridad en la Tabla 2, haciendo notar cómo los cultivos predominantes no son alimentos para el consumo humano, sino que son producidos con el fin de ser materias primas, como la caña que ocupa el primer lugar con casi 79% de las hectáreas acumuladas, y sirve como materia prima para la producción de azúcar; o como el maíz con 11% de hectáreas, que se destina para la engorda de ganado. En balance, se observa que la producción de alimentos para consumo humano no representa ni 6% del total producido en el territorio del municipio de El Grullo. En otras palabras, a través del tiempo, se ha perdido la soberanía alimentaria en nuestra área de estudio.

Tabla 2. Superficie cumulativa por cultivo en el periodo 2001-2015

	Cultivo	Hectáreas	Porcentaje
Alimentos para consumo humano	<i>Elote</i>	3,459.83	4.49%
	Tomate verde	351.63	0.46%
	Chile verde	292.00	0.38%
	Sandía	252.00	0.33%
	Pepino	166.25	0.22%
	Limón	65.00	0.08%
	Jitomate	64.50	0.08%
	Tamarindo	53.00	0.07%
	Naranja	52.50	0.07%
	Otros cultivos	155.58	0.20%
Materias primas	Caña de azúcar	60,727.72	78.73%
	Maíz grano (para ganado)	8,395.85	10.89%
	Agave	3,094.25	4.01%

Fuente: Elaboración propia con base en OEIDRUS, 2016; Sagarpa, 2016).

Los espacios de distribución en el SA C-R de El Grullo

Como indicamos en la sección anterior, la actividad agropecuaria en el municipio de El Grullo se basa principalmente en monocultivos de interés comercial como materias primas, y se refleja en una baja productividad y diversidad de cultivos alimenticios producidos localmente. Esto se expresa también en la distribución de productos alimenticios en los principales establecimientos del municipio, ya que todos los comercios entrevistados expresaron comprar a proveedores externos al municipio, cerca de 90% de los productos que ofertan (Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de los principales comercios de comestibles en El Grullo, Jalisco

Comercio	Características
Abarrotes De la Torre	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa familiar, cuenta con tres sucursales en diferentes puntos en El Grullo. • Venta de frutas, verduras, cereales, carnes, pescado, derivados lácteos. • Surten la mercancía en la ciudad de Guadalajara dos veces por semana. • Ofertan algunos productos locales: jitomate, pepino; además de salsas, gelatinas, pan y galletas. • Verdura, productos lácteos y leche son los productos con más venta. • Venta al menudeo y medio mayoreo. • No recibe subsidios gubernamentales.

Bodega Aurrera	<ul style="list-style-type: none"> • Tienda de autoservicio del Grupo WaltMart de México. • Venta de frutas, verduras, cereales, carnes, pescado, productos lácteos. • Los productos ofertados se compran con un año de antelación, previos estudios de mercado. • Los productos ofertados se compran a emparadoras nacionales o extranjeras. • Venta al menudeo. • Reciben mercancía tres veces a la semana, en promedio. • No venden productos locales. • No reciben subsidios gubernamentales.
Mi Cooperativa de Consumo	<ul style="list-style-type: none"> • Sociedad Cooperativa Rural. • Venta de frutas, verduras, cereales, carnes, pescado, derivados lácteos. • Cuentan con tres sucursales. • Los productos ofertados provienen en su mayoría del propio municipio y municipios vecinos, y se complementa con compras en la ciudad de Guadalajara. • Surten mercancía dos veces a la semana, y en el caso de las carnes, semanalmente, y el pollo diariamente. • Venta al menudeo, medio mayoreo y mayoreo. • Dan prioridad a la venta de producción local. • Han recibido subsidios del gobierno.

<p>Mini Abastos Cobián</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa familiar con tres sucursales. • Venta de frutas, verduras, cereales y productos lácteos. • Los productos ofrecidos se traen de la ciudad de Guadalajara. • Surten mercancía dos veces por semana. • Venta al menudeo y mayoreo. • Ofrecen productos locales y regionales: jitomate, pepino, nopal y algunas hortalizas. • No recibe subsidios gubernamentales.
<p>Súper Zepeda</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Empresa familiar. • Venta de frutas, verduras y cereales. • Cuentan con una sola sucursal. • Las frutas y verduras que venden son traídas mayormente de Guadalajara. • Ofrecen algunos productos locales: jitomate, nopal. • Venta al menudeo y medio mayoreo. • No recibe subsidios gubernamentales.

En el caso particular de frutas y verduras, todas las tiendas, a excepción de Mi Bodega Aurrera, realizan sus compras en el Mercado de Abastos de la ciudad de Guadalajara, a tres horas de distancia en carro, sin embargo, acostumbran también, en menor grado, adquirir verduras y hortalizas de temporada a los productores de la región. Los principales productos regionales que se comercializan en estos establecimientos son: jitomate, pepino y limón, aunque pueden también comprarse en Guadalajara, cuando hay un déficit de producción local.

La presencia de Mi Bodega Aurrera en el municipio es reciente, aproximadamente dos años (2015), y es la única tienda perteneciente a un corporativo multinacional (Grupo Walmart); Abarrotes De la Torre,

Mini Abastos Cobián y Súper Zepeda nacen como empresas familiares, mientras que Mi Cooperativa de Consumo es una Sociedad Cooperativa que nace con la idea de crear un servicio de ayuda mutua para mejorar las condiciones de vida de los habitantes del municipio, estos ideales son reflejados en el tipo de productos que ofertan y la procedencia de los mismos, ya que dan preferencia a la venta de la productos regionales, y sólo se surten en la ciudad de Guadalajara cuando no hay disponibilidad de los productos locales (Gerritsen y Morales, 2007). Mi Cooperativa de Consumo ha sido la única que ha recibido subsidios del gobierno en diferentes momentos, mediante los programas Fondo Jalisco de Fomento Empresarial (Fojal) y Fondo Nacional de Apoyo para las Empresas de Solidaridad (Fonaes), que fue empleado en la remodelación de la tienda matriz y una de las sucursales, y la compra de un tractocamión para transportar mercancías.

El papel de las instituciones gubernamentales

Uno de los sectores que influye de manera importante en la dinámica del Sistema Agroalimentario Ciudad-Región en El Grullo, es el sector gubernamental, a partir del cual emergen tanto reglamentos, como apoyos económicos que subsidian a productores y comerciantes. Las dos instituciones más importantes en este sentido, dentro de El Grullo, son la Sagarpa y el Departamento de Fomento Agropecuario del Ayuntamiento.

En teoría, y de acuerdo con el jefe de distrito, la Sagarpa tiene como misión promover el desarrollo integral del campo y el aprovechamiento sustentable de los recursos. Actualmente, operan nueve programas con 63 diferentes ventanillas, la mayoría de ellos enfocados al apoyo en la adquisición de paquetes tecnológicos. Dichos programas operan con recursos provenientes de fondos federales, estatales, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y del Centro Internacional del Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). A nivel

distrito, se sujetan a los presupuestos asignados a nivel estatal, priorizando las solicitudes de apoyo con base en parámetros sociodemográficos, los cuales han determinado que El Grullo sea considerado como municipio prioritario. Los productores pueden concurrir por apoyos en la modalidad fondo perdido o co-inversión, dependiendo de las reglas de operación de cada programa.

Sin embargo, como lo indican Gerritsen y Morales (2007), los productores que más se benefician son aquellos que siguen el modelo agroindustrial de agricultura, cultivando sobre todo productos no alimentarios. En este sentido, los programas que operan actualmente se enfocan en incentivar las fortalezas productivas, buscando mejorar la calidad, la productividad, la sanidad y la calidad genética (Gerritsen *et al.*, 2015). Lo confirma el jefe de distrito cuando menciona que únicamente el Proyecto Estratégico para la Seguridad Alimentaria (PESA) está enfocado directamente a fortalecer la seguridad alimentaria en el municipio.

A su vez, el Departamento de Fomento Agropecuario se encarga de regular y apoyar las actividades productivas. Según su director, la caña de azúcar es el cultivo más importante del municipio; menciona que la ganadería que se practica se hace en pequeña escala. Los productos que se tienen registrados como de importancia para la exportación, tanto a otras regiones del país como al extranjero son: el chile, el maíz y por supuesto la caña. Mencionó que: “En muchas ocasiones los alimentos producidos se destinan a ciudades más grandes donde se empacan, se etiquetan y se continúa con el proceso de exportación”. El principal destino de los alimentos producidos en El Grullo es la Central de Abastos en Guadalajara, aunque también hay distribución en otras regiones de la Sierra de Amula, sobre todo los municipios aledaños como Autlán o El Limón.

Con base en lo anterior, queda claro que el Departamento de Fomento Agropecuario sigue el curso de la Sagarpa; abre cada año una convocatoria para apoyar a los productores, financiando principalmente equipo, semillas, ganado e insumos, sobre todo para la agricultura

agroindustrial y para cultivos no alimenticios. Los apoyos otorgados provienen principalmente del gobierno federal (80%) y estatal (20%), frente al cual el municipio sólo cumple el papel de gestor. En este sentido, implementa el modelo neoliberal de desarrollo a nivel municipal, dejando las formas alternativas de producción a un lado (Morales, 2011).

El papel de las instituciones no gubernamentales

En el municipio de El Grullo, las instituciones no gubernamentales juegan un papel importante en la configuración del SAC-R. Por un lado, la Confederación Nacional Campesina (CNC), junto con el Comité Municipal Agrario (CMA), han sido un parteaguas en el proceso de organizar a los campesinos. En efecto, existe una fuerte relación entre la CNC y el CMA debido a que gran parte de los beneficios que el Comité logra para los productores provienen de los programas de la CNC. El director del Comité es, a su vez, secretario de la CNC, y actual comisariado del ejido más grande de El Grullo. Por otro lado, más recientemente la Unión de Comerciantes, Empresarios y Prestadores de Servicios de El Grullo (UCEPS El Grullo) ha aportado herramientas para la búsqueda y creación de alternativas que mejoran la capacidad competitiva de los comerciantes grullenses.

Si bien, el discurso de la CNC se basa en fortalecer el campo mexicano a través de prácticas específicas de promoción y desarrollo que permita el aumento de la productividad, esta organización también busca la movilización campesina a través de la construcción de redes sociopolíticas (Zaag, 1992). A la vez, el CMA tiene la función de coordinar los esfuerzos necesarios entre las distintas instituciones, permitiendo a los productores acceder a los distintos programas de éstas.

El CMA cuenta con un padrón, basado en los padrones de ejidatarios del municipio, el cual se utiliza para gestionar los recursos o proyectos a implementar, mismos que se hacen llegar a los productores a través de los Comisariados Ejidales. De ahí, la importancia que ha cobrado la rela-

ción sociopolítica, no solamente entre la CNC y el CMA, sino también con los ejidos, referente al desarrollo del campo en El Grullo (Zaag, 1992).

Actualmente, ambas instituciones coordinan las acciones necesarias para inscribir a los productores a Proagro, que es un programa de Sagarpa que consiste principalmente en un beneficio económico destinado para la compra de semilla. Existe también el programa de Diésel Agropecuario, el cual se trata de la entrega de vales que los productores pueden cambiar en las gasolineras por litros de diésel. Este programa había permanecido cerrado por algún tiempo, y en los meses recientes se reactivó, sin embargo, el programa sólo consideró los antiguos padrones de productores, dejando a muchos productores nuevos sin el beneficio.

La UCEPS El Grullo es una asociación civil que se encarga de apoyar y fortalecer la comercialización. Cuenta con agremiados que pertenecen al sector alimentario, principalmente comerciantes de productos agroalimentarios, industria transformadora de insumos agroalimentarios y de servicios de la industria de restaurantes y alimentos. También están enfocados en atraer clientes a todos los comercios y de cualquier tipo. Finalmente, buscan el beneficio del sector industrial y, a pesar de que no existe mucha industria en el municipio, buscan el crecimiento de ésta a través de la mejora de su infraestructura; además de trabajar a favor del emprendedurismo e iniciativas de desarrollo local.

La UCEPS El Grullo no se vincula directamente con los productores primarios; trabaja únicamente con comerciantes, así que todas sus actividades están dirigidas a este sector. Aun así, esta institución mantiene vínculos con aquellas instituciones especializadas en dicho sector, como la CNC o la Asociación de Usuarios del Distrito de Riego y, a partir de mayo de 2016, se formalizó trabajar de manera conjunta cada vez que algún programa compete a los intereses de las diferentes organizaciones locales y que además vaya acorde con sus objetivos, siempre manteniendo el enfoque al desarrollo del municipio.

El trabajo de la UCEPS El Grullo consiste en proporcionar servicios profesionales a los agremiados, independientemente del sector al que

pertenezcan. Estos servicios están enfocados hacia la mejora de calidad, el desarrollo interno, el desarrollo profesional del empresario y el fomento de las actividades que permitan la atracción de más clientes (locales y foráneos) al municipio.

También trabajan en la mejora de la infraestructura de las empresas y, como ya mencionamos, son punto de conexión con otras instituciones, organismos y programas que tienen objetivos compatibles con los suyos, de tal forma que permiten a los comerciantes y prestadores de servicios acceder a mayores fuentes de beneficios y recursos. Una de sus actividades también consiste en colaborar en la creación de (nuevas) políticas y marcos regulatorios que faciliten la inversión y el crecimiento de las empresas locales, de tal forma que se pueda ver reflejado en la comunidad el desarrollo humano. Es por esto, que también llevan a cabo actividades que fomentan la cultura y el deporte en El Grullo.

La organización no sólo trabaja en favor de sus agremiados, sino que lleva a cabo acciones que favorezcan al comercio en general del Municipio, el cual consta de un total de 745 empresas del sector comercio, 166 del sector industria y 947 prestadores de servicio. De toda la actividad económica del municipio, aproximadamente 30% corresponde a empresas con una actividad relacionada al sector de los alimentos.

El gerente de la UCEPS El Grullo reconoce que esta localidad es proveedora de toda la región, tanto en pequeña como a gran escala, dependiendo del sector que se trate. Los comerciantes se abastecen de productos de origen primario con los productores de la región, aunque, y como ya mencionamos, la procedencia de los productos es sobre todo de fuera de la región, como la ciudad de Guadalajara o los estados vecinos Guanajuato y Michoacán. Existe también una fuerte entrada de productos alimenticios primarios originarios de Tuxcacuesco y Ciudad Guzmán, sin embargo, estos últimos son de menor calidad, pues normalmente es lo que las empresas de estos lugares no lograron colocar en mercados más grandes.

Las percepciones de los consumidores

El tercer y último eje de análisis de nuestro estudio del SAC-R tiene que ver con las percepciones de los consumidores en torno a sus preferencias de compra, en tanto a lugar y frecuencia, así como la procedencia de los alimentos.

Respecto a los lugares de compra, los establecimientos con mayor número de menciones fueron Mi Cooperativa de Consumo, Mini Abastos Cobián y Mi Bodega Aurrera (Tabla 4). Además de realizar sus compras de productos perecederos, 158 encuestados compran también productos enlatados que adquieren en los mismos comercios, aun cuando 80 consideran que no son de buena calidad, contra 109 que sí los considera productos de calidad.

Tabla 4. Establecimiento donde los consumidores realizan sus compras

Comercio	Mercado	Mi Cooperativa de Consumo	Miniabastos Cobián	Bodega Aurrera	Súper Zepeda	Tienda de abarrotes	Otros
Frecuencia	34 (7%)	197 (43%)	82 (18%)	54 (12%)	24 (5%)	39 (8%)	31 (7%)

N= 461

Fuente: Elaboración propia.

Las compras son realizadas con mayor frecuencia de manera semanal, seguida por dos veces a la semana, sin embargo, hubo algunas personas que expresaron realizar sus compras diariamente, y esto se relaciona con el tipo de comercio en el cual adquieren sus productos, es decir, aquellos que acuden a tiendas de abarrotes y mercado (Tabla 5).

Tabla 5. Frecuencia con que realizan compras por semana

Número de veces	1	2	3	4	Otra (diaria y quincenalmente)
Frecuencia	137 (41%)	86 (26%)	54 (16%)	18 (5%)	39 (12%)

N= 334

Fuente: Elaboración propia.

Existe un desconocimiento generalizado sobre la procedencia de los productos que consumen regularmente, sólo 28% de los encuestados expresaron saber de dónde provienen los diferentes alimentos que compran.

Los grupos de alimentos perecederos que más mencionaron consumir en los hogares fueron verduras, frutas y carne (Tabla 6). Con respecto a las características que toman en cuenta para adquirir los productos, los encuestados mencionaron en primer lugar el precio y la calidad, aunque algunos también toman en cuenta otras características como las marcas, la procedencia, entre otros (Tabla 7).

Tabla 6. Productos perecederos que más se consumen en los hogares

Tipo de producto	Verduras	Frutas	Carne	Pollo	Pescado	Productos lácteos
Frecuencia	231 (38%)	102 (17%)	97 (16%)	87 (14%)	29 (5%)	64 (10%)

N = 610

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. Características que se toman en cuenta para adquirir los productos

Característica	Regionales	Orgánicos	Marca	Calidad	Procedencia	Precio	Ninguna de las anteriores
Frecuencia	20 (5%)	9 (2%)	31 (7%)	158 (37%)	22 (5%)	166 (39%)	23 (5%)

N = 429

Elaboración propia.

Existe una percepción generalizada de que hay disponibilidad de todos los productos que desean consumir (278 encuestados), por lo que no tienen necesidad de acudir a un mercado externo para adquirirlos; sólo 43 acuden a otros municipios de manera esporádica, sin ser ésta la finalidad de su viaje, es decir, aprovechan para hacer sus compras fuera del municipio cuando tienen que ir a tratar asuntos personales. Entre los comercios externos mencionados fueron mayormente tiendas de autoservicio transnacionales (Sam's Club, Costco y Soriana) y el Mercado de Abastos de Guadalajara. Además del total de los encuestados, 191 consideran que los precios que pagan por los productos no son justos, y expresaron que a pesar de los altos precios de algunos productos tienen que comprarlos, ya que son parte de su dieta básica. Finalmente, cerca de la tercera parte de los consumidores acostumbran adquirir algunas frutas y verduras directamente con el productor. La frecuencia de esta práctica suele ser variada entre los encuestados que afirmaron comprar al productor de manera directa (Tabla 8).

Tabla 8. Consumidores que compran directamente al productor

Compra directa con productor	No compran a productores	Compran a productores	Rara vez	A veces	Frecuentemente	Siempre
Frecuencia	221 (52%)	107 (25%)	32 (7%)	53 (12%)	12 (3%)	2 (0%)

N = 427

Fuente: Elaboración propia.

Cabe mencionar que se observa una tendencia general a comprar en Mi Cooperativa de Consumo en primer lugar, seguida del Mini Abastos Cobián. En este sentido, Mi Cooperativa de Consumo ofrece además de frutas y verduras, una variedad de productos de origen animal y abarrotos, mientras que Mini Abastos Cobián se caracteriza por comercializar mayormente frutas y verduras, por lo que cuenta con una mayor variedad de estos productos. Lo anterior genera que los consumidores tiendan a complementar sus compras en más de un establecimiento.

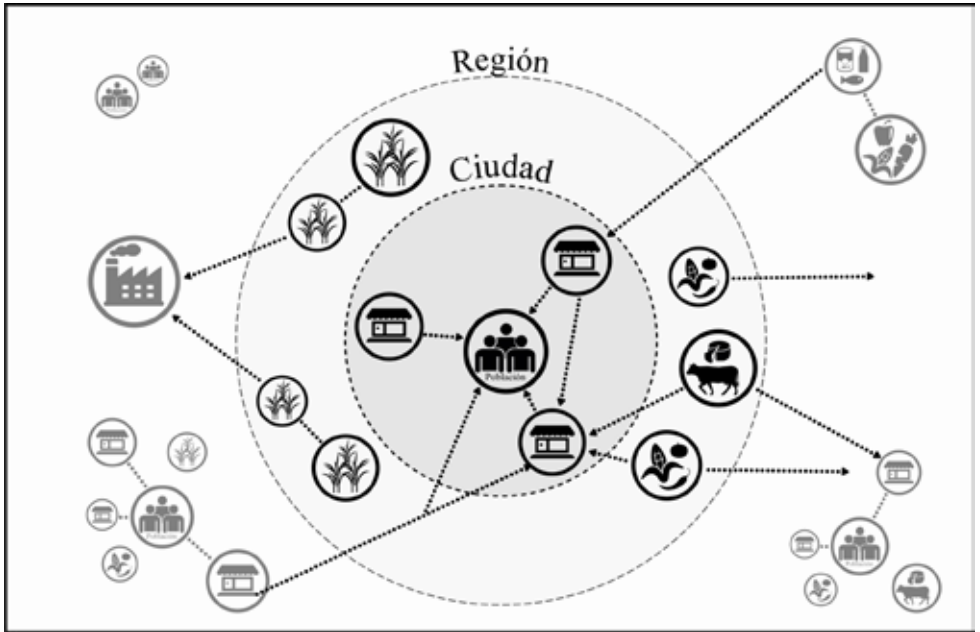
DISCUSIÓN

En lo anterior, presentamos un primer análisis del Sistema Agroalimentario Ciudad-Región del municipio El Grullo. Este sistema agroalimentario está constituido por una configuración específica de actividades productivas, distributivas y de consumo, la cual, en su conjunto, influyen de manera directa e indirecta en el grado de la seguridad alimentaria municipal, y a partir de los cuales se pueden identificar

algunas tendencias actuales y futuras. En este sentido, uno de los principales focos de atención en el municipio de El Grullo es la diversidad de cultivos, pues el municipio se encuentra monopolizado por la caña de azúcar, dejando en papel secundario al maíz y hortalizas para consumo humano, entre otros. Esta situación merma la capacidad de resiliencia de la región frente a fluctuaciones de precios en el mercado, nacional y mundial, o fenómenos naturales como resultado de la variabilidad climática.

Retomando nuestro marco conceptual al inicio de este artículo (Figura 1), en la Figura 4 visualizamos de manera esquemática la configuración actual del SAC-R para el caso del municipio de El Grullo. Como vimos anteriormente, gran parte de los alimentos consumidos en el municipio provienen de centros de recolección y abastecimiento en otras ciudades, incluso, parte de los productos agrícolas del campo salen de la región hacia dichos destinos, sólo una pequeña porción de la producción se distribuye en comercios locales o directamente con los consumidores. En otras palabras, se observa una externalización de las actividades productivas y una creciente dependencia del exterior para la obtención de alimentos para consumo humano.

Figura 4. Acercamiento esquemático al Sistema Agroalimentario Ciudad-Región del municipio de El Grullo, Jalisco



Fuente: Elaboración propia.

La pérdida en la diversidad de cultivos a nivel municipal, y la consecuente dependencia de alimentos del exterior afecta fuertemente en las opciones y la calidad de los productos alimenticios a los que los consumidores pueden acceder. Esta falta de disponibilidad genera riesgos, tanto para la salud humana como para la economía de los pequeños productores del municipio. En este sentido, la reconfiguración del SAC-R no solamente afecta a la seguridad alimentaria en la calidad, sino también en el acceso

a los alimentos de procedencia local y regional. Además, de manera indirecta, refuerza la reconfiguración de la estructura productiva municipal. En otras palabras, la reconfiguración desencadena un círculo vicioso de inseguridad alimentaria y dependencia económica a nivel municipal.

Es importante mencionar el papel de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales en este proceso. Queda claro, de acuerdo a los resultados, que estas instituciones, siguiendo en gran medida las políticas agropecuarias nacionales, refuerzan el proceso antes descrito. Dentro de todo esto, el papel de las instituciones no gubernamentales se puede considerar como ambiguo. Siendo organizaciones que juegan un papel fundamental en los nodos de producción y distribución del SAC-R, de El Grullo, mitigan, por un lado, los efectos negativos de la reconfiguración del SA C-R, y por otro, los refuerzan. Por un lado, El Comité Municipal Agrario y la Confederación Nacional Campesina, junto con La Unión de Comerciantes, Empresarios y Prestadores de Servicios de El Grullo, A.C., componen un vínculo que triangula esfuerzos dirigidos al cumplimiento de objetivos comunes entre los asociados, y los cuales, sin duda, buscan reforzar la economía regional de las actividades productivas y comerciales en el sector alimenticio del municipio. Por el otro lado, fomentan la producción de cultivos no alimentarios o comercializan productos alimentarios obtenidos fuera de la región. En este sentido, para fortalecer procesos productivos sustentables es indispensable la transición de las prácticas agrícolas y sistemas agroalimentarios en la misma dirección, por lo que es importante fortalecer las alternativas emergentes que puedan servir como punto de partida en la generación de estrategias para la gestión integral del SAC-R de El Grullo (Morales, 2011).

Si bien, el comercio en el municipio es diversificado y se encuentra manejado por pequeñas y medianas empresas familiares, siendo una situación que es favorable para el desarrollo económico de la región, es evidente que la mayoría de los productos comercializados provienen del exterior del municipio, lo que debilita la red regional de alimentos y deja

a los consumidores con menos opciones de productos de procedencia local. Estos hechos pueden favorecer la entrada y establecimiento de más centros comerciales transnacionales que cubran las opciones que no ofrecen los comerciantes locales, desviando los recursos económicos locales al extranjero, limitando el desarrollo social y económico, y al mismo tiempo ofreciendo productos de baja calidad a precios más altos (Delgado, 2010).

Es llamativo que la mayoría de los consumidores desconocen el origen de los productos alimenticios dada la fuerte dependencia del exterior, principalmente del Mercado de Abastos de la ciudad de Guadalajara, a tres horas de distancia, y donde la mayoría de los grandes comercios de El Grullo se abastecen (Gerritsen y Morales, 2007). Como afirma Contreras-Hernández (2005), los sistemas agroalimentarios son cada vez más complejos y, asimismo, más distantes o alejadas del ciudadano.

La calidad y el precio son los dos criterios más importantes para la mayoría de los consumidores en el momento de decidir qué productos comprar en el municipio, sin embargo, esta evaluación calidad-precio se da en el contexto del presupuesto disponible para la compra a realizar, por lo que la percepción del costo es referente al presupuesto familiar, es decir, las personas compran productos de la mejor calidad posible dentro del precio que pueden pagar (ODEPA, 2009).

Cerca de la mitad de los encuestados consume de manera regular productos enlatados, lo que se podría tomar como un reflejo de la intensidad de los procesos de urbanización e industrialización a nivel nacional, provocando que los patrones de consumo de alimentos cambien, es decir, transiten de una dieta basada en un mayor consumo de alimentos no procesados a otra de mayor consumo de productos procesados característicos de las zonas urbanas (Aguilar *et al.*, 2008). Además, se distingue como punto crítico en el panorama de la seguridad alimentaria del municipio, el hecho de que los consumidores juegan un rol pasivo e indiferente, denotando una falta de responsabilidad al momento de

elegir los productos que adquiere, ya que a pesar de la existencia de alternativas de productos, no se interesan por conocer su origen, forma de producción y valor nutricional.

Lo anterior es trascendente en la dirección que puede tomar el SAC-R de El Grullo, es decir, la de verse favorecido o desfavorecido por las acciones de los consumidores (Ballesteros, 2011). El primer escenario supone el respaldo de los consumidores hacia la producción y comercio local sustentables, lo que implica que el flujo monetario, así como de materia y energía, se mueve fortaleciendo la economía local y, por tanto, la población resulta beneficiada en todos sus sectores (Torres, 2014). En el segundo escenario, en el cual se inserta actualmente el SAC-R de El Grullo, la producción local no es integrada (casi inexistente) en la comercialización, ni el consumo local, lo que implica la fuga financiera como consecuencia de la entrada de productos del exterior que tienden a ser importados de otros países, lo que debilita la economía local directamente y la nacional de manera extensiva (Delgado, 2010).

CONCLUSIONES

El tema de la seguridad alimentaria cobra cada vez mayor importancia con la creciente urbanización de la sociedad mexicana. En este artículo, presentamos un primer análisis del tema a partir de los vínculos entre las actividades de producción, distribución y consumo, así como el tejido social en que se insertan. Es así que nos acercamos al Sistema Agroalimentario Ciudad-Región a partir del estudio de caso de una ciudad mediana en el occidente de México, siendo el municipio de El Grullo.

Del análisis de nuestro estudio de caso, llama la atención que, a pesar de ser una ciudad media y de encontrarse en una zona de alta productividad agrícola y tener una economía basada en esa misma actividad, El Grullo sigue la tendencia de la desvinculación entre el medio urbano y rural, características propias de las zonas urbanas de mayor

tamaño y de las megaciudades, las cuales tienden a la pérdida de seguridad alimentaria en el corto y mediano plazos debido a las desconexiones anteriormente planteadas. En este sentido, nuestro estudio de caso muestra que urge, no solamente recuperar la seguridad alimentaria en las megaciudades, sino también en las ciudades pequeñas y medianas.

BIBLIOGRAFÍA

- AEG (Ayuntamiento de El Grullo), 2012, Plan Municipal de Desarrollo El Grullo 2012-2030, en <http://elgrullo.gob.mx/admin/Documentos/Paginas/74f6d950-9d24-44bd-b0f2-b182fd043c4f/pmd-el-grullo-2012-30.pdf>, consultado 07/10/16.
- Aguilar, M. *et al.*, 2008, "Home gardens sustain crop diversity and improve farm resilience on Candelaria Loxicha, Oaxaca, Mexico", en *Human Ecology* 37 (1): 55-77.
- Ballesteros, C., 2011, "Soberanía consumidora: más allá del consumo responsable", en *Economistas sin fronteras* 2: 12-15.
- Casas, A. y A. Otero, 2001, *Origen de la Agricultura y desarrollo de la civilización. En El Valle de Tehuacán- Cuicatlán: Patrimonio natural y cultural*, Fundación ICA, Fomento Cultural Banamex A.C. y Fundación Cuicatlán, México.
- Casas, A. *et al.*, 2007, "In situ Management and Domestication of Plants in Mesoamerica", en *Annals of botany* 1101-1115.
- Contreras, J., 2005, "La modernidad alimentaria: entre la sobreabundancia y la inseguridad", en *Revista Internacional de Sociología (RIS)* 40: 109-132.
- Delgado, M., 2010, "El sistema agroalimentario globalizado: imperios alimentarios y degradación social y ecológica", en *Revista de Economía Crítica* 10: 32-61.
- Dubbeling, M. *et al.*, 2016, *City food systems and food waste mangement: linking urban and rural areas for sustainable and resilient development*, GTZ/FAO/RUAF, Born y Eschborn.

- Forster, Y. y G. Escudero, 2014, *City regions as landscapes for people, food and nature*, EcoAgriculture Partners, on behalf of Landscapes for People, Food and Nature Initiative, Washington.
- Gerritsen, P., 2010, *Perspectivas campesinas sobre el manejo de recursos naturales*, Mundi-prensa, Universidad de Guadalajara, México.
- Gerritsen, R. y J. Morales (eds.), 2007, *Respuestas locales frente a la globalización económica. Productos regionales de la Costa Sur de Jalisco*, Universidad de Guadalajara/ITESO/RASA, México, Guadalajara.
- Gerritsen, P. et al., 2005, "Urbanización y problemática socioambiental en la costa sur de Jalisco, México: una aproximación", *El Colegio de Sonora, Hermosillo, México*, en *Región y Sociedad* 33: 107-132.
- Gerritsen, R. et al., 2015, "Instituciones, programas de desarrollo rural y campesinos estudio de caso del valle Autlán-El Grullo, región Sierra de Amula, Occidente de México," en *Sociedades Rurales. Producción y Medio Ambiente*: (29) 83-109.
- Godfray, C. et al., 2010, "Food security: the challenge of feeding 9 billion people", en *Science* 327: 812-818.
- Gómez, E., 2009, "Perspectivas del conocimiento ecológico local ante el proceso de globalización", en *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global* 107: 57-67.
- González, A., 2003, *Cultura y agricultura: transformaciones en el agro mexicano*. México: Universidad Iberoamericana, A.C., en http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/17697/1/articulo1_4.pdf, consultado 10/16.
- Instituto de Información Estadística y Geográfica (INEGI), 2016, en <http://www.inegi.gob.mx/contenido/Municipios/ElGrullo.pdf>, consultado 10/16.
- Lanfranco, P. y M. Lanfranco, 2014, *Complejas relaciones entre ciudad y campo ¿Hacia una transición sustentable? VIII Jornadas de Sociología de la UNLP*, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, Universidad de la Plata.

- Méndez, R., 2010, "La dimensión urbana del desarrollo territorial: significado actual de las ciudades de tamaño intermedio y las periferias metropolitanas", en *Ciudad, territorio y paisaje: reflexiones para un debate multidisciplinar*, 137-155, pp.
- Molina, E., 1995, "Revisión de algunas tendencias del pensamiento agroalimentario (1945- 1994)", en *Agroalimentaria 1*: 1-27.
- Morales, J., 2011, *La agroecología en la construcción de alternativas hacia la sustentabilidad rural*, Siglo XXI Editores/ITESO, México.
- Morales, J., 2010, "Crisis global y crisis rural: movimientos sociales y alternativas hacia la sustentabilidad", en *Revista Análisis Plural 1*: 54-70, ITESO, Tlaquepaque, Jalisco.
- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2009, Informe final: Percepciones de los consumidores sobre productos hortofrutícolas, lácteos, carnes y pan, en http://www.odepa.cl/wp-content/files_mf/1369754044Estudio_percepcion_de_los_consumidores.pdf, consultado 10/16.
- OIEDRUS Jalisco, 2016, Anuario de cultivos, en <http://www.oiedrus-jalisco.gob.mx/agricultura/anuarios/index.php?idcurrent=2&nivel=MUN>, Consultado 10/16.
- Palerm, A., 1956, "Civilización Urbana", en N. Historia Mexicana, Colegio de México, México.
- Toledo, V., 2009, "¿Otro mundo es realmente posible? Reflexiones frente a la crisis", en *Papeles* 105-112.
- Toledo, V., 2004, "La crisis ecológica", en González, P. y H. Camín, *México ante la crisis: El impacto social y cultural, las alternativas*, 27-45 pp., Siglo XXI, México.
- Toledo, V. y N. Barrera, 2008, *La Memoria Biocultural: La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*, Icaria, Barcelona.
- Torres, G., 2014, *Sistemas agroalimentarios y el consumo local. Asociación Mexicana de Estudios Rurales*, Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM, México.

- Vieyra, A. *et al.* (coords.), 2016, *Procesos urbanos, pobreza y ambiente. Implicaciones en ciudades medias y megaciudades*, UNAM, CIGA, Morelia.
- Zaag, van der, 1992, *Chicanery at the chanel. Changing practice in irrigation management in Western Mexico*. Wageningen: Landbouwwuniversiteit, Tesis de Doctorado.
- Zuluaga, J. y L. de Paoli, 2016, *Sistemas agroalimentario ciudad-región. Análisis de la Situación*, FAO/Fundación RUAFA, Medellín, Colombia. Roma.

Fundamentos teórico-prácticos para el diagnóstico y tratamiento de patologías digestivas en rumiantes domésticos

Arturo César García Casillas,¹ María Guadalupe Prado Flores,²
Jesús Eduardo Morales Barrera,² Juan Augusto Hernández Rivera³
y Omar Francisco Prado Rebolledo³

Resumen. *El presente estudio es un análisis exhaustivo de elementos científicos y técnicos sobre las patologías: periodontitis aguda, megaesófago/esofagitis, estomatitis vesicular, diarrea viral bovina, acidosis ruminal, cetosis, peritonitis reticular traumática/pericarditis traumática y desplazamiento de abomaso en rumiantes domésticos. Donde las manifestaciones clínicas, los signos y síntomas, la etiología y epidemiología de la patogénesis y el diagnóstico diferencial, presuntivo y definitivo, son componentes esenciales en el tratamiento médico-quirúrgico y la profilaxis. Esta revisión hace énfasis en las patologías que se detectan con mayor frecuencia en el medio agropecuario mexicano, y aquellas que por su importancia son de notificación obligatoria. Por lo tanto, la información revisada pretende favorecer los conocimientos que permitan mantener el establo libre de diversas patologías digestivas, además, en el supuesto de darse un brote, también exponga medidas para evitar su propagación.*

¹ Investigador Posdoctoral, Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, Universidad de Colima, e-mail: cesargarciasillas@hotmail.com.

² Profesor-Investigador, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana.

³ Profesor-Investigador, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Colima.

Palabras clave: *Periodontitis, Esofagitis, Estomatitis Vesicular, Diarrea Viral Bovina, Acidosis Ruminal, Cetosis, Peritonitis Reticular, Desplazamiento de Abomaso.*

Abstract. *This study is an exhaustive analysis of the scientific and technical aspects of the pathologies: acute periodontitis, megaesophagus/esophagitis, vesicular stomatitis, bovine viral diarrhea, ruminal acidosis, ketosis, traumatic reticulo-peritonitis/traumatic pericarditis and displaced abomasum in domestic ruminants. Where the clinical manifestations, signs and symptoms, the etiology and epidemiology in pathogenesis, and the differential, presumptively and definitive diagnosis, are essential components in medical-surgical treatment and prophylaxis. This review emphasizes the pathologies that are most frequently detected in the Mexican agricultural environment, and those that, due to their importance, are mandatory reporting. Therefore, the revised information is intended to further the knowledge to maintain the herd free of various digestive diseases, but also, in the event of an outbreak, also expose measures are taken to prevent its spread.*

Keywords: *Periodontitis, Esophagitis, Vesicular Stomatitis, Bovine Viral Diarrhea, Ruminal Acidosis, Ketosis, Traumatic Reticulo-Peritonitis, Displaced Abomasum.*

INTRODUCCIÓN

La salud de los rumiantes domésticos exige conocimientos que permitan mantener el establo libre de diversas patologías, que se lleve a cabo un programa eficiente de control de las mismas, además, en el supuesto de darse un brote, se cuente con el criterio suficiente para implementar las medidas pertinentes, evitando su propagación (Tatone *et al.*, 2016). Las patologías del aparato digestivo pueden tener su origen en diferentes agentes etiológicos que provoquen su dolencia, por ejemplo, bacterias,

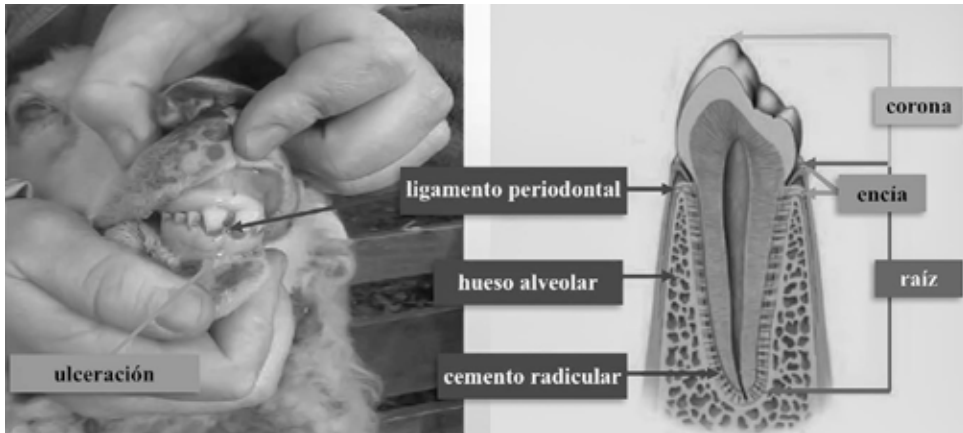
virus, traumas, desbalance nutricional u otra variable que interfiera con la homeostasis del organismo (Barkema *et al.*, 2015). Debido a esto, el objetivo de esta revisión es establecer un conjunto de recomendaciones teórico-prácticas de interés para estudiantes y profesionales de la medicina veterinaria y zootecnia, que permitan facilitar el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con: periodontitis aguda, megaesófago/esofagitis, estomatitis vesicular, diarrea viral bovina, acidosis ruminal, cetosis, peritonitis reticular traumática/pericarditis traumática y desplazamiento de abomaso. La elección de dichas patologías responde a la frecuencia con la que éstas se presentan en el medio agropecuario mexicano. Asimismo, se consideró incluir también aquellas que por su importancia son de notificación obligatoria.

Patologías orales en rumiantes

Periodontitis aguda

Esta patología se presenta principalmente en ovinos y caprinos, y se caracteriza por presentar signos clínicos de inflamación y ulceración en la encía (Bright *et al.*, 2015). En su patogénesis, el proceso ulcerativo conduce a la afectación de las estructuras subyacentes al periodonto, por ejemplo, ligamento periodontal, cemento radicular y hueso alveolar, con resorción y necrosis en este último (McGregor, 2011); seguido del aflojamiento de las piezas dentales, desarrollo de bolsas periodontales profundas y formación crónica de abscesos en los tejidos periodontales (Mrozik *et al.*, 2013) (Figura 1). Puede afectar tanto a las áreas incisivas, como las molares (Bright *et al.*, 2015).

Figura 1. Periodontitis aguda en piezas dentales de una oveja. Una bolsa periodontal extensa es evidente en los dientes incisivos



Fuente: elaboración propia.

La observación clínica y el estudio histológico señalan que el proceso infeccioso de patógenos periodontales, por ejemplo: *Porphyromonas gingivalis* y *Actinobacillus actinomycetemcomitans*, no es el agente etiológico de la patología, sino una consecuencia del proceso ulcerativo (McGregor, 2011). Se ha demostrado que deficiencias nutricionales de selenio influyen en la integridad de los tejidos periodontales en animales de experimentación (Bright *et al.*, 2015), por tanto, un factor nutricional que opera sistémicamente para producir un deterioro de los tejidos periodontales debe ser considerado como el posible agente etiológico (McGregor, 2011; Mrozik *et al.*, 2013). En este sentido, se sugiere utilizar dosis de entre 0.25 y 0.50 mg/kg de peso vivo de selenio como tratamiento médico para reducir la prevalencia de la patología (Mrozik *et al.*, 2013).

Megaesófago/esofagitis

El megaesófago es una dilatación patológica y atonía del esófago (Jalilzadeh-Amin y Hashemiasl, 2016), generalmente asociada con la función asíncrona del esófago y el esfínter esofágico caudal (Jeckel *et al.*, 2011). Esta patología ha sido reportada en equinos, bovinos, ovinos y caprinos (Kajiwara *et al.*, 2009). Su etiología suele ser una condición congénita, sin embargo, un trauma faríngeo, la obstrucción por ingestión de cuerpos extraños, ulceración de la mucosa esofágica y estenosis, se han asociado con megaesófago adquirido (Vishwanatha *et al.*, 2012). Los signos clínicos incluyen sialorrea, hinchazón recurrente y disfagia o regurgitación a través de las fosas nasales y cavidad oral (Jeckel *et al.*, 2011). El diagnóstico se basa en los signos clínicos, no obstante, en ocasiones no se presenta evidencia visual de la inflación del esófago, por el grosor o la cobertura de la piel. Por esto, la confirmación del megaesófago se realiza a través de esofagoscopia y esofagografía de cuello lateral, simple o de contraste con sulfato de bario (Govindarajan *et al.*, 2016).

La esofagografía también permite determinar la presencia de neumonías, causadas por la aspiración del contenido esofágico (alimento y saliva), que el animal regurgita y que, al llegar al parénquima pulmonar, provoca contaminación bacteriana como el caso de *Clostridium lochheadii* (bacilo formador de esporas) (Jalilzadeh-Amin y Hashemiasl, 2016). Esta contaminación es la principal complicación de la patología y, en muchas ocasiones, es la responsable de un pronóstico desfavorable (Jeckel *et al.*, 2011). Por ello, en todos los casos debe realizarse un hemograma, con el fin de identificar un posible incremento de leucocitos por neumonía de origen bacteriano (Kajiwara *et al.*, 2009). Cuando la patología es por ingestión de cuerpos extraños, que ocasionan una obstrucción de la luz esofágica, se realiza tratamiento médico quirúrgico, una esofagotomía (Figura 2), abriendo la pared lateral del conducto esofágico. Vishwanatha *et al.* (2012) recomiendan utilizar como tranquilizante y analgésico 0.25 mL/100 kg de peso vivo de clorhidrato de xilazina, por vía intra-

venosa, y postoperatoriamente como antibiótico 5 mL/100 kg de peso vivo de penicilina (G procaínica: 150.000 UI; G benzatínica: 150.000 UI; dihidroestreptomicina, sulfato: 150 mg; agua estéril: 1 mL), por vía intramuscular, cada 24 h/5 días.

Figura 2. Esofagotomía longitudinal de 7 cm para corregir obstrucción esofágica



Fuente: elaboración propia.

Estomatítis vesicular

La estomatítis vesicular es una zoonosis cuyo agente etiológico es el virus de la familia *Rhabdoviridae*, del género *Vesiculovirus* con dos principales serotipos: New Jersey e Indiana (McCluskey *et al.*, 2013). Es endémica del sur de México y América del Sur (Arroyo *et al.*, 2011). En las especies zootécnicas ha sido reportada en equinos, bovinos y porcinos (Velásquez-Salinas *et al.*, 2014). Su introducción es periódica en las regiones meridionales de los Estados Unidos (Pérez *et al.*, 2010), causando algunos brotes que finalizan cuando las bajas temperaturas matan a los insectos vectores que la transmiten, como las moscas del género *Lutzonia shanoni*, saltamontes del género *Melanoplus sanguinipes* y algunos simúlidos (Velásquez-Salinas *et al.*, 2014). Los signos clínicos incluyen sialorrea, vesículas y pápulas (Figura 3), que se rompen rápidamente para convertirse en erosiones y úlceras (Figura 4), localizadas en y alrededor de la cavidad oral (Smith *et al.*, 2011). También se presentan lesiones vesiculares en las extremidades, que por lo general se encuentran en los espacios interdigitales de los cascos y/o en la banda coronaria, causando anorexia, rechazo a beber y laminítis (Velásquez-Salinas *et al.*, 2014). Además de vesículas en los pezones de la ubre que pueden inducir mastítis por infecciones secundarias (FitzGerald *et al.*, 2015).

Figura 3. Vesículas y pápulas alrededor de la cavidad oral



Fuente: elaboración propia.

Figura 4. Erosiones y úlceras, en la cavidad oral



Fuente: elaboración propia.

Una vez que el virus se ha introducido en el establo, la estomatítis vesicular puede propagarse de un animal a otro por contacto directo (McCluskey *et al.*, 2013). Los animales infectados expulsan el virus de las úlceras de su cavidad oral contaminando su saliva, por tanto, los fómites contaminados, como alimentos, agua y las máquinas de ordeño, juegan un papel importante en la transmisión del patógeno (Velázquez-Salinas *et al.*, 2014). Desde el punto de vista clínico, su principal diagnóstico diferencial es con fiebre aftosa, cuyo agente etiológico es el virus de la familia *Picornaviridae* del género *Aphthovirus* (Blowey y Weaver, 2011). Es por ello, que su determinación prematura es importante no sólo para contener los brotes de la patología que puedan restringir el comercio internacional, sino también para evitar que la fiebre aftosa se enmascare y propague sin ser detectada. Es por esta razón que la Oficina Internacional de Epizootias la clasifica dentro de la lista A (Reis Jr *et al.*, 2009).

En el diagnóstico, la microscopía electrónica de muestras de tejidos es útil para diferenciar el virus de la estomatítis vesicular de otros virus que causan lesiones vesiculares, por ejemplo, el virus de la fiebre aftosa, el virus de la patología vesicular porcina o el de la diarrea viral bovina (Reis Jr *et al.*, 2009). El aislamiento del virus se puede llevar a cabo por inoculación en embriones de pollo de 8 a 10 días y en ratones lactantes de 2 a 7 días (Liang *et al.*, 2014). La identidad del virus cultivado se confirma con inmunofluorescencia o ELISA, usando antisuero de conejo con anticuerpos policlonales (McCluskey *et al.*, 2013). La detección del genoma viral se determina con reacción en cadena de polimerasa con transcriptasa inversa (RT-PCR) (Hole *et al.*, 2010). En México, los Médicos Veterinarios Zootecnistas que identifiquen o sospechen que un animal está infectado con estomatítis vesicular deben seguir sus guías estatales y/o federales para la notificación obligatoria.⁴ En la antisepsia

⁴ Teléfono: (55) 5905-1000, extensión: 53205 de SAGARPA y al correo electrónico: sivedear.dgsa@senasica.gob.mx

se recomienda limpiar las lesiones con solución de hipoclorito de sodio a 5%, o etanol a 40%, para reducir las infecciones bacterianas secundarias (McCluskey *et al.*, 2013). La profilaxis incluye el saneamiento y desinfección de los fómites, y durante los brotes de la patología, las restricciones de cuarentena ayudan a reducir la propagación del virus (Reis Jr *et al.*, 2009).

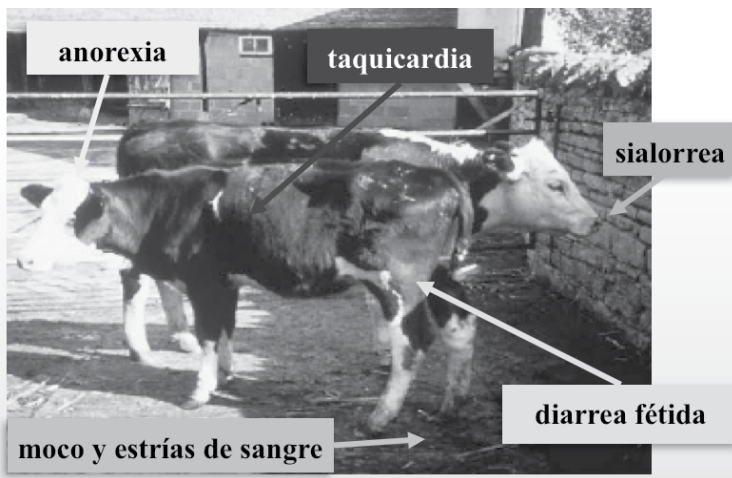
Diarrea viral bovina

La diarrea viral bovina fue descrita por primera vez en el año 1946, en Estados Unidos, y once años más tarde, se identificó al virus de la familia *Flaviviridae* del género *Pestivirus* con genotipos 1a, 1b y 2a, como su agente etiológico (Ridpath y Fulton, 2009). El ARN genómico del *Pestivirus* está cubierto por una membrana bilipídica, en la que se insertan tres glicoproteínas, dos de ellas contienen los principales determinantes antigénicos del virus, y la tercera actúa en la inmunosupresión (Chase, 2013). El virus posee una gran diversidad genética debido a una falla en la actividad 3' → 5' exonucleasa, impidiendo la corrección de nucleótidos introducidos en forma equivocada (apareados incorrectamente), desarrollando mutaciones y produciendo virus con diferentes características (Ridpath y Fulton, 2009).

Esta patología está clasificada como sistémica, ya que afecta al aparato digestivo, respiratorio, reproductivo e inmunológico. De modo, que es oportuno considerarla siempre en el diagnóstico diferencial de patologías que causen reabsorción fetal, aborto o nacimiento de terneros de bajo tamaño, como la rinotraqueítis infecciosa bovina (Bedenice *et al.*, 2011). La diarrea viral bovina se transmite de la vaca a las crías de forma vertical: antes del parto (congénita), durante el parto (perinatal), y después del parto (neonatal) (Blanchard *et al.*, 2010). Como signología clínica se observa crecimiento deprimido, letargia y dificultad para alimentarse (Ridpath y Fulton, 2009). En algunos casos los terneros mueren antes de

cumplir seis meses de edad, en otros, se desarrollan normalmente y son seronegativos a *Pestivirus* (Chase, 2013). Sin embargo, son importantes reservorios, por tanto, durante la profilaxis, su detección y eliminación debe ser considerada (Nilnont *et al.*, 2016). En animales adultos la aparición de la signología clínica es repentina, observándose anorexia, sialorrea, taquicardia, polipnea, movimientos ruminales ausentes, y luego de dos a cuatro días, diarrea fétida (Figura 5), con moco y estrías de sangre (Santman-Berends *et al.*, 2015).

Figura 5. Diarrea fétida con moco y estrías de sangre



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Erosiones en la banda coronaria.



Fuente: elaboración propia.

En ocasiones se presentan erosiones en la banda coronaria de las extremidades (Figura 6). Por tanto, es necesario diferenciar el virus de la diarrea viral bovina de otros virus que causan lesiones vesiculares, como la estomatítis vesicular (Reis Jr *et al.*, 2009). El aislamiento del virus se lleva a cabo por inoculación en diferentes líneas celulares como el riñón fetal bovino o el testículo bovino (Newcomer *et al.*, 2014). La identidad del virus cultivado puede confirmarse con inmunohistoquímica (Khodakaram-Tafti *et al.*, 2016), a partir de secciones de tejido del cerebro, de la glándula tiroideas o de la mucosa oral, congeladas y fijadas con acetona, empleando antisuero de conejo con anticuerpos policlonales (Gao *et al.*, 2013). Las biopsias cutáneas son útiles para el diagnóstico *in vivo*.

Para detectar el antígeno viral en sueros de animales persistentemente infectados, se utiliza la prueba de ELISA. En los pocillos de las placas de microtitulación, los anticuerpos policlonales se unen al antígeno NS3 (P 80), que se encuentra muy conservado en la mayoría de las cepas de *Pestivirus* (Khodakaram-Tafti *et al.*, 2016).

La reacción en cadena de polimerasa con transcriptasa inversa permite la detección molecular del genoma viral y, debido a su elevada sensibilidad, acepta trabajar con “pools” de establos para detectar animales infectados en forma aguda, animales persistentemente infectados y animales inmunizados con vacunas (Kennedy *et al.*, 2006). En este sentido, las vacunas contra diarrea viral bovina inactivadas o preparadas con virus vivo modificado han demostrado ser eficaces bajo condiciones controladas (González *et al.*, 2014). Sin embargo, la vacunación en campo presenta desafíos debido a la gran heterogeneidad entre los genomas de las diferentes generaciones del virus (Ridpath y Fulton, 2009). Es por ello, que el uso de la vacunación durante la profilaxis se justifica porque limita la diseminación del virus, siempre y cuando se eliminen previamente todos los animales persistentemente infectados.

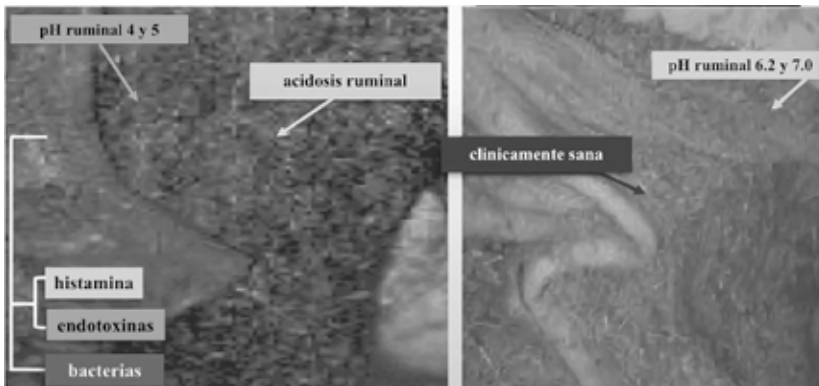
Acidosis ruminal

La acidosis es consecuencia de alimentar a rumiantes con cantidades elevadas de carbohidratos no estructurales, además de ser poca fibra efectiva (Nagaraja y Lechtenberg, 2007), cuando están adaptados para digerir y metabolizar dietas predominantemente forrajeras (Krause y Oetzel, 2006). Esta actividad se realiza con el fin de incrementar la producción de leche, pero también aumenta el factor de riesgo para presentar la patología (Enemark, 2008). En Estados Unidos, el riesgo de acidosis ruminal es mayor en comparación con otros países, debido a que su producción de cereales forrajeros es relativamente barata (Nagaraja y Lechtenberg, 2007).

Aunque el pH ruminal cambia durante el día, éste oscila de manera normal entre 6.2 y 7.0 (Yañez-Ruíz *et al.*, 2015). Sin embargo, en la patogénesis de la acidosis, si la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen, es mayor a la que el sistema puede amortiguar, el pH disminuye entre 4 y 5 (Nagaraja y Lechtenberg, 2007), comprometiendo la supervivencia de las bacterias celulolíticas como *Ruminococcus albus*, *Ruminococcus flavefaciens* y *Fibrobacter succinogenes*, e incrementando el desarrollo de la flora lactogénica como *Streptococcus bovis*, *Selenomonas ruminantium* y *Lachnospira multiparus* (Sandri *et al.*, 2014). En consecuencia, la producción de lactato sobrepasa su utilización ruminal por especies lactolíticas: *Megasphaera elsdenii* y *Viellonella parvula* (Anantasook *et al.*, 2013), y escapa a través de las paredes del rumen, reduciendo el pH sanguíneo (Nagaraja y Lechtenberg, 2007).

La acidosis ruminal se clasifica de manera general en subclínica y aguda o clínica (Bramley *et al.*, 2008). En la patología clínica los signos incluyen una disminución en el consumo de alimento, sialorrea (Kleen *et al.*, 2013), reducción en la digestibilidad de la fibra, depresión de la grasa láctea (≤ 2.15 g/100 mL de leche) y, a veces, diarrea gris-amarillenta con burbujas de gas, desplazamiento de abomaso (Morgante *et al.*, 2007), abscesos hepáticos, ruminítis (Stefanska *et al.*, 2016) y laminítis. La reducción del pH daña la pared ruminal (Figura 7), permitiendo el paso de sustancias vasoactivas como histamina (Enemark, 2008), endotoxinas procedentes de los cuerpos de las bacterias celulolíticas muertas y, en ocasiones, bacterias ruminales que invaden el sistema venoso portal (Stefanska *et al.*, 2016).

Figura 7. Comparación de la pared ruminal entre bovino positivo y negativo para acidosis ruminal (hallazgos en necropsia)



Fuente: elaboración propia.

La laminítis es ocasionada principalmente por la elevada concentración de histamina y el incremento de flujo sanguíneo digital. Estos elementos inducen un aumento en la presión sanguínea del interior de la pezuña, generando daño vascular, edema y, en muchas ocasiones, hemorragia (Schulz *et al.*, 2016), que con el tiempo acaba dañando la banda coronaria, ocasionando mucho dolor al rumiante (Bramley *et al.*, 2013). En el tratamiento médico de laminítis se recomienda el uso de antiinflamatorios, analgésicos con acción antiproglandínica tales como: de 5 a 10 mL/100 kg de peso vivo de fenilbutazona el primer día, y luego de 1.25 a 2.5 mL/100 kg de peso vivo/4 días, evitando así la vasoconstricción del corion laminar. Los abscesos hepáticos (hallazgos en necropsia) son producidos por las bacterias ruminales que llegan al hígado, donde forman focos infecciosos (Enemark, 2008).

Si se presenta una sobrecarga ruminal aguda, se puede realizar como tratamiento médico quirúrgico, una ruminotomía para el vaciado

de los preestómagos (Kleen *et al.*, 2013), aplicando un compuesto de acción tranquilizante y analgésica (Hartnack *et al.*, 2015): 0.25 mL/100 kg de peso vivo de clorhidrato de xilazina, por vía intravenosa, y anestesia paravertebral como la xilocaína a 2%, aplicada de 10 a 15 mL en la última vértebra torácica (T-13), y en la primera y segunda vértebra lumbar (L-1 y L-2) (Enemark, 2008). Durante el procedimiento quirúrgico se incide la piel, tejido subcutáneo, músculo oblicuo externo, interno y transverso, hasta acceder al rumen (Nagaraja y Lechtenberg, 2007); una vez que éste es exteriorizado y abierto por una zona poco vascularizada (Niehaus, 2008), se fijan sus paredes a la piel adyacente y se procede a vaciar y lavar la mayor parte de la mucosa ruminal (Enemark, 2008); para este fin, se puede utilizar el vacío de la máquina de ordeño y el frasco colector de leche con tapa de doble ingreso (Omid y Mozaffari, 2014); se conecta una manguera al vacío de la máquina y en el otro ingreso una manguera con la que se lava el rumen. Una vez vaciado éste, se introducen elementos probióticos y ruminatorios para favorecer la recuperación del animal y la incisión es suturada de forma continua. Postoperatoriamente, Enemark (2008) recomienda administrar 5 mL/100 kg de peso vivo de penicilina (G procaínica: 150.000 UI; G benzatínica: 150.000 UI; dihidroestreptomicina, sulfato: 150 mg; agua estéril: 1 mL), por vía intramuscular, cada 24 h/5 días, y se retiran los puntos dos semanas posteriores a la cirugía (Niehaus, 2008).

Como profilaxis, al ser una patología ocasionada por un desbalance nutricional, su tratamiento consiste en ajustes en la gestión del alimento que consideren: niveles de almidón en la dieta por debajo de 30 a 40% de materia seca (MS) (Nagaraja y Lechtenberg, 2007), una relación entre fibra neutro detergente y almidón de 1:1, incluir un mínimo de 5 a 10% de forraje con fibra efectiva (Krause y Oetzel, 2006). Combinar cereales forrajeros de alta capacidad fermentativa como cebada, trigo y grano de maíz húmedo, con granos de fermentación lenta: grano de maíz seco quebrado o sorgo seco quebrado (Enemark, 2008). Mantener las partículas de forraje con una longitud adecuada para estimular la masticación y la rumia con el fin de beneficiar la incorporación de saliva con fosfatos y bicarbonatos al rumen (Krause y Oetzel, 2006). Además,

usar ionóforos como la monensina producida por el hongo *Streptomyces cinnamomensis* para mejorar la eficiencia alimenticia en bovinos estabulados, con la aplicación de 5 a 10 g de monensina/t de alimento (Enemark, 2008). El efecto de la monensina se debe principalmente a su acción en las membranas celulares y la eliminación de bacterias Gram positivas, como *Streptococcus bovis* (Nagaraja y Lechtenberg, 2007). En rumiantes muy afectados por acidosis, se aconseja hacerlos ingerir por sonda 150 g de antiácido con 130 g de ion sodio Na⁺/kg de ion magnesio Mg²⁺, diluido en 2 L de agua, con 2 a 3 tomas/d (Enemark, 2008).

Cetosis

La cetosis o acetonemia es una patología metabólica que se presenta en los rumiantes durante la etapa inicial de la lactancia (entre dos y ocho semanas postparto) (McArt *et al.*, 2012), momento en el cual existe una alta producción de leche, un consumo de MS disminuido y la elevada probabilidad de un balance energético negativo (BEN) (García *et al.*, 2015). Es por ello, que su agente etiológico es el desequilibrio entre el aporte y el gasto de energía (McArt *et al.*, 2013).

La presentación clínica de mayor frecuencia es la cetosis digestiva, en la que los signos muestran: deshidratación moderada, actividad ruminal reducida o inexistente (Suthar *et al.*, 2013), olor a acetona en el aire espirado, una abrupta reducción en la producción de leche y un aumento en el porcentaje de grasa láctea (Duffield *et al.*, 2009; García *et al.*, 2015). En el caso de cetosis nerviosa, las vacas presentan signos de hiperactividad, sialorrea y mordisqueo de cercos o puertas metálicas (Goldhawk *et al.*, 2009). En su patogénesis, los triacilgliceroles almacenados en el tejido adiposo experimentan una marcada lipólisis para compensar la elevada demanda energética (García *et al.*, 2015). La ruptura de los enlaces (>C=O) del grupo carbonilo presentes en los ésteres, produce glicerol y ácidos grasos no esterificados (AGNE) (Duffield *et al.*, 2009). Estos ácidos

No obstante, si el oxaloacetato disponible para combinarse con acetil-coenzima A está reducido, esta molécula se acumula dentro de la mitocondria hepática (McArt *et al.*, 2012). Posteriormente, dos moléculas de acetil-coenzima A reaccionan para formar acetoacetil-CoA, en una reacción catalizada por tiolasa (Civeira *et al.*, 2013). El acetoacetil-CoA se condensa con otra molécula de acetil-coenzima A para formar β -hidroxi- β -metilglutaril-CoA, en una reacción catalizada por la HMG-CoA sintasa (Jump, 2011). A partir de esta molécula, se metaboliza acetoacetato (AcAc), cuerpo cetónico que sale de la mitocondria y entra en el citosol hepático donde puede reducirse en β -hidroxibutirato (β HBA) o descarboxilarse, lenta y espontáneamente hasta acetona (Ac) (García y Montiel, 2012). Los cuerpos cetónicos pueden ser utilizados como una fuente adicional de energía por los tejidos corporales, solventando la escasez de glucosa. Sin embargo, cuando su concentración se eleva, el estado metabólico se compromete, ya que se disminuye la movilización de AGNE, debido a que los cuerpos cetónicos sirven como reguladores de su liberación (García y Montiel, 2012). La reducción de lipólisis incrementa la concentración de malonil-coenzima A en el citosol, esta molécula suprime la actividad enzimática de la carnitina palmitoil-transferasa (Saggerson, 2008), como consecuencia el BEN se perpetúa peligrosamente (Figura 8).

La cetosis presenta mayor frecuencia en hatos lecheros de alta producción. Es de las patologías que más pérdidas económicas provoca, alcanzando los US\$ 145.00, incluyendo tratamiento y disminución en la producción láctea por 1.4, 1.8 y 3.2 L de leche/d/vaca, al alcanzar una concentración de 1.4, 1.6 y 1.8 mM de β HBA sanguíneo, respectivamente (Duffield *et al.*, 2009). Es por ello que concentraciones de β HBA entre 1.0 y 1.40 mM corresponden a vacas con cetosis subclínica, y entre 1.8 y más de 2.0 mM a vacas con cetosis clínica (Compton *et al.*, 2015). El diagnóstico de la patología se realiza mediante pruebas semicuantitativas basadas en cintas reactivas como Keto-Test^{MIR} (van Saun, 2010). El β HBA de la muestra de leche reacciona con los reactivos de la cinta,

reduciendo el azul de nitrotetrazolio en formazán de color morado. La intensidad del color es proporcional a la concentración del β HBA en la muestra. En suero sanguíneo se utiliza el método enzimático NAD^+ dependiente, que se basa en la oxidación del β HBA por acción de la enzima β -hidroxibutiratosdeshidrogenasa (van der Drift *et al.*, 2012). Tanto el NAD^+ como el NADH absorben luz ultravioleta, el pico de absorción del NAD^+ se encuentra en una longitud de onda de 259 nm, y el pico de absorción del NADH se encuentra en una longitud de onda de 340 nm. Esta diferencia en el cambio de absorbancia, entre las formas oxidada y reducida, está en relación directa con la concentración de β HBA, cuya lectura se determina espectrofotométricamente en el ultravioleta a 340 nm (Roos *et al.*, 2007).

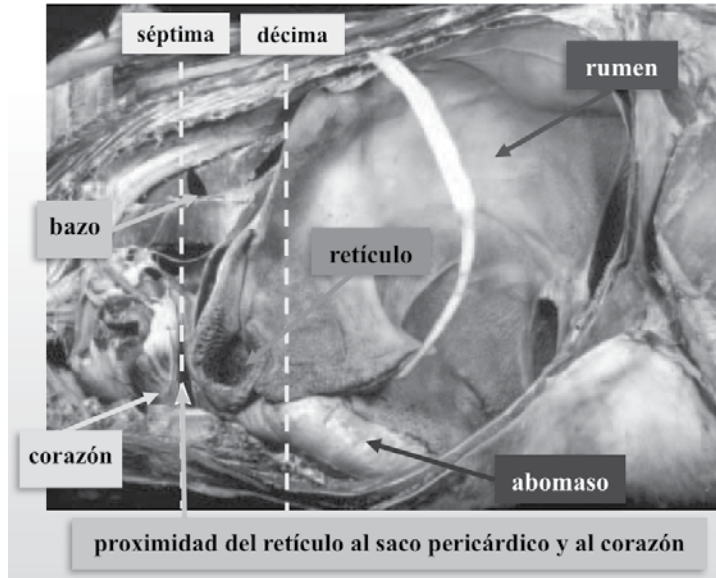
El manejo nutricional durante el período de transición tiene implicaciones directas sobre el BEN, obteniendo una mejor respuesta a la insulina y, por ende, una reducción en la cetosis (McArt *et al.*, 2013). Por otra parte, los factores ambientales como el alojamiento de vacas en grupos indistintos (vacas y vaquillas juntas) afecta indirectamente el consumo de MS, por lo que debemos ser más perceptivos en las estrategias del manejo animal dentro de los establos, ya que conseguir una elevada ingestión de MS durante la lactancia temprana constituye el principal determinante para el manejo exitoso del período de transición (García y Montiel, 2011). En ruminantes muy afectados por cetosis, se realiza, como tratamiento médico, la aplicación endovenosa de dextrosa (glucosa anhidra), 500 mL al 33 % / 4 d (Sakha *et al.*, 2007). Además, se puede administrar, vía oral, precursores de glucosa como propilenglicol o propionato de ion calcio (Ca^{2+}), en dosis de 250 a 400 g/d/1 semana (van Saun, 2010).

Peritonitis reticular traumática/pericarditis traumática

La peritonitis reticular traumática se ha vuelto cada vez más común en los establos lecheros (Hartnack *et al.*, 2015). Es particularmente difícil de manejar debido a que su presentación clínica es a menudo inadvertida (Braun, 2009). Los bovinos y caprinos son muy susceptibles a contraer esta patología debido a su falta de discriminación oral (Orpin y Harwood, 2008), y a la estructura que presenta su retículo (Omid y Mozaffari, 2014). La forma de panal en este órgano digestivo proporciona muchos sitios de fijación para fragmentos metálicos, como clavos, hilos metálicos y alambre de acero radial de neumáticos (Niehaus, 2008). En su patogénesis, los fragmentos de metal, ingeridos inadvertidamente por los animales, avanzan hacia el retículo, situado entre la séptima y décima costilla (Hartnack *et al.*, 2015), en la parte ventral del abdomen, en oposición directa con la superficie del diafragma (Figura 9) (Ghanem, 2010).

Como resultado de la motilidad ruminal, los fragmentos metálicos pueden quedar atrapados en la mucosa del retículo (Niehaus, 2008), donde logran generar abscesos reticulares locales y migrar a través de las áreas circundantes del abdomen y el tórax (Orpin y Harwood, 2008), produciendo abscesos en órganos adyacentes como el hígado y órganos más distantes como el bazo (Watts y Tulley, 2013). Además, pueden perforar la pared del diafragma, el saco pericárdico, un vaso coronario o el propio corazón, ocasionando pericarditis traumática (Braun *et al.*, 2007). Patología más grave, en la cual la ruptura de la arteria coronaria puede provocar una hemorragia rápida y un taponamiento cardíaco (Gokce *et al.*, 2007).

Figura 9. Vista lateral izquierda del interior del rumen y retículo de un bovino



Fuente: Elaboración propia.

Los signos clínicos de la patología dependen del órgano perforado por los fragmentos metálicos ingeridos y las secuelas resultantes (Niehaus, 2008). A menudo, el uso autónomo de terapia antibiótica y antiinflamatoria, por parte de los productores agropecuarios, que confunden la peritonitis reticular traumática con otras patologías como la metritis, puede encubrir los signos traumáticos y dificultar el diagnóstico clínico (Orpin y Harwood, 2008). La patología se clasifica de manera general en: i) peritonitis aguda, cuyos signos clínicos son anorexia súbita, una abrupta reducción en la producción de leche, pirexia, dolor abdominal subagudo,

actividad ruminal reducida o inexistente, postración decúbito lateral y dificultad para levantarse y acostarse (Braun *et al.*, 2007), ii) peritonitis crónica, se desarrolla con adherencias peritoneales localizadas. Sus signos clínicos comprenden: reducción en la producción láctea, pérdida de condición corporal, motilidad ruminal reducida y aumento de partículas no digeridas en el excremento (Sharma *et al.*, 2015), y iii) peritonitis difusa, ésta se presenta con la ruptura de adherencias peritoneales durante los esfuerzos físicos del parto. Sus signos clínicos son: aumento abdominal a pesar de la anorexia, actividad ruminal reducida o inexistente, heces escasas y deshidratación (Orpin y Harwood, 2008).

El diagnóstico conlleva un examen sistémico, aislando al animal en un ambiente tranquilo. Sonidos cardíacos amortiguados sugieren pericarditis traumática (Hartnack *et al.*, 2015). Pruebas auxiliares como la búsqueda de un gruñido después de la prueba de barra, contribuye con la información del examen (Watts y Tulley, 2013). Este método implica colocar una barra de 2 a 3 m de largo bajo la superficie abdominal, detrás del apéndice xifoides, con dos operadores a cada lado del animal (Braun *et al.*, 2007), para después explorar la zona de proyección del retículo, levantando la barra lentamente, y luego bajarla con rapidez. El Médico Veterinario Zootecnista determina si la prueba es positiva, o no, de acuerdo a la presencia del gruñido (Watts y Tulley, 2013). Sin embargo, cuando accidentalmente se tocan las costillas durante esta maniobra, el animal puede emitir un gemido, lo que da una lectura falsa a la prueba, por tanto, no es un indicador de diagnóstico confiable (Orpin y Harwood, 2008).

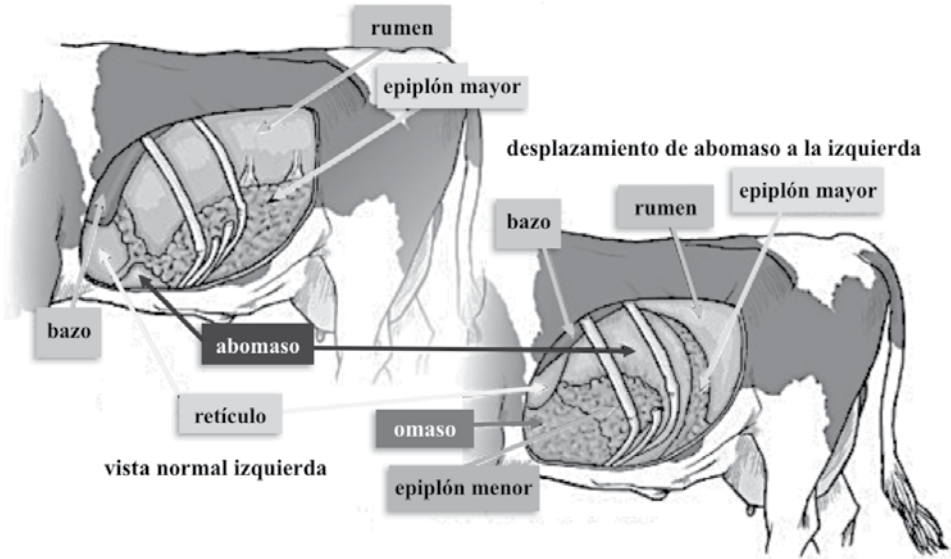
El diagnóstico definitivo de peritonitis reticular traumática se lleva a cabo mediante laparotomía exploratoria, aplicando un compuesto de acción tranquilizante y analgésica (Nuss *et al.*, 2012): 0.25 mL/100 kg de peso vivo de clorhidrato de xilazina, por vía intravenosa. La incisión se lleva a cabo en el flanco izquierdo alto, y se realiza una exploración reticular diafragmática, comprobando la presencia de perforación, adherencias y/o fibrina (Orpin y Harwood, 2008). Determinando si es neces-

rio, o no, realizar como tratamiento médico quirúrgico una ruminotomía (Niehaus, 2008). Las radiografías del retículo se limitan a centros de referencia (Braun, 2009). Un hemograma proporciona datos útiles para complementar el diagnóstico. En la peritonitis se presenta leucocitosis, y en el recuento diferencial de glóbulos blancos se revela un incremento de neutrófilos maduros (Gokce *et al.*, 2007). La exploración citológica del líquido peritoneal también complementa el diagnóstico. Un recuento de células nucleadas mayor a 6000/uL y un contenido proteico de más de 3 g/dL es cuantificado, en la mayoría de los casos, con peritonitis reticular traumática (Hartnack *et al.*, 2015).

Desplazamiento de abomaso

El desplazamiento de abomaso es una patología vinculada con trastornos metabólicos como la acidosis ruminal (Stefanska *et al.*, 2016). Se presenta especialmente al inicio de la lactancia, en establos con sistemas de producción intensivos, donde se alimenta con cantidades elevadas de carbohidratos no estructurales a fin de elevar la producción láctea (Stengarde *et al.*, 2012). Esta patología genera pérdidas económicas significativas, tanto por la disminución en la producción láctea, como por el incremento en las tasas de sacrificio (Granja *et al.*, 2012). Su principal agente etiológico es la acumulación de fluido y/o gas en el abomaso (Remsburg *et al.*, 2011), situación que provoca su dilatación y, en consecuencia, su desplazamiento a la izquierda o la derecha de la cavidad abdominal (Seifi *et al.*, 2011) (Figura 10).

Figura 10. Desplazamiento de abomaso a la izquierda vinculado con acidosis ruminal



Fuente: Elaboración propia.

El desplazamiento de abomaso a la izquierda es el más usual, representa entre 80 y 90% de los casos (Remsburg *et al.*, 2011). Suele estar acompañado por una torsión leve del órgano, por lo que el movimiento del contenido abomasal se encuentra reducido y no totalmente bloqueado (Odrizola *et al.*, 2009). Su condición puede durar varios días antes de presentar signos clínicos como anorexia, una abrupta reducción en la producción de leche (Koeck *et al.*, 2014), pérdida de peso, actividad ruminal reducida y cetosis secundaria (Granja *et al.*, 2012). En muchas ocasiones su presencia pasa inadvertida, y si la torsión del órgano es moderada, su cuadro clínico puede llegar a revertirse de manera espontánea (Seifi *et al.*, 2011).

El desplazamiento de abomaso a la derecha es poco frecuente y suele estar acompañado con una severa torsión del órgano (Odriozola *et al.*, 2009). Esta situación interrumpe la motilidad del contenido abomasal por completo y compromete la irrigación del órgano, provocando coágulos en su interior (Babkine *et al.*, 2006), por lo que su condición es crítica y requiere tratamiento urgente (Mulon *et al.*, 2006). Sus signos clínicos son dolor, ojos hundidos, anorexia y actividad ruminal inexistente (Granja *et al.*, 2012). Entre los hallazgos, en necropsia, se observa abomaso distendido y desplazado hacia la derecha, con hemorragia difusa en la capa muscular, edema y necrosis en la mucosa abomasal, omasal y reticular, por lo que el tejido adquiere un color rojo oscuro (Odriozola *et al.*, 2009).

En la práctica, hay numerosas técnicas quirúrgicas para el tratamiento de desplazamiento de abomaso. Sus complicaciones secundarias están relacionadas con su grado de invasión y el desarrollo de infecciones postoperatorias (Wittek *et al.*, 2012). Entre los métodos quirúrgicos que han mostrado mejores resultados destaca la abomasopexia laparoscópica de acceso ventral (Seeger *et al.*, 2006). El procedimiento requiere de la aplicación de un compuesto de acción tranquilizante y analgésica (Mulon *et al.*, 2006): 0.25 mL/100 kg de peso vivo de clorhidrato de xilazina, por vía intravenosa. A continuación, el animal se coloca decúbito dorsal, con sus patas atadas (Seeger *et al.*, 2006), se aplica anestesia local, xilocaína 2%, de 10 a 15 mL en 4 sitios de incisión: i) para el laparoscopia, localizada 1 cm a la izquierda del ombligo (Figura 11), ii) para la pinza de sujeción, localizada 3 cm caudal y 7 cm a la derecha del apéndice xifoide, iii) para el porta-agujas laparoscópico, localizado a 5 cm a la derecha y 3 cm craneal al ombligo, y iv) para pequeñas incisiones cutáneas (Mulon *et al.*, 2006).

Figura 11. Abomasopexia laparoscópica de acceso ventral en una vaca.



Fuente: Elaboración propia.

Se realiza una laparotomía y se inserta la cánula de trocar quirúrgico para formar un puerto de acceso a los órganos internos, e introducir el laparoscopio, que se conecta a una fuente de luz halógena de 150 vatios y a una videocámara. Posteriormente, se recomienda insuflar la cavidad peritoneal con CO_2 para controlar la presión abdominal, hasta que los órganos son claramente visibles (Seeger *et al.*, 2006). Se procede a realizar una incisión bajo guía laparoscópica en el sitio 2, y se coloca otra cánula de trocar para introducir la pinza de sujeción y manipular los órganos abdominales (Babkine *et al.*, 2006). Una vez identificado el abomaso, éste se fija mediante fórceps hemostáticos entre el ligamento retículo-abomasal y el antro pilórico (Seeger *et al.*, 2006); se realiza una incisión bajo guía laparoscópica en el sitio 3, y se coloca otra cánula de trocar para introducir el porta-agujas laparoscópico (Babkine *et al.*, 2006). A continuación, se

requieren algunas incisiones cutáneas para pasar la aguja y el material de sutura y se realizan puntadas de 2 cm de longitud, perpendiculares a la curvatura del abomaso (Figura 11). El CO₂ se evacua de la cavidad peritoneal abriendo la cánula y las incisiones cutáneas son suturadas de forma continua (Mulon *et al.*, 2006).

Postoperatoriamente, se administra 5 mL/100 kg de peso vivo de penicilina (G procaínica: 150.000 UI; G benzatínica: 150.000 UI; dihidroestreptomicina, sulfato: 150 mg; agua estéril: 1 mL), por vía intramuscular, cada 24 h/5 días, y se retiran los puntos dos semanas posteriores a la cirugía (Babkine *et al.*, 2006; Sterner *et al.*, 2008). Como profilaxis, se requiere ajustes en el alimento que incluyan como mínimo de 5 a 10% de forraje con fibra efectiva sobre MS (Krause y Oetzel, 2006). Y la combinación de cereales forrajeros de alta capacidad fermentativa, con granos de fermentación como el grano de maíz seco quebrado (Enemark, 2008).

CONCLUSIÓN

Las patologías del aparato digestivo pueden tener su origen en diferentes agentes etiológicos que provoquen su dolencia, como bacterias, virus, traumas, desbalance nutricional u otra variable que interfiera con la homeostasis del organismo, por tanto, la valoración exacta del entorno del paciente, las manifestaciones clínicas, los signos y síntomas, la etiología y epidemiología de la patogénesis y el diagnóstico diferencial, presuntivo y definitivo, son componentes esenciales en el tratamiento médico-quirúrgico y la profilaxis.

BIBLIOGRAFÍA

- Anantasook, N. *et al.*, 2013, "Changes of microbial population in the rumen of dairy steers as influenced by plant containing tannins and saponins and roughage to concentrate ratio", en *Asian-Australas J Anim Sci* 26(11): 1583-1591.
- Angulo, J. *et al.*, 2009, "Synthesis, composition and modification of the bovine milk fat: a valuable nutrient for the human health", en *Rev MVZ Córdoba* 14(3): 1856-1866.
- Arroyo, M. *et al.*, 2011, "Characterization of the temporal and spatial distribution and reproductive ratio of vesicular stomatitis outbreaks in México in 2008", en *Am J Vet Res* 72(2): 233-238.
- Babkine, M. *et al.*, 2006, "Ventral laparoscopic abomasopexy on adult cows", en *Can Vet J* 47(4): 343-348.
- Barkema, W. *et al.*, 2015, "Invited review: Changes in the dairy industry affecting dairy cattle health and welfare", en *J Dairy Sci* 98(11): 7426-7445.
- Bedenice, D. *et al.*, 2011, "Long-term clinicopathological characteristics of alpacas naturally infected with bovine viral diarrhoea virus type 1b", en *J Vet Intern Med* 25(3): 605-612.
- Blanchard, C. *et al.*, 2010, "An outbreak of late-term abortions, premature births, and congenital deformities associated with a bovine viral diarrhoea virus 1 subtype b that induces thrombocytopenia", en *J Vet Diagn Invest* 22(1): 128-131.
- Blowey, W. y A. Weaver, 2011, "Alimentary disorders", 53-57 pp., en R. Blowey y A. Weaver (Ed.), *Color Atlas of Diseases and Disorders of Cattle*, vol. 1, 3a ilustrada ed. Elsevier, China.
- Bramley, E. *et al.*, 2013, "Associations between body condition, rumen fill, diarrhoea and lameness and ruminal acidosis in Australian dairy herds", en *N Z Vet J* 61(6): 323-329.
- Bramley, E. *et al.*, 2008, "The definition of acidosis in dairy herds predominantly fed on pasture and concentrates", en *J Dairy Sci* 91(1): 308-321.

- Braun, U., 2009, "Traumatic pericarditis in cattle: clinical, radiographic and ultrasonographic findings", en *Vet J* 182(2): 176-186.
- Braun, U. *et al.*, 2007, "Clinical findings in 28 cattle with traumatic pericarditis", en *Vet Rec* 161(16): 558-563.
- Bright, R. *et al.*, 2015, "Periodontal ligament-derived cells for periodontal regeneration in animal models: a systematic review", en *J Periodontal Res* 50(2): 160-172.
- Civeira, F. *et al.*, 2013, "Novedades en el metabolismo lipídico", en *Nefrología* 4(4): 23-29.
- Compton, W. *et al.*, 2015, "Subclinical ketosis in post-partum dairy cows fed a predominantly pasture-based diet: defining cut-points for diagnosis using concentrations of beta-hydroxybutyrate in blood and determining prevalence", en *N Z Vet J* 63(5): 241-248.
- Chase, C., 2013, "The impact of BVDV infection on adaptive immunity", en *Biologicals* 41(1): 52-60.
- De Roos, P. *et al.*, 2007, "Screening for subclinical ketosis in dairy cattle by Fourier transform infrared spectrometry", en *J Dairy Sci* 90(4): 1761-1766.
- Duffield, F. *et al.*, 2009, "Impact of hyperketonemia in early lactation dairy cows on health and production", en *J Dairy Sci* 92(2): 571-580.
- Enemark, M., 2008, "The monitoring, prevention and treatment of subacute ruminal acidosis (SARA): a review", en *Vet J* 176(1): 32-43.
- FitzGerald, G. *et al.*, 2015, "Profiling oral and digital lesions in sheep in Ireland", en *Ir Vet J* 68(1): 30-34.
- Gao, S. *et al.*, 2013, "Characterization of a bovine viral diarrhea virus originated from cattle in Gansu Province, China", en *Virus Genes* 47(1): 178-180.
- García, A. y R. Montiel, 2011, "El período de transición de la vaca lechera", en *Rev Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* 11(22): 151-172.
- García, A. y R. Montiel, 2012, "Integración bioquímica para modelar las respuestas metabólicas en la producción láctea de bovinos leche-

- ros", en *Rev Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* 12(24): 189-206.
- García, A. *et al.*, 2015, "Relationship between β -hydroxybutyrate and fat:protein ratio of milk during early lactation in dairy cows", en *Arch Med Vet* 47(1): 21-25.
- Ghanem, M., 2010, "A comparative study on traumatic reticuloperitonitis and traumatic pericarditis in Egyptian cattle", en *Turk J Vet Anim Sci* 34(2): 143-153.
- Gokce, I. *et al.*, 2007, "Alterations in coagulation profiles and biochemical and haematological parameters in cattle with traumatic reticuloperitonitis", en *Vet Res Commun* 31(5): 529-537.
- Goldhawk, C. *et al.*, 2009, "Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis", en *J Dairy Sci* 92(10): 4971-4977.
- González, M. *et al.*, 2014, "Monitoring the bulk milk antibody response to bovine viral diarrhoea in dairy herds vaccinated with inactivated vaccines", en *J Dairy Sci* 97(6): 3684-3688.
- Govindarajan, V. *et al.*, 2016, "Endoscopic diagnosis of megaesophagus in a buffalo", en *Buffalo Bull* 35(2): 147-152.
- Granja, Y. *et al.*, 2012, "Ruminal acidosis in dairy cattle: implications for animal health and production", en *REDVET* 13(4): 21-31.
- Hartnack, K. *et al.*, 2015, "Indications for and factors relating to outcome after rumenotomy or rumenostomy in cattle: 95 cases (1999-2011)", en *J Am Vet Med Assoc* 247(6): 659-664.
- Hole, K. *et al.*, 2010, "Improvement and optimization of a multiplex real-time reverse transcription polymerase chain reaction assay for the detection and typing of Vesicular stomatitis virus", en *J Vet Diagn Invest* 22(3): 428-433.
- Jalilzadeh, G. y S. Hashemiasl, 2016, "Megaesophagus in the upper cervical oesophagus in a steer: a case report", en *Vet Med-Czech* 60(1): 48-51.
- Jeckel, S. *et al.*, 2011, "Severe oesophagitis in an adult bull caused by bovine papular stomatitis virus", en *Vet Rec* 169(12): 317-320.

- Jump, B., 2011, "Fatty acid regulation of hepatic lipid metabolism", en *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 14(2): 115-120.
- Kajiwara, A. *et al.*, 2009, "Rhabdomyosarcoma with posterior paresis and megaesophagus in a Holstein heifer", en *J Vet Med Sci* 71(6): 827-829.
- Kennedy, A. *et al.*, 2006, "Reverse transcription-polymerase chain reaction on pooled samples to detect bovine viral diarrhea virus by using fresh ear-notch-sample supernatants", en *J Vet Diagn Invest* 18(1): 89-93.
- Khodakaram, A. *et al.*, 2016, "Molecular characterization and phylogenetic analysis of bovine viral diarrhea virus in dairy herds of Fars province, Iran", en *Iran J Vet Res* 17(2): 89-97.
- Kleen, L. *et al.*, 2013, "Prevalence and consequences of subacute ruminal acidosis in German dairy herds", en *Acta Vet Scand* 55(1): 48-52.
- Koeck, A. *et al.*, 2014, "Genetic analysis of milk beta-hydroxybutyrate and its association with fat-to-protein ratio, body condition score, clinical ketosis, and displaced abomasum in early first lactation of Canadian Holsteins", en *J Dairy Sci* 97(11): 7286-7292.
- Krause, K. M. y G. R. Oetzel, 2006, "Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review", en *Anim Feed Sci Technol* 126(3-4): 215-236.
- Liang, Y. *et al.*, 2014, "Evolution of the vesicular stomatitis viruses: divergence and codon usage bias", en *Virus Res* 192(1): 46-51.
- McArt, A. *et al.*, 2012, "Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle", en *J Dairy Sci* 95(9): 5056-5066.
- McArt, A. *et al.*, 2013, "Dry period and parturient predictors of early lactation hyperketonemia in dairy cattle", en *J Dairy Sci* 96(1): 198-209.
- McCluskey, J. *et al.*, 2013, "Vesicular stomatitis outbreak in the southwestern United States, 2012", en *J Vet Diagn Invest* 25(5): 608-613.
- McGregor, A., 2011, "Incisor development, wear and loss in sheep and their impact on ewe production, longevity and economics: A review", en *Small Rumin Res* 95(2-3): 79-87.

- Morgante, M. *et al.*, 2007, "Subacute rumen acidosis in lactating cows: an investigation in intensive Italian dairy herds", en *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 91(5-6): 226-234.
- Mrozik, M. *et al.*, 2013, "Regeneration of periodontal tissues using allogeneic periodontal ligament stem cells in an ovine model", en *Regen Med* 8(6): 711-723.
- Mulon, Y. *et al.*, 2006, "Ventral laparoscopic abomasopexy in 18 cattle with displaced abomasum", en *Vet Surg* 35(4): 347-355.
- Nagaraja, G. y K. Lechtenberg, 2007, "Acidosis in feedlot cattle", en *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 23(2): 333-350.
- Newcomer, W. *et al.*, 2014, "Laboratory diagnosis and transmissibility of bovine viral diarrhoea virus from a bull with a persistent testicular infection", en *Vet Microbiol* 170(3-4): 246-257.
- Niehaus, J., 2008, "Rumenotomy", en *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 24(2): 341-347.
- Nilnont, T. *et al.*, 2016, "Bovine viral diarrhoea virus (BVDV) infection in dairy cattle herds in northeast Thailand", en *Trop Anim Health Prod* 48(6): 1201-1208.
- Nuss, K. *et al.*, 2012, "Comparison of two methods of local anaesthesia for laparotomy in cattle", en *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 40(3): 141-149.
- Odriozola, E. *et al.*, 2009, "Descripción de un caso de desplazamiento abomasal derecho en vacas lecheras en argentina", en *Rev Med Vet (B. Aires)* 90(3-4): 45-48.
- Omid, A. y A. Mozaffari, 2014, "Reticulo-cutaneous fistula due to the ingestion of a long metallic rod in a cow", en *Asian Pac J Trop Biomed* 4(7): 586-588.
- Orpin, P. y D. Harwood, 2008, "Clinical management of traumatic reticuloperitonitis in cattle", en *In Practice* 30(10): 544-551.
- Pérez, M. *et al.*, 2010, "Spatial and phylogenetic analysis of vesicular stomatitis virus over-wintering in the United States", en *Prev Vet Med* 93(4): 258-264.

- Reis Jr, J. *et al.*, 2009, "Transmission and pathogenesis of vesicular stomatitis viruses", en *Braz J of Vet Pathol* 2(1): 49-57.
- Remsburg, W. *et al.*, 2011, "Use of decision analysis to evaluate the delivery method of veterinary health care on dairy farms as measured by correction of left displaced abomasum", en *J Am Vet Med Assoc* 238(1): 60-65.
- Ridpath, F. y R. Fulton, 2009, "Knowledge gaps impacting the development of bovine viral diarrhea virus control programs in the United States", en *J Am Vet Med Assoc* 235(10): 1171-1179.
- Saggerson, D., 2008, "Malonyl-CoA, a key signaling molecule in mammalian cells", en *Annu Rev Nutr* 28(1): 253-272.
- Sakha, M. *et al.*, 2007, "Bovine subclinical ketosis in dairy herds in Iran", en *Vet Res Commun* 31(6): 673-679.
- Sandri, M. *et al.*, 2014, "Microbial biodiversity of the liquid fraction of rumen content from lactating cows", en *Animal* 8(4): 572-579.
- Santman, M. *et al.*, 2015, "Evaluation of the epidemiological and economic consequences of control scenarios for bovine viral diarrhea virus in dairy herds", en *J Dairy Sci* 98(11): 7699-7716.
- Schulz, T. *et al.*, 2016, "Early detection and treatment of lame cows. Effect on duration and prevalence of lesion-specific lameness", en *Tierarztl Prax Ausg G Grosstiere Nutztiere* 44(1): 5-11.
- Seeger, T. *et al.*, 2006, "Comparison of laparoscopic-guided abomasopexy versus omentopexy via right flank laparotomy for the treatment of left abomasal displacement in dairy cows", en *Am J Vet Res* 67(3): 472-478.
- Seifi, A. *et al.*, 2011, "Metabolic predictors of post-partum disease and culling risk in dairy cattle", en *Vet J* 188(2): 216-220.
- Sharma, K. *et al.*, 2015, "Epidemiological studies on forestomach disorders in cattle and buffaloes", en *Vet World* 8(9): 1063-1067.
- Smith, F. *et al.*, 2011, "Domestic cattle as a non-conventional amplifying host of vesicular stomatitis New Jersey virus", en *Med Vet Entomol* 25(2): 184-191.

- Stefanska, B. *et al.*, 2016, "Prevalence and consequence of subacute ruminal acidosis in Polish dairy herds", en *J Anim Physiol Anim Nutr* 2(1): 1-9.
- Stengarde, L. *et al.*, 2012, "Risk factors for displaced abomasum or ketosis in Swedish dairy herds", en *Prev Vet Med* 103(4): 280-286.
- Sterner, E. *et al.*, 2008, "Factors influencing the survival of dairy cows after correction of left displaced abomasum", en *J Am Vet Med Assoc* 232(10): 1521-1529.
- Suthar, S. *et al.*, 2013, "Prevalence of subclinical ketosis and relationships with postpartum diseases in European dairy cows", en *J Dairy Sci* 96(5): 2925-2938.
- Tatone, H. *et al.*, 2016, "A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of point-of-care tests for the detection of hyperketonemia in dairy cows", en *Prev Vet Med* 130(1): 18-32.
- van der Drift, G. *et al.*, 2012, "Routine detection of hyperketonemia in dairy cows using Fourier transform infrared spectroscopy analysis of beta-hydroxybutyrate and acetone in milk in combination with test-day information", en *J Dairy Sci* 95(9): 4886-4898.
- van Saun, J., 2010, "Indicators of dairy cow transition risks: metabolic profiling revisited", 65-77 pp., en XXVI World Buiatrics Congress, Santiago, Chile.
- Velásquez, L. *et al.*, 2014, "Phylogeographic characteristics of vesicular stomatitis New Jersey viruses circulating in Mexico from 2005 to 2011 and their relationship to epidemics in the United States", en *Virology* 449(1): 17-24.
- Vishwanatha, B. *et al.*, 2012, "Choke in a Cow - A Case Report", en *Vet World* 5(1): 40-43.
- Watts, S. y W. Tulley, 2013, "Case report: sequelae of traumatic reticulo-peritonitis in a Friesian dairy cow", en *N Z Vet J* 61(2): 111-114.
- Wittek, T. *et al.*, 2012, "Peritoneal inflammatory response to surgical correction of left displaced abomasum using different techniques", en *Vet Rec* 171(23): 594.

Yañez-Ruíz, D. R. *et al.*, 2015, "Manipulating rumen microbiome and fermentation through interventions during early life: a review", en *Front Microbiol* 6(1):1133-1137.

Fundamentos y Prospecciones del Paradigma de las Ciencias Ómicas en la Salud Humana (Primera Parte)

Guadalupe Prado Flores¹ y Arturo César García Casillas²

Resumen. *La vida es una manifestación emergente de la materia organizada. Del nivel material derivan cualidades energéticas, organizacionales, dinámicas, informáticas, sistémicas, reguladoras, reproducibles, relacionales, hologramáticas, autoreparables y unitarias. La congruencia entre la estructura molecular y la funcionalidad de sus componentes se considera la base constitutiva del proceso vital. En dicha plataforma estructural y operativa, el ADN constituye el fundamento de la información. Este ensayo pone el acento en la organización génica como fundamento de mecanismos universales de replicación, transcripción y traducción del código genético, hasta la construcción del proteoma. Dichos procesos secuenciales sostienen la unidad vital e igualmente son el origen evolutivo por el que se diversifican los organismos. De su revisión se genera la exploración al constructo teórico metodológico de las ciencias ómicas.*

Palabras Clave: *Gen, ADN, ARNs, Replicación, Transcripción, Traducción.*

¹ Profesor-Investigador, Departamento de Producción Agrícola y Animal, Universidad Autónoma Metropolitana, e-mail: gprado@correo.xoc.uam.mx

² Investigador Posdoctoral, Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria, Universidad de Colima, e-mail: cesargarciasillas@hotmail.com

Abstract. *Life is an emerging manifestation of organized matter. From the material level derived qualities, energetic, organizational, dynamic, informatic, systemic, regulatory, reproducible, relational, hologramatic, self-repairing and unitary qualities. The complex molecular level is considered the basis of the congruence between structure and functionality and is a constituent part of the total reality of the vital process. This essay emphasis on gene organization as the foundation of universal mechanisms of replication, transcription and translation of the genetic code to the construction of the proteome, which are sequential processes that sustain the vital unit and are also the evolutionary origin by which organisms are diversified. Its revision generated the theoretical methodological construct of the omic sciences.*

Keywords: *Gene, DNA, RNAs, Replication, Transcription, Translation.*

INTRODUCCIÓN

El ADN es un componente material de máxima organización. El proceso científico de investigación sobre la naturaleza y expresión de esta biomolécula ha generado un conocimiento multidisciplinario que abarca características del compuesto, comportamientos termodinámicos, sistémicos y reguladores que dan fundamento a los procesos de replicación, transcripción y traducción del propio ADN. Mediante estos mecanismos universales, la actividad celular sostiene la sobrevivencia, la herencia, la evolución y la permanencia de los organismos en los ecosistemas. Por la precisión de su naturaleza y la susceptibilidad a alteraciones, tanto la estructura como la expresión del genoma, pueden sufrir cambios con el significado de patologías monogénicas o patologías multifactoriales. Para acometer este acucioso análisis, las ciencias biológicas ejercitan los recursos más avanzados e integradores en los campos teóricos y metodológicos con el sustantivo apoyo de las ciencias y técnicas de la información.

ASPECTOS HISTÓRICOS

El descubrimiento del ácido desoxirribonucleico (ADN) por Friedrich Miescher en 1869 (Dahm, 2008), la descripción de su estructura por Watson y Crick en 1953 (Pray, 2008), la presencia de las células en los organismos por Matthias Jakob Schleiden y Theodor Schwann en 1938 (Zhegunov, 2012) y la información generada por la secuenciación del ADN humano en 2001-2003 (International Human Genome Sequencing Consortium, 2004) representan para genetistas, biólogos, biólogos moleculares, bioinformáticos, médicos y personal implicado en su estudio, un referente interno en las ciencias biológicas, así como para las actividades progresistas de las sociedades y los que se benefician de sus adelantos.

Desde el año 1938, la atracción por los fenómenos de la herencia, los genes, el genoma completo, y su definitiva direccionalidad en la vida humana, ha diseñado una trayectoria que es un hito en las ciencias biológicas. Su desarrollo responde a preguntas científicas, planteamientos teóricos y recursos metodológicos idóneos que analizan su presencia, compleja estructura, selectiva expresión y múltiples funciones. La plataforma que ha logrado la construcción de conocimiento y sus aplicaciones se afianza tanto en la investigación, la experimentación, la praxis de la biología molecular, como en las ciencias bioinformáticas. Estos avances permiten entender en gran medida la fisiología integral del genoma, su participación como agente de la evolución y el principal factor de la homeostasia (Bordbar *et al.*, 2011).

El ácido desoxirribonucleico

El modelo teórico del ADN se evidencia por su identificación analítica con equipos de alta resolución como cromatografía, espectrometría de masas y difracción por rayos X (Jaksch y Tay, 2014). Paralelamente, sus funciones se analizan, contrastan e interpretan desde rigurosos diseños

y múltiples experimentos, cuyos resultados finalmente son validados con métodos estadísticos.

Es conveniente tomar en cuenta la plataforma fundamental de la mecanística funcional de las moléculas y procesos mediante los cuales la célula ejercita su quehacer. La doble hélice complementaria del ADN (Figura 1) está formada por nucleótidos de adenina (A), timina (T) guanina (G) y citosina (C). Las bases púricas y pirimídicas están unidas entre sí por radicales fosfato y el azúcar desoxirribosa, en un orden preciso y en agrupaciones funcionales. Este orden secuencial constituye la estructura primaria de la molécula de ADN. Las hebras complementarias se acoplan entre sí por dos puentes de hidrógeno en el par A-T, y con tres enlaces en el par C-G. Esta doble cadena ensamblada se enrolla sobre octámeros de histonas. Dichas proteínas básicas atraen al ADN que posee carga negativa; por tanto, permanecen fuertemente unidos.

Figura 1. James Dewey Watson (1928) y Francis Harry Compton Crick (1916-2004) ante un modelo de lámina de la estructura del ADN



Fuente: A Signet Book-The New American Library, Nueva York 1969.

Su arquitectura es tridimensional; se compacta por mecanismos sucesivos formando nucleosomas, los que a su vez forman las hebras de cromatina, éstas se empaquetan hasta integrar los dominios subcromosómicos, que al plegarse dan lugar a los cromosomas (Cremer y Cremer, 2010). La organización del genoma nuclear significa 2850 millones de pares de bases (Mb), conformada por secuencias codificantes de proteínas, no codificantes, pseudogenes, secuencias únicas y repetidas del ADN, pero que son transcripcionalmente activas y con poca condensación, denominada eucromatina (Horvath *et al.*, 2001). El resto de las Mb corresponde a regiones de heterocromatina, altamente condensada. La primera está abierta a la inducción de la expresión génica, mientras que la segunda, más compactada, disminuye notablemente la expresión de la información que contiene (Ramírez, 2016).

Estructura del ADN

Este orden define la identidad de una especie y también le concede sus características particulares, dándole la individualidad. En cualquiera de los estadios de la filogenia, cada organismo contiene toda y la misma información genética en todas sus células, mientras que la expresión de esa estructura se hace manifiesta diferencialmente en los linajes celulares del organismo (Portin, 2014). El ADN condensa la información estructural y funcional del individuo.

El conocimiento de la estructura del ADN humano ha sido una empresa científica de la mayor relevancia. Con recursos de alta tecnología se hizo la secuenciación, de la cual se informó sobre 94% del genoma, en febrero de 2001. Tanto el "Proyecto del Genoma Humano" (PGH), de naturaleza pública, como el privado, *Celera Genomics*, dieron a conocer que el ADN en el *Homo sapiens* contiene 3.2×10^9 pares de bases y 23 000 genes que codifican para proteínas (Jasny y Kennedy, 2001; Venter *et al.*, 2001).

Se informó sobre la presencia de repeticiones de secuencias simples, microsatélites de 1-13 bases, minisatélites de 14 a 500 bases, duplicaciones de segmentos que pueden ser intercromosómicas o intracromosómicas, transposones polimórficos y más de 1.4 millones de polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs) (Scott *et al.*, 2001). En el año 2012, se constituyó el *HapMap* con el objetivo de determinar los patrones comunes de variaciones (*International HapMap*, 2003). Con la información del PGH, del *SNP Consortium* y *HapMap* se realizaron los primeros estudios de asociación del genoma completo: *GWAS Genome-wide association studies*, con el objeto de buscar asociaciones significativas entre alguna patología y variantes genéticas (Bush y Moore, 2012).

La importancia de esta información radica en que se encontraron relaciones fundamentales entre combinaciones de factores genéticos y ambientales para patologías como diabetes (Saxena *et al.*, 2007), obesidad (Hinney *et al.*, 2007), lipidemias (Wallace *et al.*, 2008), cáncer (Thomas *et al.*, 2008), enfermedades cardiovasculares e inflamatorias (Torkamani *et al.*, 2008), entre otras. El entendimiento de su patogenia ayuda a un mejor diagnóstico, estrategias de profilaxis y mejores tratamientos, ya que en múltiples casos, su patrón de herencia es poligénico.

A la luz de tal información, se crearon nuevas herramientas para evaluar el total de nucleótidos a nivel masivo en poco tiempo. De esa manera, se revelaron numerosas variantes genéticas normales de los individuos. Estos avances permiten el desarrollo de nuevas tecnologías con las que se evalúan a gran escala el ADN, ARN, SNPs, proteínas, procesos de metilación (Mardis, 2011) y, en mayor progresión, las metodologías y disciplinas conocidas como las “ciencias ómicas” que contribuyen a identificar patologías mendelianas o multifactoriales (Evans, 2000).

La orientación de esta nueva manera de ver la patología conduce a una medicina personalizada, preventiva, predictiva y participativa (4P), apoyada por la farmacogenómica (Poland *et al.*, 2009). Dicha óptica en la investigación particulariza los factores que determinan los patrones de patología, discapacidad y mortalidad en el mundo (Ramírez, 2016).

Expresión del ADN

A partir de la estructura de la macromolécula se expresan las funciones de la herencia y todas las manifestaciones metabólicas de los organismos (Cremer y Cremer, 2010). De su estudio se han derivado sus implicaciones en procesos de proliferación celular, diferenciación, crecimiento, apoptosis e inmunidad celular, los cuales manifiestan la organización autónoma de los organismos (Ramírez, 2016). La disfunción de algunas piezas de la plataforma génica es causa frecuente de patologías raras y también de las comunes, llamadas patologías multifactoriales (Stolk *et al.*, 2008).

El gen

Wilhelm Johannsen acuñó el término *gen*, en el año 1909. A partir de esta primera apreciación ha evolucionado su concepción. Se le consideró como unidad de la herencia correspondiente a una región genómica estructural, formada por nucleótidos con una distribución específica (Johannsen, 2014). Su simple definición se amplió gracias al análisis que hicieron Griffiths y Stotz (2006) al incorporar los conceptos instrumental, nominal y post-genómico. En el año 2012, la Organización de Nomenclatura del Genoma Humano lo definió como “un segmento de ADN que contribuye a una función/fenotipo” (Ramírez, 2016).

La funcionalidad del ADN se realiza en buena medida por la expresión de los genes, que son organizaciones moleculares estrictas y discretas (Griffiths y Stotz, 2006). Se pensaba que cada gen originaba una proteína, conceptualización que se ha ampliado al reconocer que sólo 1.5% del genoma codifica para proteínas (Pennisi, 2001). Asimismo, se pensaba que las zonas que no constituían los genes tenían poca o ninguna función, ahora se reconoce que la mayor parte del genoma no se organiza en genes, y los estudios revelan las implicaciones fundamentales que llevan a cabo en la actividad celular (Zhegunov, 2012).

Los estudios actuales reconocen la complejidad y la sincronización de los genes y sus correspondientes funciones. Ellos se expresan en diferentes momentos del desarrollo y diferenciación, ciclo de vida, factores ambientales y género de los organismos (Jasny y Kennedy, 2001). Dicha expresión génica es un proceso especialmente dinámico y está regulado por eventos como la condensación de la cromatina, metilación del ADN, inicio de la transcripción, corte y empalme, estabilidad del ARNm, modificaciones variables transcripcionales, tráfico intracelular, control de la traducción y degradación de las proteínas (Wray *et al.*, 2003).

Estructura del gen

Los genes que codifican para proteínas constan de uno o varios segmentos promotores y una región subdividida en exones e intrones. Los promotores en eucariontes tienen dos partes fundamentales: el promotor basal y los elementos próximos al promotor. El promotor basal es fundamental en la regulación de la transcripción, y lo hace por medio de la ARN polimerasa II (ARN pol II) (Juven-Gershon *et al.*, 2008); ahí se ensambla el complejo de pre-iniciación junto con unas 40 proteínas que tienen actividad de factores de transcripción (Sandelin *et al.*, 2007). De los promotores humanos, 32% tiene las llamadas cajas TATA como secuencias consenso y también se encuentra el elemento iniciador (Inr) (Riethoven, 2010). Los exones representan 1.5% del genoma.

Los genes humanos codificadores de proteínas generalmente presentan en promedio 8.8 exones, cerca de 145 nucleótidos por exón, regiones 5'UTR y 3'UTR (Sakharkar *et al.*, 2004). En promedio cuentan con cerca de 27 kb. Más de 90% de los nucleótidos que conforman la región codificante se remueven en la maduración de los ARNm (Wray *et al.*, 2003). Los ARN maduros contienen además un Cap 7-metil guanosina y una cola de poli-A (Topisirovic *et al.*, 2011). Los intrones representan 24% del genoma, los grandes pueden tener hasta miles de nucleótidos; ahí se encuentran

secuencias consenso que regulan el corte y empalme convencional o corte y empalme alternativo (Sakharkar *et al.*, 2004). Las secuencias en *cis* de los intrones de los ARNm primarios se relacionan con la formación de diversos transcritos con la expresión génica, y pueden contener también genes de micro ARN (miARN) (Cuperus *et al.*, 2011; Varani, 2015).

Las regiones 5'UTR y 3'UTR son estratégicas en los genes porque regulan funciones transcripcionales, ofrecen eficiencia en la traducción, estabilidad en la estructura y facilitan la exportación del núcleo al citoplasma (Riethoven, 2010). Las formas cortas de los 3'UTR tienen mayor estabilidad que las largas. Se ha reportado que las regiones 3'UTR pueden presentar sitios de poliadenilación alternativa, lo cual produce gran diversidad de transcritos alternos a partir de un solo gen codificante de proteína (Di Giammartino *et al.*, 2011). Pueden encontrarse también en intrones y exones, lo cual aumenta la posible extensión del proteoma humano (Sakharkar *et al.*, 2004).

Los rasgos moleculares del ARN juegan un importante papel en la traducción, estabilidad de la estructura secundaria de los ARNm, corte y empalme, y favorecen la interacción entre ARNm y miARN (Riethoven, 2010; Cuperus *et al.*, 2011). Las zonas codificantes tienen otras características específicas, como cargas y polaridad que influyen en su estructura, plegamiento, conformación y función de las proteínas (Jasny y Kennedy, 2001). En promedio, un gen humano codificante de proteína genera entre dos o tres transcritos, no obstante, hay excepciones, como el gen de neurexina 3, por ejemplo, que puede producir, mediante corte y empalme alternativo, 1728 transcritos (Reissner *et al.*, 2013). Los ARN no codificantes (ARNnc) son muy abundantes, presuntivamente hay miles de ellos y tienen papeles importantes en los procesos biológicos; los hay pequeños, intermedios y largos (Costa, 2010).

Funciones del ADN

La vía directa del comportamiento del genoma consiste en que el ADN se replica; se transcribe para formar ARNs mensajeros que, a su vez, se traducen como proteínas. Este funcionamiento se considera vertebral y da lugar a respuestas divergentes en la actividad celular (Zhegunov, 2012). Adicionalmente, los descubrimientos actuales han dado información relevante de múltiples segmentos intergénicos, de los cuales se reconoce su funcionalidad como inductores, reguladores u otras actividades (Riethoven, 2010). Estos niveles de la actividad génica coexisten y se manifiestan en el tiempo del ser viviente, es decir, en su fenología y en el espacio en que los organismos viven su autopoiesis (Wray *et al.*, 2003). Puede considerarse como una red compleja de procesos interconectados y operativos.

Replicación del ADN

La replicación del genoma es un proceso activo de alta eficiencia y máxima exactitud. Es el suceso mediante el cual se preserva la información genética de generación en generación (Ramírez, 2016). Se realiza en el ciclo celular, antes que la célula se divida, duplica su ADN con un modelo semi-conservativo y complementario (Mechali, 2010). Puede decirse que tiene tres fases: iniciación, elongación y terminación (Dever y Green, 2012). Interviene un conjunto sincronizado de moléculas que reconocen sitios de acción, abren la doble hebra del ADN, la cortan, vuelven a unirla sin el supra-enrollamiento; otras enzimas adicionan oligos y polimerizan; otras más, dan la energía para sufragar la exigencia termodinámica (Mechali, 2010). La copia de 6 400 millones de bases en una célula diploide la realiza en un promedio de ocho horas continuas, y una vez iniciado el proceso, debe concluir, de otra manera, la célula inevitablemente muere. Su factor de error es 10^{-4} - 10^{-5} (Lee *et al.*, 2016).

La actividad catalítica en la replicación del ADN manifiesta una evolución de competencia máxima al integrar las acciones puntuales de los siguientes participantes: i) el complejo pre-replicativo que se modifica a complejo replicativo, y hasta posreplicativo, que al final impide que se reduplique el ADN antes de llegar a la mitosis; ii) cinasas implicadas en fosforilaciones, con lo cual la molécula tiene un cambio conformacional y un aumento de energía libre; iii) ciclinas del tipo D que actúan en la fase G1 del ciclo; iv) reguladores del gen supresor tumoral Rb; v) helicasas que abren la doble hebra del ADN; vi) topoisomerasas de tipo I y de tipo II que cortan y ligan al ADN; y vii) primasas que sirven como punto de anclaje para la síntesis del ADN y que forman parte del complejo de la polimerasa α (Masai *et al.*, 2010; Lim y Kaldis, 2013).

También participan las proteínas estabilizadoras de la hebra sencilla del ADN, el "balero replicativo", el cual facilita el desplazamiento de la polimerasa e incrementa la eficacia de la replicación. Este complejo del balero replicativo, junto con el adaptador del balero y la ADN polimerasa, se le denomina replicasa (Lujan *et al.*, 2016). La terminación de la replicación se realiza por la acción de una proteína llamada RTP (Masai *et al.*, 2010). La polimerasa α , que tiene funciones de replicación de novo y reparación del ADN en mamíferos, contiene a las subunidades A, B, p49 y p58, cada una codificada por su correspondiente gen *polA*, *PRIM1*, *PRIM2*, con pesos moleculares de 180, 70, 49 y 58 kDa (Feng *et al.*, 2014).

Un pilar fundamental de la biología y genética molecular es el conocimiento estructural y de expresión del ADN en los genes y las regiones no codificantes, los dominios que los integran, los factores que inducen su expresión, la participación de enzimas, los agentes reguladores de su expresión, sus características y la relación de unos genes con otros (Masai *et al.*, 2010). Entre las nuevas ciencias, la genómica, contribuye a la identificación de alteraciones genéticas relacionadas con patologías comunes (Xiong *et al.*, 2015).

Transcripción del ADN

Se conoce que 70% del genoma se transcribe, pero sólo 1.5% lo hace para formar ARNm que codifica a proteínas (Pennisi, 2001), el resto son ARNnc (Costa, 2010). Este proceso constituye operaciones constantes para dar la estructura y funcionalidad a los organismos mediante la proliferación celular, diferenciación y regulación del metabolismo (Zhegunov, 2012).

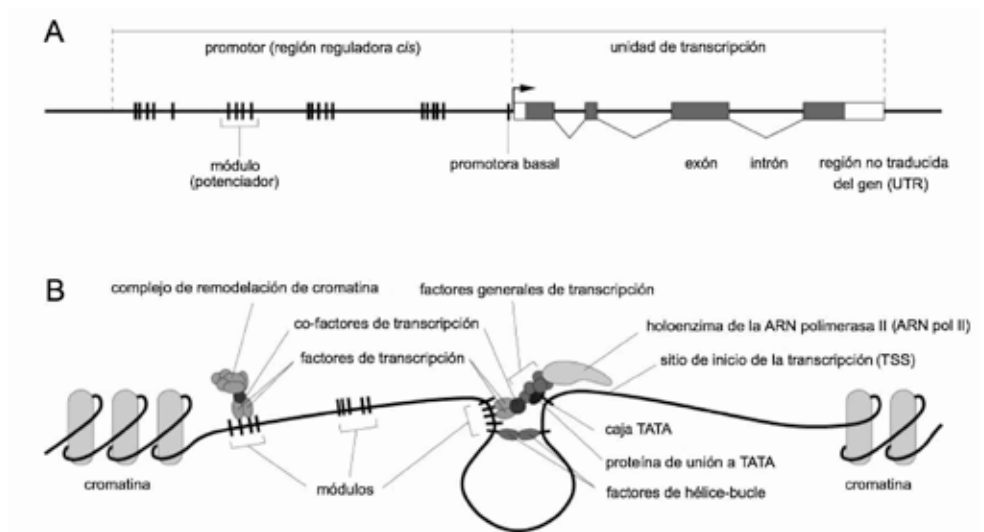
La transcripción (T) contiene cuatro etapas que corresponden a la iniciación, pausa, elongación y finalización del proceso; en cada una participan secuencias *cis*, que son conjuntos de nucleótidos y *trans* que generalmente son proteínas (Wray *et al.*, 2003). Estas secuencias nucleotídicas que actúan en *cis* son sitios de reconocimiento para proteínas que actúan en *trans*, las que aumentan o inhiben la expresión génica (Ramírez, 2016). La naturaleza de esas secuencias en *cis* y el estímulo definen la respuesta de los genes, de modo que no todas las células expresan los mismos genes al mismo tiempo, sino que son un reflejo espacio-temporal definido por la fenología y otros factores (Griffiths y Stotz, 2006). Las proteínas que participan se clasifican en tres grupos, relacionadas con su actividad en la activación, inicio y elongación de la transcripción.

Inicio

Se localiza el promotor que contiene su núcleo de promotor y elementos próximos a él. Asimismo, contiene elementos reguladores distales que incluyen a los módulos potenciadores, silenciadores y aisladores o regiones de control del *locus* (Ernst *et al.*, 2012). Se conocen dos tipos de núcleos del promotor: los centrados y los dispersos; en los primeros, hay los sitios de inicio de la transcripción (TSS) y en muchas ocasiones la caja TATA (Figura, 2), el iniciador, elementos de reconocimiento y otros componentes como elementos río abajo o río arriba del promotor (DPE y DCE) (Core *et al.*, 2014). En los núcleos dispersos se encuentran generalmente

islas CpG (Zeng *et al.*, 2014). La ARN pol II y los factores de transcripción (TFIIB, TFIID, TFIIE, TFIIF y TFIIH) se unen en este sitio y en conjunto forman el complejo de inicio (PIC) (Engel *et al.*, 2017).

Figura 2. Estructura y función del promotor



A) organización de un gen eucariótico generalizado. Muestra la posición relativa de la unidad de transcripción, región promotora basal (caja negra con flecha doblada) y sitios de unión del factor de transcripción (barras verticales)

B) promotor iniciando la transcripción. Incluye el complejo de holoenzima ARN polimerasa II (15 proteínas); caja TATA; proteína de unión a TATA; factores de transcripción; co-factores de transcripción y complejo de remodelación de cromatina.

Fuente: Modificado a partir de Wray *et al.* (2003).

Hay núcleos de promotores humanos que no contienen caja TATA y presentan combinación de Inr y DPE (Jasny y Kennedy, 2001). En un estudio de 10 000 promotores humanos se reconoció que el más abundante de los elementos era el Inr, ya que estaba contenido en casi la mitad de ellos, mientras que DPE y BRE formaron cada uno la cuarta parte y sólo una octava contenía caja TATA (Sandelin *et al.*, 2007; Core *et al.*, 2014). Hay estudios que evidencian la participación fundamental del Inr, ya que puede activar el inicio de la transcripción, solo o junto con la caja TATA o con DPE y MTE (Dikstein, 2011). Las investigaciones de Smale y Baltimore (1989) y Baumann *et al.* (2010) apuntan que mutaciones en el Inr afectan el inicio de la T; junto con los elementos anteriores se han identificado otros más como BRE y DPE que permiten la unión de los factores de transcripción (FT) (Jasny y Kennedy, 2001).

El inicio de la T requiere que la ARN pol II sea reclutada por el promotor, que se ensamble el PIC que contiene los FT y las secuencias que facilitan esa unión en el orden de reclutamiento que se llama la vía del ensamble secuencial (Baumann *et al.*, 2010). Los estudios acerca de la naturaleza enzimática de la ARN pol II señalan que es un complejo formado por 12 polipéptidos (Bartlett y Stirling, 2003). Su región Rpb1 es responsable de su actividad catalítica (Juven-Gershon *et al.*, 2008). El dominio carboxilo terminal (CTD) interviene en diferentes pasos, aumentando o modulando la eficiencia de la síntesis madura del ARNm (Baumann *et al.*, 2010). Este dominio se fosforila, y en esa condición influye en el reclutamiento de modificadores de histonas, remodelación de la cromatina, además participa en las diferentes etapas de la T y en la expresión de genes (Sandelin *et al.*, 2007). Los transcritos producidos experimentan la adición de Cap en el extremo 5', eliminación de intrones, unión de exones y adición de una cola de poli-A en el extremo 3'. Recientemente, se ha descrito la participación de un complejo mediador que funciona como un puente entre la unión del ADN con los FT (Borggreve y Yue, 2011).

Pausa

El evento de transición entre el inicio y la elongación de la T es clave en el proceso. Se realiza cerca del promotor, cuando comienza la transcripción de los ARNm y consiste en: i) desenrollar el ADN; ii) formar una burbuja de transcripción; iii) ya abierta la burbuja, la ARN pol II inicia la síntesis del ARNm; iv) la ARN pol II escapa del promotor, y v) formación del complejo de elongación (Sandelin *et al.*, 2007; Juven-Gershon *et al.*, 2008).

Elongación

Se ha revisado que hay dos fases: la temprana y la tardía. La fase temprana de la elongación depende de la participación del factor de elongación P-TEFb en la fosforilación de la serina 2 en la secuencia YSPTSPS del CTD de la enzima polimerasa (Fujinaga *et al.*, 2015). Al complejo de elongación se unen las proteínas Spt4/5, se adiciona el Cap 7-metilguanosina al extremo 5' de los transcritos de síntesis cuando tienen una longitud de unos 20 nucleótidos, se da la exportación del ARNm del núcleo, y se ha demostrado que el Cap recluta a un complejo de unión (CBC) para proseguir la T (Ramírez, 2016). Algunas causas que afectan la T son las siguientes: i) la presencia de factores de elongación cercanos a los promotores; ii) la probabilidad que se requieran factores que disocien la ARN pol II de los factores de inicio localizados en el promotor, y iii) la posibilidad que los nucleosomas cercanos al sitio de inicio inhiban la elongación del transcrito (Juven-Gershon *et al.*, 2008).

Terminación

Esta etapa tiene dos partes: i) pausa de la elongación en el sitio de terminación, y ii) desensamble del complejo de elongación (Fujinaga *et al.*,

2015). Se ha referido que este fenómeno es mediado por estructuras secundarias del tallo de los ARNm y otras secuencias de proteínas (Sandelin *et al.*, 2007). Los potenciadores, los silenciadores y los aisladores, así como las regiones de control del *locus* (LCR), son otras secuencias consenso que están involucradas en la regulación de la expresión génica (Dever y Green, 2012). Los potenciadores sirven para aumentar la concentración de factores que inducen la expresión o para reclutar a la ARN pol II (Li *et al.*, 2016). Los silenciadores regulan en forma negativa la expresión génica a distancia de los promotores de ciertos genes, que generalmente se refieren a la diferenciación e inhibición del ciclo celular (Rio, 2015). Recientemente, se han identificado otros silenciadores llamados ARN antígenos cortos y largos con función represiva (Kolovos *et al.*, 2012). Los aisladores regulan secuencias de ADN localizadas en diferentes dominios de la cromatina (Van Bortle y Corces, 2013). Ellos regulan la función alterada de los potenciadores o silenciadores y lo realizan con dos rasgos principales: i) bloquean la comunicación al romper la interacción entre potenciadores-promotor y ii) evitan la propagación de la cromatina represiva (Heger y Wiehe, 2014). Los LCR actúan en *cis* a gran distancia de la cromatina y llevan a un aumento de la expresión génica (Van Bortle y Corces, 2013).

Traducción del ARNm en proteínas

Este dinamismo consiste en la traducción de un alfabeto químico de bases púricas y pirimídicas del ARNm, en el orden secuencial de los aminoácidos (aa) que componen todas las proteínas normales o anómalas de una célula (Bass, 2015). Estas moléculas cuaternarias tienen actividades tanto estructurales, como funcionales, y son la expresión más elaborada del metabolismo celular (Pedley y Benkovic, 2017). Su síntesis se realiza en el citoplasma y participan organelos como los ribosomas, sistemas enzimáticos, moléculas pequeñas como los aa y los ARNm, ARNt, ARNr

y ARNnc (Lane y Fan, 2015). Su factor de error es muy bajo, entre 1×10^{-4} - 1×10^{-5} (Ramírez, 2016).

Los ARNm maduros presentan diferentes estructuras y secuencias consenso con funciones definidas: i) no tienen intrones (Lasda y Parker, 2014); ii) contienen la región 5' UTR (*untranslated region*) con un cap en el extremo (Schwerk y Savan, 2015); iii) su región 3' UTR contiene una cola de poli-A y diversos elementos reguladores involucrados en la estabilidad de los mensajeros y con interacción con miARN (Varani, 2015); iv) poseen su región codificante en los exones (Lasda y Parker, 2014). En esta región se encuentra el marco de lectura abierta (ORF *open reading frame*) o codón de inicio de la traducción, también llamado secuencia codificante (Somers *et al.*, 2013), y v) la secuencia codificante que tiene codones formados por tripletes de bases que son leídos como un aa específico. Estos codones interactúan con anticodones presentes en los ARNt (Riethoven, 2010). El codón de inicio es AUG y se reconocen tres codones de terminación que son UAA, UAG y UGA (Lujan *et al.*, 2016). Actualmente, se han detallado al menos 22 aa adicionales a los 20 anteriormente calificados como integrantes de las proteínas; inclusive, hay otros que no han sido cabalmente descritos (Ramírez, 2016).

Los sistemas enzimáticos

Participan las aminoacil-ARNt sintetasas específicas para cada aa, catalizando la unión de un aa específico al extremo 3' de su respectivo ARNt (Yao y Fox, 2013). Ahora se sabe que, junto con esta acción catalítica de unión, también participan en la biosíntesis de aa, replicación del ADN, corte y empalme del ARN y control del ciclo celular (Diodato *et al.*, 2014).

Los ARNt tienen unos 80 nucleótidos y su correcta colocación está dada por: i) el anticodón, que reconoce un codón específico en el ARNm que inicia su traducción; ii) el primer sitio de unión une con enlace covalente un aa específico, iii) el segundo sitio reconoce y se une a la ami-

noacil ARNt sintetasa. Esta unión requiere energía que es suministrada por ATP, el cual queda como AMP y iv) mediante un gen codificante, el ARNm se une al ribosoma y los ARNt transportan el aa para formar la proteína (Topisirovic *et al.*, 2011; Dever y Green, 2012).

Los ribosomas

Están adosados al retículo plasmático, dando una configuración rugosa. Su masa es de 4.3 MDa y están formados por ARNr y proteínas. En eucariontes sedimentan con un valor de 80S y tienen dos subunidades, la pequeña de 40S formada por 3 proteínas y un ARNr 18S; la subunidad grande 60S contiene 47 proteínas y tres tipos de ARN: 5S, 5.8S y 28S (Brown *et al.*, 2014). Contienen tres sitios: el A para el aminoacil-ARNt; el sitio P para el peptidil-ARNt, y el sitio E del ARNt acilado (Gupta y Warner, 2014).

La traducción tiene tres fases: inicio, elongación y término (Dever y Green, 2012). Las células eucariontes emplean diversos mecanismos para iniciar la traducción, esto depende de los estímulos o las condiciones anómalas que la célula recibe (Borggreffe y Yue, 2011). La mayoría de los ARNm son traducidos por el mecanismo Cap-dependiente (Baumann *et al.*, 2010). La cap es reconocida por 11 factores de inicio (eIFs) con el reconocimiento del codón AUG que traduce metionina, y la actividad de una helicasa que desdobra la estructura secundaria de la región 5' UTR (Topisirovic *et al.*, 2011). La elongación se da mientras el ribosoma 80S está ensamblado con el ARNm, con la participación del factor de elongación 1A (Hotokezaka *et al.*, 2002). Otros factores son las proteínas G que funcionan cuando hay hidrólisis de GTP a GDP y actúan pasando los aa del sitio A al P y luego al E (Brown *et al.*, 2014).

La terminación se da cuando se llega a un codón de terminación UAA, UGA y UAG. Esta etapa es catalizada por factores liberadores de la cadena polipeptídica: el eRF1 reconoce con alta fidelidad al codón de término e hidroliza el peptidil-ARNt en el centro peptidil transferasa ribosomal mediante el dominio amino terminal de eRF1 (Dever y Green, 2012). El dominio carboxilo facilita la interacción con el eRF3, que a su vez está involucrado en la interacción de eRF1 con la proteína de unión a la cola de poli-A (Lane y Fan, 2015). Esto aumenta la eficiencia de terminación que depende del GTP y se liberan las moléculas de ARNt durante la terminación, además que reconoce la presencia del codón de paro en el sitio A (Yao y Fox, 2013). Cuando hay alteraciones en las secuencias consenso o estructuras de la región 5' se afecta el inicio de la traducción, y cuando las alteraciones se dan en la región codificante, se puede originar una proteína trunca o cambia un aa por otro y esto origina consecuencias disfuncionales y desarrollo de patologías monogénicas y/o multifactoriales (Savic y McDermott, 2015; Lee *et al.*, 2016).

Es importante reconocer que esta compleja red de procesos se expresa con orden, sincronía y alta eficiencia, características que están dadas tanto por la estructura del ADN, como por la expresión del mismo. Cuando esta información génica se afecta por estímulos físicos, como la temperatura; químicos, como la presencia de un fármaco; nutricionales, como la alimentación, o perturbaciones como el estrés o radiaciones ionizantes, se modifica su expresión, la cual lleva implicados cambios en los procesos de transducción y traducción. En condiciones normales, intervienen los mecanismos de reparación del ADN que mantienen la funcionalidad correspondiente. Si los estímulos sobrepasan el umbral de reparación, sobrevienen procesos patológicos que pueden ser monogénicos o multifactoriales.

CONCLUSIONES

El conocimiento de la estructura del ADN y su funcionalidad se ha ampliado a niveles de especialización gracias a los grupos interdisciplinarios de científicos, a los recursos teóricos, a las metodologías de alta resolución, a los lenguajes y desarrollo de las ciencias informáticas y a las fundaciones nacionales e internacionales que han apoyado los costos. La publicación de artículos científicos con difusión mundial ha sido un catalizador que ha impulsado mayor productividad en este campo.

Los beneficios del conocimiento de estos procesos están en franca relación con la salud humana, se ha favorecido la comprensión de procesos patológicos y, por el momento, se cuenta con mayores recursos para hacer prognosis oportunas, diagnosis más asertivas y tratamientos menos invasivos.

Con base en tales conocimientos, las ciencias biológicas han generado redes de información de mayor precisión, por ejemplo, la nutrigénómica, la cual registra relaciones puntuales entre la genómica, epigenómica, transcriptómica y proteómica con el campo de la nutrición; la farmacogenómica, que nace de las relaciones ya señaladas con los fármacos. En este mismo modelo se conocen, entre otras, a la medicina genómica, metabolómica y lipidómica que se orientan tanto a la salud, como a la solución de problemas vinculados con ella.

BIBLIOGRAFÍA

- Bartlett, M. y D. Stirling, 2003, "A short history of the polymerase chain reaction", en *Methods Mol Biol* 226(1): 3-6.
- Bass, L., 2015, "Twenty years: a very short sequence in the RNA world", en *RNA* 21(4): 490-491.
- Baumann, M. *et al.*, 2010, "Structure and basal transcription complex of RNA polymerase II core promoters in the mammalian genome: an overview", en *Mol Biotechnol* 45(3): 241-247.

- Bordbar, A. *et al.*, 2011, "A multi-tissue type genome-scale metabolic network for analysis of whole-body systems physiology", en *BMC Syst Biol* 5(1): 180-185.
- Borggreffe, T. y X. Yue, 2011, "Interactions between subunits of the Mediator complex with gene-specific transcription factors", en *Semin Cell Dev Biol* 22(7): 759-768.
- Brown, A. *et al.*, 2014, "Structure of the large ribosomal subunit from human mitochondria", en *Science* 346(6210): 718-722.
- Bush, S. y J. Moore, 2012, "Chapter 11: Genome-wide association studies", en *PLoS Comput Biol* 8(12): e1002822- e1002832.
- Core, J. *et al.*, 2014, "Analysis of nascent RNA identifies a unified architecture of initiation regions at mammalian promoters and enhancers", en *Nat Genet* 46(12): 1311-1320.
- Costa, F., 2010, "Non-coding RNAs: Meet thy masters", en *Bioessays* 32(7): 599-608.
- Cremer, T. y M. Cremer, 2010, "Chromosome territories", en *Cold Spring Harb Perspect Biol* 2(3): a003889- a003897.
- Cuperus, T. *et al.*, 2011, "Evolution and functional diversification of MIRNA genes", en *Plant Cell* 23(2): 431-442.
- Dahm, R., 2008, "Discovering DNA: Friedrich Miescher and the early years of nucleic acid research", en *Hum Genet* 122(6): 565-581.
- Dever, E. y R. Green, 2012, "The elongation, termination, and recycling phases of translation in eukaryotes", en *Cold Spring Harb Perspect Biol* 4(7): a013706-a013712.
- Di Giammartino, C. *et al.*, 2011, "Mechanisms and consequences of alternative polyadenylation", en *Mol Cell* 43(6): 853-866.
- Dikstein, R., 2011, "The unexpected traits associated with core promoter elements", en *Transcription* 2(5): 201-206.
- Diodato, D. *et al.*, 2014, "The Mitochondrial Aminoacyl tRNA Synthetases: Genes and Syndromes", en *Int J Cell Biol* 2014(1): 787956-787962.
- Engel, C. *et al.*, 2017, "Structural Basis of RNA Polymerase I Transcription Initiation", en *Cell* 169(1): 120-131.

- Ernst, W. *et al.* 2012, Promoter sequences. In Department of Commerce's. United States Patent and Trademark Office, United States Pat. No. PCT/EP2010/070537. US 20120258493 A1.
- Evans, A., 2000, "Designer science and the 'omic' revolution", en *Nat Biotechnol* 18(2): 127-132.
- Feng, Q. *et al.*, 2014, "An epigenomic approach to therapy for tamoxifen-resistant breast cancer", en *Cell Res* 24(7): 809-819.
- Fujinaga, K. *et al.*, 2015, "Visualization of positive transcription elongation factor b (P-TEFb) activation in living cells", en *J Biol Chem* 290(3): 1829-1836.
- Griffiths, E. y K. Stotz, 2006, "Genes in the postgenomic era", en *Theor Med Bioeth* 27(6): 499-521.
- Gupta, V. y J. Warner, 2014, "Ribosome-omics of the human ribosome", en *RNA* 20(7): 1004-1013.
- Heger, P. y T. Wiehe, 2014, "New tools in the box: an evolutionary synopsis of chromatin insulators", en *Trends Genet* 30(5): 161-171.
- Hinney, A. *et al.*, 2007, "Genome wide association (GWA) study for early onset extreme obesity supports the role of fat mass and obesity associated gene (FTO) variants", en *PLoS One* 2(12): e1361-e1372.
- Horvath, E. *et al.*, 2001, "Lessons from the human genome: transitions between euchromatin and heterochromatin", en *Hum Mol Gen* 10(20): 2215-2223.
- Hotokezaka, Y. *et al.*, 2002, "Interaction of the eukaryotic elongation factor 1A with newly synthesized polypeptides", en *J Biol Chem* 277(21): 18545-18551.
- International HapMap, C., 2003, "The International HapMap Project", en *Nature* 426(6968): 789-796.
- International Human Genome Sequencing Consortium, 2004, "Finishing the euchromatic sequence of the human genome", en *Nature* 431(7011): 931-945.
- Jaksch, L. y S. Tay, 2014, "Editorial overview: Analytical biotechnology: new technologies for quantitative analysis of biological specimens and natural products", en *Curr Opin Biotechnol* 25(1): 12-19.

- Jasny, R. y D. Kennedy, 2001, "The human genome", en *Science* 291(5507): 1153-1161.
- Johannsen, W., 2014, "The genotype conception of heredity. 1911", en *Int J Epidemiol* 43(4): 989-1000.
- Juven, T. *et al.*, 2008, "The RNA polymerase II core promoter-the gateway to transcription", en *Curr Opin Cell Biol* 20(3): 253-259.
- Kolovos, P. *et al.*, 2012, "Enhancers and silencers: an integrated and simple model for their function", en *Epigenetics Chromatin* 5(1): 1-9.
- Lane, N. y T. Fan, 2015, "Regulation of mammalian nucleotide metabolism and biosynthesis", en *Nucleic Acids Res* 43(4): 2466-2485.
- Lasda, E. y R. Parker, 2014, "Circular RNAs: diversity of form and function", en *RNA* 20(12): 1829-1842.
- Lee, F. *et al.*, 2016, "Mapping DNA polymerase errors by single-molecule sequencing", en *Nucleic Acids Res* 44(13): e118-e127.
- Li, W. *et al.*, 2016, "Enhancers as non-coding RNA transcription units: recent insights and future perspectives" en Lim, S. y P. Kaldis, 2013, "Cdks, cyclins and CKIs: roles beyond cell cycle regulation", en *Development* 140(15): 3079-3093.
- Lujan, A. *et al.*, 2016, "DNA Polymerases Divide the Labor of Genome Replication", en *Trends Cell Biol* 26(9): 640-654.
- Mardis, R., 2011, "A decade's perspective on DNA sequencing technology", en *Nature* 470(7333): 198-203.
- Masai, H. *et al.*, 2010, "Eukaryotic chromosome DNA replication: where, when, and how?", en *Annu Rev Biochem* 79(1): 89-130.
- Mechali, M., 2010, "Eukaryotic DNA replication origins: many choices for appropriate answers", en *Nat Rev Mol Cell Biol* 11(10): 728-738.
- Pedley, M. y S. Benkovic, 2017, "A New View into the Regulation of Purine Metabolism: The Purinosome", en *Trends Biochem Sci* 42(2): 141-154.
- Pennisi, E., 2001, "The human genome", en *Science* 291(5507): 1177-1180.
- Poland, A. *et al.*, 2009, "Application of pharmacogenomics to vaccines", en *Pharmacogenomics* 10(5): 837-852.

- Portin, P., 2014, "The birth and development of the DNA theory of inheritance: sixty years since the discovery of the structure of DNA", en *J Genet* 93(1): 293-302.
- Pray, L., 2008, "Discovery of DNA structure and function: Watson and Crick", en *Nature Education* 1(1): 95-101.
- Ramírez, J. 2016. "Gen: unidad estructural y funcional de la herencia", en Pereyra L., (comp.), *Genómica estructural y funcional en las enfermedades multifactoriales*, 15-51. pp. LEEA México.
- Reissner, C. et al., 2013, "Neurexins", en *Genome Biol* 14(9): 213-220.
- Riethoven, J., 2010, "Regulatory regions in DNA: promoters, enhancers, silencers, and insulators", en *Methods Mol Biol* 674(2): 33-42.
- Rio, D., 2015, "Twenty years of RNA", en *RNA* 21(4): 718-720.
- Sakharkar, K. et al., 2004, "Distributions of exons and introns in the human genome", en *In Silico Biol* 4(4): 387-393.
- Sandelin, A. et al., 2007, "Mammalian RNA polymerase II core promoters: insights from genome-wide studies", en *Nat Rev Genet* 8(6): 424-436.
- Savic, S. y M. McDermott, 2015, "Clinical genetics in 2014: New monogenic diseases span the immunological disease continuum", en *Nat Rev Rheumatol* 11(2): 67-68.
- Saxena, R. et al., 2007, "Genome-wide association analysis identifies loci for type 2 diabetes and triglyceride levels", en *Science* 316(5829): 1331-1336.
- Schwerk, J. y R. Savan, 2015, "Translating the Untranslated Region", en *J Immunol* 195(7): 2963-2971.
- Scott, C. et al., 2001, "Homologues of Twisted gastrulation are extracellular cofactors in antagonism of BMP signalling", en *Nature* 410(6827): 475-478.
- Smale, T. y D. Baltimore, 1989, "The 'initiator' as a transcription control element", en *Cell* 57(1): 103-113.
- Somers, J. et al., 2013, "A perspective on mammalian upstream open reading frame function", en *Int J Biochem Cell Biol* 45(8): 1690-1700.

- Stolk, P. *et al.*, 2008, "Universal risk factors for multifactorial diseases: LifeLines: a three-generation population-based study", en *Eur J Epidemiol* 23(1): 67-74.
- Thomas, G. *et al.*, 2008, "Multiple loci identified in a genome-wide association study of prostate cancer", en *Nat Genet* 40(3): 310-315.
- Topisirovic, I. *et al.*, 2011, "Cap and cap-binding proteins in the control of gene expression", en *Wiley Interdiscip Rev RNA* 2(2): 277-298.
- Torkamani, A. *et al.*, 2008, "Pathway analysis of seven common diseases assessed by genome-wide association", en *Genomics* 92(5): 265-272.
- Van Bortle, K. y V. Corces, 2013, "The role of chromatin insulators in nuclear architecture and genome function", en *Curr Opin Genet Dev* 23(2): 212-218.
- Varani, G., 2015, "Twenty years of RNA: the discovery of microRNAs", en *RNA* 21(4): 751-752.
- Venter, C. *et al.*, 2001, "The sequence of the human genome", en *Science* 291(5507): 1304-1351.
- Wallace, C. *et al.*, 2008, "Genome-wide association study identifies genes for biomarkers of cardiovascular disease: serum urate and dyslipidemia", en *Am J Hum Genet* 82(1): 139-149.
- Wray, A. *et al.*, 2003, "The evolution of transcriptional regulation in eukaryotes", en *Mol Biol Evol* 20(9): 1377-1419.
- Xiong, Y. *et al.*, 2015, "RNA splicing. The human splicing code reveals new insights into the genetic determinants of disease", en *Science* 347(6218): 1254806.
- Yao, P. y P. Fox, 2013, "Aminoacyl-tRNA synthetases in medicine and disease", en *EMBO Mol Med* 5(3): 332-343.
- Zeng, J. *et al.*, 2014, "Fundamental diversity of human CpG islands at multiple biological levels", en *Epigenetics* 9(4): 483-491.
- Zhegunov, G., 2012, "Cells and Organisms", en Zhegunov, G., (comp.) *The Dual Nature of Life*, 73-81, EEUU. The Frontiers Collection, Springer-Verlag ed. Berlin, Heidelberg, USA.

Guía para autores

Tipo de contribución

1. Artículos de investigación
2. Notas de investigación
3. Ensayos y revisiones bibliográficas
4. Reseñas de libros y comentarios

Los Artículos de investigación deben reportar resultados de investigaciones originales y no haber sido entregados para su publicación en cualquier otro medio. Los artículos no deben rebasar más de 30 cuartillas manuscritas incluyendo figuras, cuadros, referencias, etc.

Las Notas de investigación son una descripción concisa y completa de una investigación limitada, la cual no puede ser incluida en un estudio posterior.

La Nota científica debe estar completamente documentada por referencias bibliográficas y describir la metodología empleada como en un artículo de investigación. No deberá exceder las 15 cuartillas, incluyendo figuras, cuadros y referencias.

Los Ensayos y revisiones bibliográficas deben incluir un tema de interés actual y relevante. Estos trabajos no deben exceder las 20 cuartillas.

Las Reseñas de libros pueden ser incluidas en la revista en un rango de libros relevantes que no tengan más de 2 años de haber sido publicados. Las reseñas no deben exceder las seis cuartillas.

Presentación de textos

La presentación implica que todos los autores autorizan la publicación del documento y que están de acuerdo con su contenido. Al aceptar el ar-

título la revista puede cuestionar al (las, los) autor (as, es) para transferir el derecho de su artículo a la editorial.

Los trabajos para consideración pueden ser enviados de dos formas:

1. Archivo electrónico. Se enviará en documento de Word como un archivo adjunto al correo electrónico aalvarez@correo.xoc.uam.mx.

Mediante la misma vía se realizará el acuse de recibo.

Archivo electrónico

Se enviará el trabajo en dos archivos adjuntos. El primero incluirá el texto completo; el segundo, en caso de existir, las gráficas, tablas o figuras. El documento deberá tener los cuatro márgenes de 2.5 centímetros y numerarse de manera continua todos los renglones. El tipo de letra será Arial, tamaño 12 puntos a espacio de 1.5 de interlínea. Las cuartillas deberán estar numeradas.

Preparación y consideraciones generales para el manuscrito:

1. El texto deberá ser escrito en español, inglés o francés.
2. Si se decide enviar el documento impreso, es necesario adjuntar las ilustraciones originales y dos juegos de fotocopias (tres impresiones de una fotografía).
3. Deberá tener las líneas numeradas, incluyendo resumen, pies de página y referencias.
4. El texto deberá tener el siguiente orden:
 - Título (Claro, descriptivo y corto).
 - Nombre del (las, los) autor (as, es).
 - Teléfono, correo electrónico y fax del primer autor para recibir correspondencia.
 - Dirección actual del (las, los) autor (as, es).
 - Resumen.

- Palabras clave (términos indexados) de 3 a 6.
- Introducción.
- Descripción del área, métodos y técnicas.
- Resultados.
- Discusión.
- Conclusión.
- Agradecimientos y reconocimientos.
- Referencias.
- Cuadros.
- Mapas o anexos diversos.

Nota: El título y subtítulo deberán estar en líneas diferentes sin sangrías. Se utilizarán altas y bajas; se escribirá con mayúsculas el carácter inicial y los nombres propios.

5. Se deben utilizar unidades del Sistema Internacional (SI).

Resumen

El resumen deberá ser claro, descriptivo y contener no menos de 800 ni más de 900 caracteres sin considerar los espacios para cada uno de los idiomas en que se presente. Se deberá incluir el resumen en español. Es conveniente incluir en el resumen los resultados más significativos, así como las principales conclusiones.

Cuadros

1. El autor deberá tener en cuenta las limitaciones en tamaño y presentación de la revista. Deberán evitarse cuadros largos, y exceder las dimensiones de una cuartilla (21 x 27.9 centímetros). El cambiar columnas y renglones puede reducir la dimensión del cuadro.
2. Los cuadros se enumeran de acuerdo a su secuencia en el texto y en números arábigos. El texto debe incluir la fuente de todos los cuadros.
3. Cada cuadro estará impreso en una cuartilla separada del texto.
4. Cada cuadro debe tener un título corto y autoexplicativo. El tipo de

letra deberá ser el mismo que el utilizado en el texto (arial, 12 pts.) y colocarse al centro y arriba.

5. Los cuadros elaborados deberán ser propios con base en la información generada por los (as) autores (as). Si llegasen a utilizar información secundaria, deberá darse el crédito correspondiente a la fuente utilizada.

Ilustraciones

1. Todas las ilustraciones (mapas, líneas de dibujo y fotografías) deberán enviarse por separado, sin marco y ajustarse al tamaño de una cuartilla (21 x 27.9 cm).
2. Las ilustraciones deberán ser secuenciadas con números arábigos de acuerdo al texto. Las referencias deben ser hechas en el texto para cada ilustración.
3. Las ilustraciones que contengan texto deberán estar en Indian ink o en etiquetas impresas. Asegurarse que el tamaño del carácter sea lo bastante grande para permitir una reducción del 50% sin volverse ilegible. Los caracteres deberán estar en español, inglés y francés. Usar el mismo tipo de carácter y estilo de la revista.
4. Cada ilustración debe tener una leyenda.
5. Las fotografías sólo son aceptables si tienen un buen contraste e intensidad. Las copias deben ser nítidas y brillantes.
6. Pueden enviarse ilustraciones a color, pero deberá tomarse en cuenta que serán convertidas en escala de grises para su publicación.
7. El formato de entrega será tiff o eps en alta resolución (300 dpi a tamaño carta o proporcional para su manejo).

Referencias

1. Todas las publicaciones citadas a lo largo del documento deberán ser presentadas con datos en la lista de referencias al final del texto.
2. Dentro del texto, al referirse a un autor (as, es) deberá hacerse sin inicial seguido del año de publicación y, de ser necesario, por una re-

ferencia corta sobre las páginas. Ejemplo: “Desde que Martínez (2007) demostró que...”, “Esto coincide con resultados posteriores (Sánchez, 2009: 20-21)”.

3. Si la referencia que se indica en el texto es escrita por más de dos autores, el nombre del primer autor será seguido por “et al.” o “y colaboradores”. Esta indicación, sin embargo, no deberá ser usada en la lista de referencias ni en itálicas.
4. La lista de referencias deberá indicarse en orden de acuerdo al apellido del (as, os) autor (as, es), y cronológicamente por autor.
5. Usar el siguiente sistema para indicar las referencias:

a. De publicación periódica

Gligo, N., 1990, “Los factores críticos de la sustentabilidad ambiental del desarrollo agrícola”, Comercio Exterior, 40(12):135-142.

b. Editado en Simposium, edición especial etc, publicación en periódico CIAT-UNEP, 1995, Marco conceptual para el desarrollo y uso de indicadores ambientales y de sustentabilidad para toma de decisiones en Latinoamérica y el Caribe, Documento de discusión, Taller regional sobre uso y desarrollo de indicadores ambientales y de sustentabilidad, PNUMA, México.

c. De libros

Sassen, S., 1999, La ciudad global, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

d. De un capítulo en libro

Muñoz, O., 1991, “El proceso de industrialización: teorías, experiencias y políticas”, en Sunkel, O., (comp.), El desarrollo desde dentro, Lecturas, núm. 71, FCE, México.

e. De tesis

Evangelista, O. y C. Mendoza, 1987, *Calendarios agrícolas en cuatro ejidos del Municipio de Coxquibui, Veracruz*, tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

f. De referencias de sitios

Banco Central de la República Argentina, 2005. "Entidades Financieras: Información por entidad", disponible en <http://www.bcr.gov.ar/comunes/p0003.asp>, consultado el 23/01/2005. Fecha última actualización: 07/01/2005. Unión Cívica Radical: Comité Nacional (UCR Web). Disponible en: <http://wwwwww.ucr.org.ar/>, consultado el 28/10/2000.

g. De artículos de publicaciones periódicas en bases de datos

Schrader, A., 1999, "Internet Censorship: Issues for teacher-librarian", en *Teacher Librarian*, vol. 26, núm. 5, Academic Search Elite, pp. 8-12, disponible en <http://www.epnet.com/ehost/login.html>, consultado el 28/11/2000.

Para otros ver detalles en página web de la revista.

Fórmulas

1. Las fórmulas deberán ser escritas de acuerdo a los estándares de la revista. Dejar un espacio amplio alrededor de las fórmulas.
2. Los subíndices y superíndices deberán ser claros.
3. Los caracteres griegos y otros no latinos o símbolos escritos a mano deberán ser explicados e indicar su significado al margen de la página en donde aparecen por primera vez. Tener especial cuidado para mostrar claramente la diferencia entre un cero (0) y el carácter O y entre el 1 y el carácter I.
4. Para indicar fracciones simples, utilizar la diagonal (/) en lugar de una línea horizontal.
5. Enumerar, en paréntesis, las ecuaciones a la derecha. En general, sólo las ecuaciones explícitamente referidas en el texto, necesitan ser numeradas.

6. Se recomienda el uso de fracciones en lugar de signos de raíz.
7. Los niveles de significancia estadística que son mencionados sin más explicación son $P < 0.05 = *$, $P < 0.01 = **$ y $P < 0.001 = ***$
8. En las fórmulas químicas, las valencias de los iones deberán indicarse, por ejemplo, como Ca^{2+} y no como Ca^{++} .

Pie de página

1. Se recomienda hacer los pies de página a través de un procesador de textos.
2. En caso de utilizarlos, deberán numerarse en el texto, indicando el número como superíndice y que sean tan cortos como sea posible. El tamaño del carácter será de 8 pts.

Nomenclatura

1. Los autores y editores aceptarán las normas de nomenclatura biológica vigente.
2. Todos los seres vivos (cultivos, plantas, insectos, aves, mamíferos, etc.) deberán ser identificados por sus nombres científicos, con excepción del nombre común de animales domésticos.
3. Todos los seres vivos y otros compuestos orgánicos deberán ser identificados por sus nombres genéricos cuando son mencionados por primera vez en el texto. Los ingredientes activos de todas las formulaciones deberán ser igualmente identificadas.

Derechos de autor

1. Cuando el autor cite algún trabajo de otra persona o reproduzca una ilustración o tabla de un libro o artículo de revista debe estar seguro de no estar infringiendo los derechos de autor.
2. Aunque en general un autor puede citar de otro trabajo publicado, debe obtener permiso del poseedor del derecho de autor si se requiere reproducir tablas, placas u otras ilustraciones.

3. El material en trabajos no publicados o protegidos, no podrá ser publicado sin obtener el permiso por parte del poseedor de los derechos.
4. Deberá incluirse un agradecimiento por algún material autorizado para su publicación.

Criterios de dictaminación y pruebas del formato del trabajo

1. Una vez revisado, conforme a las políticas de la revista, cada texto será sometido para su dictamen al menos a dos revisores miembros del Comité Editorial. Para ser publicado cada trabajo deberá contar con dos dictámenes aprobatorios.
2. Si el documento cuenta con observaciones, se regresará el texto para la corrección. Una vez realizadas las correcciones conforme a los criterios de evaluación del Comité Editorial de la revista, se enviará una prueba de formación al autor correspondiente. Sólo los errores tipográficos serán corregidos; no se harán cambios o adiciones al documento.

Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente.

Revista electrónica

Se terminó de formar en enero de 2018