

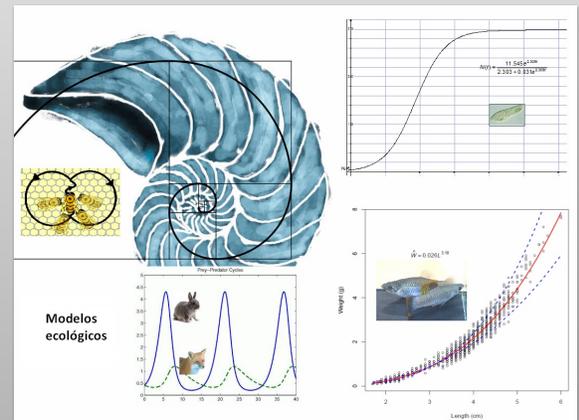


Bioagrociencias

Revista de difusión del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán



Fitorremediación



Modelos ecológicos



Papilomatosis



Morfometría espermática



Calidad del agua



Comité editorial

Editor general

Virginia Meléndez Ramírez

Coeditor

Alfonso Aguilar Perera

Editores asociados

Carmen Salazar Gómez-Varela

Edwin J. Gutiérrez Ruíz

Juan Magaña Monforte

Luís López Burgos

Luís Ramírez y Avilés

Víctor Cobos Gasca

Silvia Hernández Betancourt

William May Itza

Directorio

Dr. José de Jesús Williams

Rector

M. en C. Marco Torres León

Director

M. en C. Rosa G. Ramírez Porras

Secretaria Académica

M. en C. José Enrique Abreu Sierra

Secretario Administrativo

Dr. Hugo Delfín González

Jefe de la Unidad de Posgrado

Fotografías de la portada

Karol Solis Avila, Jorge Navarro Alberto, William J Ríos Martínez, Invan Rodríguez Vivas, Jorge Santos Flores, psypants.com.ua y www.radiomayabtv.com

Armado editorial de la publicación

Virginia Meléndez Ramírez

Bioagrocencias, Año 8 (julio a diciembre de 2015), revista electrónica, es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Yucatán, a través de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil s/n, Mérida, Yucatán, México. Tel. 999 942 32 00

<http://www.vete-rinaria.uady.mx/revis-tas/index.php>

Editor Responsable: Virginia Meléndez Ramírez, reserva del derecho al uso exclusivo 04-2015-112713333500-203, ISSN 2007 - 431X.

Responsable de la última actualización: Carlos Canul Sansores, con domicilio en Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, km. 15.5 carretera Mérida-Xmatkuil s/n, Mérida, Yucatán, México. Tel. 999 942 32 00. Fecha de última actualización: enero 2016.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor o de la institución. Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la dirección de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Correo electrónico:

bioagrocencias@correo.uady.mx

La actualización de la guía para autores y acerca de la revista se encuentra en la página Web:

<http://www.ccba.uady.mx/>

Índice

Evaluación de la calidad del agua en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito (leche y carne) en Municipio de Sucilá, Yucatán.....	1
Roger Medina González y Jorge Santos Flores	
La fitorremediación: una opción limpia para un problema sucio.....	22
Gerardo A. Carrillo Niquete, José Luis Andrade, Laura Hernández Terrones, Víctor Cobos Gasca	
Modelos en Ecología: Individuos y poblaciones.....	28
Jorge Leirana Alcocer, Jorge Navarro Alberto y Roberto Barrientos Medina	
Morfometría espermática en venado temazate café (Cervidae: Mazama pandora) en condiciones de cautiverio del trópico yucateco.....	38
William Jesús Ríos Martínez, María del Carmen Basto Segovia, Conrado Solís Rojas y José Manuel Mukul Yerves	
Papilomatosis bovina en el trópico mexicano: presentación clínica y control.....	45
Roger Iván Rodríguez Vivas, Leonardo Guillermo Cordero, Edwin José Gutiérrez Ruiz, María José Castro Cárdenas, Melina Maribel Ojeda Chi, Ren Tzab Navarro y José María Castro Marín	
Pesquerías continentales de México. Ma. Teresa Gaspar Dillanes, y Daniel Hernández Montaña (compiladores). 2013. Instituto Nacional de Pesca, México.....	53
Karol Solís-Ávila	

La fitorremediación: una opción limpia para un problema sucio

Gerardo A. Carrillo Niquete¹, José Luis Andrade², Laura Hernández Terrones³, Víctor Cobos Gasca⁴.

¹Estudiante de maestría en Ciencias Biológicas, ^{1,2}Unidad de Recursos Naturales y ³Unidad de Ciencias del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán. ⁴Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias – UADY. Gerardo Carrillo <gacn_15@hotmail.com>

Introducción

Todos estamos expuestos a la contaminación en todo momento, camino a la oficina o a la escuela se respira aire mezclado con gases provenientes de la industria y de los automóviles. En la casa, el agua que se usa para lavarse muchas veces contiene sustancias nocivas para la salud; ese filete de pescado o ese ceviche que se antoja quizá contenga algunos contaminantes en menor o mayor cantidad. Así, todos nos encontramos en este momento contaminados con nuestro propio estilo de vida. Es por esta razón, que la contaminación es un problema que afecta a todos y todos somos actores en este escenario turbio y sucio, por lo que dedicamos estas primeras líneas para hablar acerca de cómo la contaminación “ensucia” nuestras vidas.

En los medios de comunicación se informa que en algún sitio ocurrió un derrame petrolero, o del robo de un vehículo que transportaba material radiactivo, y se teme por su paradero, o quizá hay quejas a diario de la cantidad de basura en las calles, parques y jardines. Cualquiera que sea la fuente, a diario se habla de la contaminación. Pero en un sentido estricto ¿qué se sabe de la contaminación?

Para comenzar, se define a la contaminación como la introducción de una sustancia al medio (agua, aire o suelo) que provoca que

se vuelva inseguro el desarrollo de la vida en él. En este sentido, la contaminación es responsable de numerosos desequilibrios ecológicos, como la degradación de los ecosistemas, el deterioro del hábitat y la pérdida de especies, lo que, aunado al cambio climático, empobrece la calidad de vida. Un ejemplo de como la contaminación amenaza las especies es el caso de la foca monje hawaiana (*Neomonachus schauinslandi*: Matschie.) y de la tortuga caguama (*Caretta caretta* L). Ambas se encuentran en peligro de extinción por diversas razones, dentro de las cuales se ubica la ingesta accidental de artículos de plástico que terminan en los océanos (NOAA, 2014).

La contaminación representa un riesgo contra la salud. Diversas enfermedades tienen un origen ambiental, provocando graves desastres en distintas partes del mundo. Por ejemplo, en el caso de la contaminación del agua, en el año 2004 se estimó que cada año mueren cerca de 2 millones de niños a causa de enfermedades ocasionadas por la mala calidad del agua, y en los países más pobres, 1 de cada 5 niños no alcanza los primeros 5 años de edad, siendo el 80% de las enfermedades en países en vías de desarrollo provocadas por la insuficiencia sanitaria y la mala calidad de agua (Abhilash *et al.*, 2014).

Definitivamente, la mejor acción en contra de la contaminación es evitarla. Pero ¿qué se puede hacer cuando la contaminación ya está presente? En la actualidad, se han propuesto numerosos tratamientos para deshacerse de los contaminantes en el medio ambiente. Sin embargo, los tratamientos son costosos y en ocasiones alteran irreversiblemente las propiedades del medio y también a los seres vivos que en ellos habitan. Por ejemplo, en la remediación convencional del suelo contaminado por hidrocarburos, el procedimiento incluye la excavación, la incineración y la disposición final del suelo contaminado. Esto provoca la pérdida del suelo, un recurso natural invaluable que toma miles de años en formarse. En un terreno de aproximadamente media hectárea, esta técnica puede costar hasta un millón de pesos mexicanos (Delgadillo et al, 2011). En ocasiones, los resultados con estos métodos sofisticados no son satisfactorios, debido a que no es posible eliminar en su totalidad los contaminantes. Además, se emiten gases de efecto invernadero por el funcionamiento de la maquinaria y se altera el paisaje irreversiblemente.

Por esto, se han explorado otras alternativas más económicas y de menor impacto al ambiente. Se ha encontrado que distintos organismos (plantas, hongos, bacterias y algas) poseen la capacidad de retener, confinar y transformar algunos contaminantes del ambiente. Al conjunto de estas técnicas donde se emplean organismos vivos para fines descontaminantes se le llama biorremediación (Campos 2010)

Un tipo especial de biorremediación es aquella que desempeñan las plantas. La fitorremediación se basa en utilizar plantas y distintos microorganismos asociados a las mismas (bacterias y hongos) para descontaminar. En esta técnica, las plantas son utilizadas para remover, transferir, estabilizar, concentrar o

destruir contaminantes dentro de lodos, suelos, y sedimentos. El objetivo primordial de la fitorremediación radica en que los contaminantes sean tomados por la planta y transformados en otras sustancias que no sean nocivas, o bien, atraparlos e inmovilizarlos para mantenerlos fuera del medio ambiente (Agudelo 2006).

Sentando las bases de la fitorremediación

Para comprender los mecanismos de la fitorremediación es necesario conocer los tipos de contaminantes que esta técnica puede remediar. Existen dos grupos de contaminantes que pueden ser tratados bajo el enfoque de la fitorremediación:

1. Los contaminantes químicos orgánicos son productos y residuos que se generan mayormente por el uso de pesticidas y fertilizantes para cultivos, y también se generan en el hogar tras el uso de productos como detergentes, productos de higiene personal y medicamentos. La principal característica de estos contaminantes es que pueden ser degradados por las plantas. En la fitorremediación, estos contaminantes pueden ser incorporados a los tejidos, ya que poseen carbono y otros elementos al igual que los que usan las plantas para crecer normalmente. (Neilson 2011).

2. Los contaminantes químicos inorgánicos son generalmente elementos de naturaleza metálica y han recibido el nombre de metales pesados. Si hemos roto por accidente un termómetro clínico, ya conocemos uno de estos, un metal líquido muy peligroso de manipular y extremadamente tóxico: el mercurio. Otros ejemplos de metales pesados son el plomo, el

hierro, el cadmio, el níquel, el cobre y el zinc, entre otros. Este tipo de contaminantes no pueden ser degradados por los organismos por lo que se acumulan y son tóxicos en altas concentraciones, y pueden provocar varios tipos de cáncer y la muerte. Sin embargo, las plantas usadas en fitorremediación son capaces de acumular y tolerar estos elementos en ciertas concentraciones.

Existen distintos mecanismos de fitorremediación, en donde generalmente, la *puerta de entrada* de los contaminantes es la rizósfera, que es la zona donde se encuentran las raíces de las plantas. Esta es, la zona donde las raíces se encuentran expuestas a los contaminantes y por ende, es la zona donde ocurren algunos de los *mecanismos* que se presentan a continuación (Campos, 2010).

1. Fitodegradación: En esta técnica, la rizósfera es utilizada para desintegrar o destruir contaminantes mediante de la producción de enzimas, que son moléculas que cambian la velocidad de una reacción, y que pueden transformar los contaminantes en sustancias inofensivas. Este es principalmente aplicable para contaminantes orgánicos, puesto que involucra la transformación parcial o completa del contaminante.

2. Fitoextracción: En este procedimiento, las raíces de las plantas funcionan como esponjas y absorben los contaminantes presentes en el medio donde son plantadas y finalmente se trasladan a otras partes de la planta, como las hojas, el tallo y las ramas, las flores o los frutos. Esta técnica es ideal para contaminantes inorgánicos como metales pesados. Las plantas que se utilizan para remediar estos se limitan a tomar el contaminante y encerrarlo en alguna parte de sus tejidos vegetales, ya sea en las hojas, ramas, tallos o bien, en las raíces (Campos, 2010; Ortega-Ortiz, 2004). Posterior-

mente, es posible cortar o podar estos sumideros de contaminantes para finalmente disponerlos de forma segura.

3. Fitoestabilización: Existe el riesgo de que se muevan los contaminantes a otros sitios donde no han sido vertidos o introducidos. En este proceso, el agua de las lluvias puede crear mezclas acuosas que facilitan el transporte de los contaminantes a través del suelo, principalmente. En la fitoestabilización se usan plantas que inmovilicen los contaminantes de manera química, ya sea directamente por las raíces o bien, mediante sustancias que excretan las raíces y que dificultan su solubilidad.

Es importante mencionar que no existe un *tratamiento universal* que pueda solucionar la contaminación, sino que se trata de diferentes mecanismos que se han desarrollado en esta técnica. Su uso depende en gran medida de tres factores: el clima, ya que no todas las plantas toleran la misma situación ambiental; el contaminante, debido a que poseen diversas características químicas y la concentración del contaminante, porque existen concentraciones que son tan altas que no es posible que ningún organismo puede tolerar.

Las rosas son rojas, las violetas son azules, y algunas descontaminan

En este apartado, se mencionan ejemplos de plantas que pueden hacerle frente a la contaminación. Actualmente, se han detectado más de 400 especies de plantas (Lone *et al*, 2008) que pueden ser usadas para este fin, y para algunas de ellas ha sido demostrado experimentalmente, y en aplicación directa, que son muy eficaces. Esto es debido a su tolerancia y capacidad para almacenar grandes cantidades de contaminantes en sus tejidos.

Pero ¿qué requisitos necesita una planta para postularse como fitorremediadora? Una planta para la fitorremediación no debe ser comestible, por motivos de seguridad. Se ha probado (Miranda *et al.* 2008) que existen plantas comestibles que pueden captar contaminantes, como el apio, la lechuga el brocoli y el repollo, que pueden acumular metales como el plomo, cadmio, arsénico, y mercurio. Estas plantas componen parte de nuestra dieta, por lo que es necesario tener precaución con el agua con que se riegan estos cultivos, ya que si el agua posee contaminantes, lo más probable es que éstos logren fijarse en los cultivos y en los tejidos de las plantas, lo que provocaría una intoxicación por alimentos en los consumidores de estos productos.

Otra característica de las plantas para la fitorremediación es que puedan crecer mucho y en poco tiempo. Esto se relaciona con la productividad de la planta, que se define como el crecimiento o la adquisición de material vivo por unidad de tiempo y área. Las plantas empleadas para esta labor generalmente son hierbas terrestres y acuáticas de crecimientos rápidos y de ciclo de vida cortos, pero también existen árboles como los sauces y álamos que pueden ser empleados en esta actividad. Generalmente, la fitorremediación depende en gran medida del ciclo de vida de la planta, por lo que el crecimiento de la planta nos da una idea de su habilidad para acumular y tolerar el contaminante en cuestión.

Algunas de las plantas que han sido utilizadas para la descontaminación de compuestos orgánicos son el girasol (contra el benzotriazol, un insecticida y la dinamita, utilizada en explosivos), el repollo y la mostaza (contra el DDT, un pesticida), entre muchos otros. Por otro lado, las plantas que han sido empleadas para remover metales pesados, en su mayoría son acuáticas. Estas plantas son muy comunes en cuerpos de agua naturales o

en estanques ornamentales construidas por el ser humano. Inclusive muchas de ellas se encuentran disponibles para acuarios y se venden en casi todo el mundo. Algunas de éstas son el lirio (*Nymphaea ampla* L.), el jacinto de agua o camalote (*Eichornia crassipes* Solms.), el centavito o sombrero acuático (*Hydrocotyle verticillata* Thunb.), el papiro egipcio (*Cyperus papyrus* L.) o el papiro estrellado (*Cyperus alterinifolius* L.), la menta acuática (*Mentha aquatica* L.), la ortiga acuática (*Cabomba aquatica* Aubl.), la cola de zorro o cola de gato (*Ceratophyllum demersum* L.), entre muchas otras.

Deshojando margaritas: Ventajas y desventajas

Los beneficios que nos brindan estas tecnologías son diversos; sin embargo, existen puntos en donde es necesario mejorar o cambiar alguno de los procesos existentes. A continuación se enlistan las ventajas y desventajas de la fitorremediación (Delgadillo *et al.* 2011).

Ventajas

- ♣ No utiliza fuentes externas de energía, solo la energía solar para el funcionamiento de las plantas, y el material vegetal obtenido al final del proceso puede ser descontaminado y reciclado.

- ♣ El costo de la fitorremediación, comparado con los métodos convencionales para tratar sitios contaminados, es entre 4 y 1000 veces menor, lo que motiva a la inversión por esta opción (Dhir 2013).

- ♣ Es estéticamente agradable, y su aceptación por las personas es mayor, debido a que en la mayoría de los casos es preferible observar un espacio con plantas a un lugar con tractores, maquinaria, humo y ruido indeseable.

♣ No requiere de personas especializadas en su aplicación, por lo que únicamente requiere de prácticas agronómicas convencionales; es decir, todas aquellas acciones encaminadas para mantener en estado óptimo las plantas; podas, riego, etc. Otro de los beneficios, es que no altera en gran medida el paisaje, lo que reduce los impactos ambientales de otros métodos convencionales, como la excavación e incineración del suelo, o el desvío de cauces naturales de agua.

♣ La cubierta vegetal que forman las plantas ayudan a reducir la erosión de los suelos, ya que las raíces ayudan a fijarlo y a evitar que el viento o el agua se lleve los materiales que presentan en el suelo, por lo que además de remover contaminantes del medio, también contribuyen a mejorar las características del terreno.

Desventajas

♣ No es un proceso rápido, sino que en ocasiones es un proceso lento y tardado en especies de árboles y arbustos y debido a la situación ambiental actual, en muchos sitios contaminados se requiere disminuir urgentemente las concentraciones de algún contaminante debido a los efectos nocivos que experimentan los pobladores o los seres vivos.

♣ Como ya se vio, la *puerta de entrada* de los contaminantes es la rizósfera o zona de las raíces. En muchas plantas, las raíces tienen un crecimiento limitado y no llegan a todos los sitios, de manera que aquella porción de agua o suelo que no esté en contacto con esta zona, no será captada. En muchas ocasiones, se requiere trabajar a profundidades mayores debido a que los contaminantes se depositan más allá del alcance de las raíces.

♣ Es una técnica que solo puede aplicarse cuando la contaminación posee cierta concentración tolerable para la planta. Al

igual que otros seres vivos, las plantas poseen límites ecológicos y fisiológicos que, cuando son superados, experimentan cierto grado de daño y finalmente mueren.

♣ Debido a que las plantas toman ciertos contaminantes del ambiente, y lo fijan en sus tejidos, estos quedan disponibles para ser ingeridos otros seres vivos que dependen del aporte vegetal, por lo que es necesario mucha vigilancia para evitar que otros organismos se alimenten de las plantas que se usan en un tratamiento de fitorremediación.

♣ Algunas de las especies de plantas utilizadas en la fitorremediación, (principalmente las especies acuáticas) pueden provocar invasiones biológicas, debido a su alta capacidad de adaptación al ambiente en donde se introducen y su rápido crecimiento. Sin medidas de control, estas especies pueden fugarse y establecerse en ecosistemas en donde no se encontraban antes y suplantar a aquellas plantas originarias de los ecosistemas, lo que pone en peligro a la biodiversidad existente en esos sitios.

Con los pies en la tierra

Como se ha visto, la fitorremediación es una opción muy prometedora en la manera de cómo puede aliviarse de la contaminación. Sin embargo, aún se está lejos de dominar por completo todos los aspectos de esta tecnología. Actualmente, los estudios de contaminación y fitorremediación han ido en aumento debido a que la contaminación es un problema que debe ser tratado a la brevedad posible. A través del conocimiento de sus ventajas y desventajas se pueden mejorar los procesos para aumentar eficiencia en estos métodos en la descontaminación del ambiente.

Una vez más, las plantas aportan un servicio y beneficio a la sociedad humana. La fitorremediación es un servicio novedoso que

pocos organismos pueden ofrecer, por lo cual es indispensable revalorizar el papel de las plantas en la vida, ya que en ocasiones se pasa por alto la importancia de estos seres vivos. Es primordial tomar conciencia acerca del estilo de vida, debido a que es la causa primordial de la contaminación del medio. El cambio comienza por acciones individuales, que con el paso del tiempo pueden volverse avalanchas de cambio social encaminado a la preservación del planeta. Pequeñas acciones individuales y colectivas derivan en grandes cambios, y la presión social es una herramienta de cambio que pocas veces ha sido utilizada para estos fines.

Referencias

- <http://www.nmfs.noaa.gov/pr/species/turtles/threats.htm>, consultado en 6 de febrero de 2015.
- Abhilash MR, Srikantaswamy S, Kumar DS y Kiran BM 2014. Study Of Heavy Metal Uptake By The Crops Using Urban Wastewater of Mysore City, India. *Journal of Environment Protection*, 5,. 1169-1182.
- Agudelo BLM, Macías KI, Suárez AJ. 2006. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. *Revista Lasallista de Investigación*. 2(1): 57- 60
- Campos del Pozo VM. 2010. Fitorremediación de Contaminantes Persistentes: Una aproximación biotecnológica utilizando Chopo (*Populus spp.*) como sistema modelo. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes.
- Delgadillo- López. AE, González- Ramírez, CA, Prieto- García,F, Villagómez- Ibarra JR, Acevedo- Sandoval O. 2011. Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 14: 597- 612.
- Dhir B. 2013. *Phytoremediation: Role of aquatic plants in environmental clean- up*. Springer Business Media. Nueva Delhi, India. 120 pp.
- Lone MI, Zhen-li SH, Yang XPJ. *Phytoremediation of heavy metals polluted soils and water: Progresses and perspectives*. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2008 March; 9(3): 210–220
- Miranda D, Carranza C, Rojas CA, Jerez CM, Fischer G y Zurita J. Accumulation of heavy metals in soil and plants of four vegetable crops. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 2(2): 180-191.
- Neilson A, Allard AS. 2011. *Chemistry of organic pollutants*. *Environmental and Ecological Chemistry*. Vol. 1. *Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*.
- Ortega-Ortiz, H., Benavides – Mendoza A, Arteaga- Alonso R, Zermeño – González A. 2004. Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados. Centro de Investigación en Química Aplicada. Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria, Saltillo. Departamento de Riego y Drena

Modelos en Ecología: Individuos y poblaciones

Jorge Leirana Alcocer, Jorge Navarro Alberto y Roberto Barrientos Medina

Departamento de Ecología, Cuerpo Académico de Ecología Tropical. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. Km. 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, Yucatán. rcarlos@correo.uady.mx

Resumen

El uso de modelos matemáticos es importante en las ciencias biológicas, en especial en la Ecología. En el presente trabajo se presentan las bases del proceso de modelación en los estudios ecológicos. Se ejemplifica el uso de esta clase de herramientas de análisis con algunos de los modelos gráficos y formales que pueden aplicarse para describir y analizar patrones, desde relaciones alométricas hasta el crecimiento de las poblaciones.

Introducción

En muchas ramas de la ciencia, principalmente en aquellas ligadas al estudio de la naturaleza, se ha hecho necesaria la utilización de modelos. Los modelos son representaciones de la realidad que permiten estudiar fenómenos o sistemas que no son fáciles de observar y/o manipular en la práctica (Gillman 2009). En el caso particular de la ecología, que inició como una ciencia basada principalmente en la observación y en la historia natural (Krebs 2009), el uso de modelos ha propiciado el avance acelerado de la teoría ecológica, al generar nuevas preguntas y plantear la necesidad de recolectar más y mejor información de campo.

Es indudable que los problemas ecológicos se caracterizan por su complejidad, pero generalmente se ha seguido la estrategia de usar modelos para simplificar el fenómeno bajo estudio. Pudiera pensarse que la capacidad de construir modelos es una cualidad de personas especialistas en matemáticas o con mucha experiencia en ecología. Esto no es así: la

creación de “ecuaciones” en ecología no se dan por inspiración divina o satánica, más bien es un proceso gradual de construcción (Schneider 2009). En todo proceso de modelación, primero surge la expresión verbal del modelo y después viene su formulación gráfica. La matemática no juega un papel esencial en estas dos primeras etapas; es hasta una tercera etapa que pudiera perseguirse la expresión formal o simbólica del modelo a través de ecuaciones. Por ejemplo, los trabajos pioneros del biólogo ruso Georgyi Gause para tratar de entender cómo cambiaban las poblaciones de dos especies de levadura, *Saccharomyces* y *Schizosaccharomyces* le llevó a realizar 111 experimentos que derivaron en curvas de crecimiento denso dependiente, un modelo que se puede describir verbal y gráficamente y que, adicionalmente, puede expresarse simbólicamente a través de una ecuación. Los estudios de Gause fueron tan fructíferos que lo llevaron a plantear su lla

mado “*principio de exclusión competitiva*” (Begon et al. 2006).

Estas ideas de gradualidad en el proceso de modelación en ecología subyacen en el presente trabajo. Se incluyen variados modelos ecológicos, unos que tienen expresión matemática explícita (es decir, transitan por la secuencia *modelo verbal* *modelo gráfico* *modelo formal*) y otros, solamente llegan a ser expresados en forma gráfica. No obstante, estos modelos gráficos son también herramientas valiosas para describir propiedades significativas de los fenómenos ecológicos. Más aun, a propósito hemos seleccionado modelos que son mencionados con menor frecuencia en la literatura clásica, pero que vale la pena resaltar porque ayudan a explicar procesos ecológicos referentes a la forma y función de los organismos dentro de su medio.

Relación peso-longitud

Dentro de la investigación pesquera, una de las funciones bivariadas más sencillas de establecer es la que considera la relación entre el peso y la longitud de los organismos acuáticos, principalmente peces. El análisis de esta información básica es importante porque permite, por ejemplo, estimar la biomasa de los organismos a partir de los datos de la talla (Froese 1998). Para ilustrar esta relación, utilizaremos el trabajo de Barrientos et al. (2013), en donde se detalla la información para ocho especies de peces lagunares, entre ellas el bolín *Floridichthys polyommus* (Fig. 1).

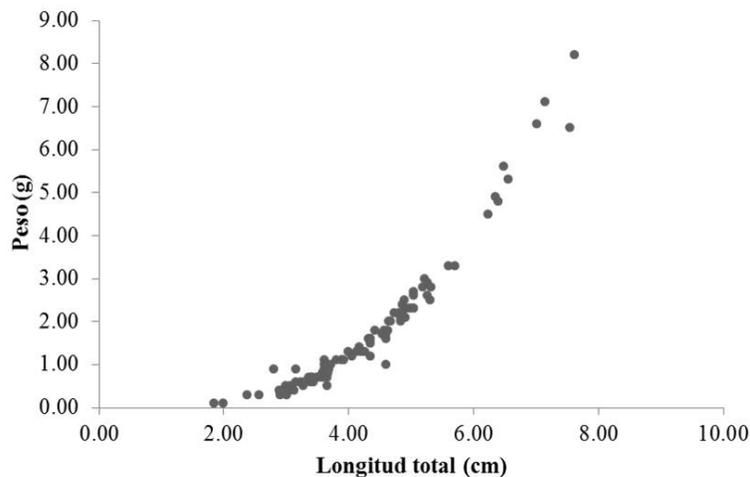


Figura 1. Relación peso-longitud en el bolín, *Floridichthys polyommus*, con ambas variables en escala original.

De acuerdo con el patrón que se observa en la Figura 1, se puede deducir que el comportamiento de la relación entre el peso y la longitud es no lineal. De hecho, la expresión matemática de esta relación tiene una función de tipo potencial (Keys 1928): donde W es el peso (en gramos), L la longitud (en centímetros) y las literales (a y b) representan los parámetros de la curva ajustada. En particular, interesa la estimación del parámetro b . Este último parámetro expresa la tasa de cambio del peso con relación a la longitud y se conoce también como *coeficiente de alometría*.

Debido a la existencia del patrón potencial, de manera rutinaria la relación peso-longitud se analiza re-expresando las variables en escala logarítmica, para ajustar la función a través de las técnicas convencionales de regresión (Cinco 1982): donde usualmente los logaritmos están en base 10. Esta transformación no afecta al coeficiente de alometría, el cual sirve para determinar si el pez posee un crecimiento *alométrico* ($b=3$), *hipoalométrico* ($b < 3$) o *hiperalométrico*, si $b > 3$ (Froese et al. 2011).

En el ejemplo utilizado, la Figura 1 con transformación logarítmica se presenta en la Figura 2.

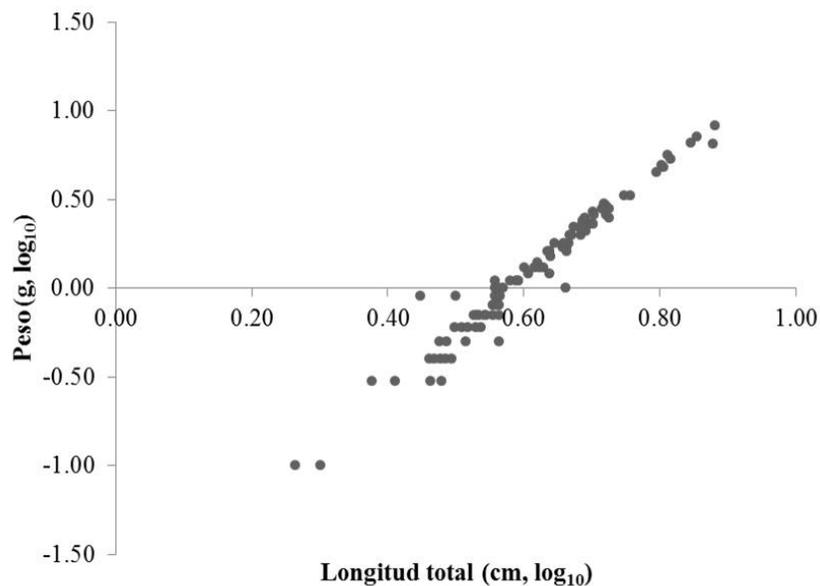


Figura 2. Relación peso-longitud en la especie *Floridichthys polyommus*, con ambas variables expresadas en escala logarítmica.

En el caso de la Fig. 2, ; el correspondiente intervalo del 95% de confianza para b es $3.070 < b < 3.287$. Como b es estadísticamente superior a 3, y con base a la información obtenida en el área de estudio, se considera que *F. polymmus* presenta un crecimiento hiperalométrico. Esto quiere decir que los individuos tienden a pesar más conforme van ganando talla.

Metabolismo y tamaño corporal

Todo ser vivo requiere consumir energía para realizar sus funciones metabólicas, la cual se extrae de la combustión de los alimentos en un proceso bioquímico conocido como *respiración*. La energía que cada organismo consume por unidad de tiempo (por ejemplo las calorías que se consumen en un día) es a lo que se llama *tasa metabólica*. La cantidad de energía que se consume cuando el organismo está en reposo y libre de estrés (sin hambre, miedo, etc.) es el *metabolismo basal*.

Es de esperarse que los organismos de mayor tamaño y biomasa (medida como el peso vivo), tengan requerimientos energéticos superiores a los de los organismos más pequeños. Sin embargo, este aumento no es lineal: forma un patrón semejante al de las curvas logarítmicas (Figura 3). Desde luego esta relación solamente es válida cuando comparamos individuos cuya única diferencia importante es el tamaño. No es válido comparar homeotermos con poiquilotermos o autótrofos. La relación peso-metabolismo se representa por la ecuación potencial (Kleiber 1947):

$q_0 = k M^{0.75}$ en donde q_0 es la tasa metabólica, M es la masa del organismo en cuestión y k es una constante que depende de la biología del organismo en cuestión (p. ej. es diferente en los mamíferos que en los insectos). La curva potencial se convierte en una recta con

pendiente $0.75 = \frac{3}{4}$ cuando ambas variables, q_0 y M , son transformadas a logaritmos (Fig. 3).

El patrón representado en la Figura 3 fue descubierto en los años 30 del siglo pasado, pero todavía no se entiende por completo los mecanismos que lo causan. Una posible explicación es la restricción del transporte interno de nutrientes, oxígeno y desechos, que se hace mucho más complejo a medida que los organismos aumentan de peso (y volumen). Si el metabolismo presentara un aumento lineal dependiente de la biomasa, no se podría abastecer a cada célula con la sangre y el oxígeno que necesita, ni tampoco se podría disponer de sus desechos de manera eficiente. Para una discusión más completa del tema y la historia de quienes lo estudiaron, se recomienda la lectura del apasionante libro de Whitfield (2006).

Como puede inferirse de la semejanza entre los modelos, la relación entre masa-metabolismo de los seres vivos es alométrica, al igual que en el caso de la longitud-peso de los peces discutido con anterioridad.

Patrones de sobrevivencia

En una población no todos los individuos tienen las mismas probabilidades de morir ni de reproducirse, algunos corren mayor riesgo que otros de enfermar, ser depredados o de no encontrar pareja. Existen muchas causas que provocan la variación en los riesgos, una de ellas es la edad o etapa de su ciclo de vida por la que pasa el organismo.

En general, los organismos recién nacidos y los más viejos son más vulnerables a las enfermedades, la falta de alimento, los depredadores, la competencia intraespecífica (p.ej. violencia entre individuos de la misma especie). Los demógrafos y actuarios han

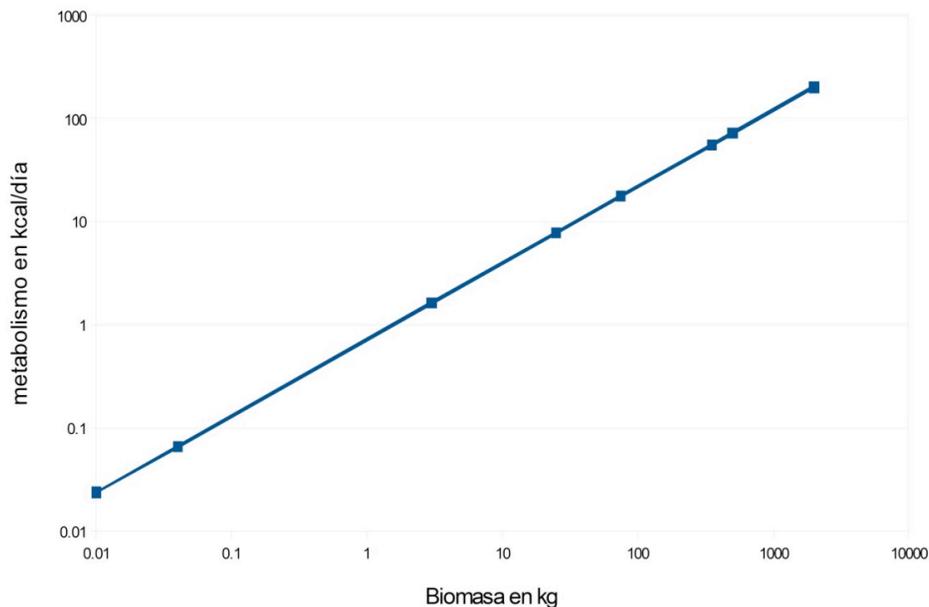


Figura 3. Patrón del metabolismo en relación a la biomasa corporal (ambos ejes en escala logarítmica).

generado numerosas técnicas numéricas para describir qué sucede a cada organismo conforme envejece y una de ellas es la *curva de sobrevivencia*, que representa la historia de *una generación* de la especie a estudiar.

En la Figura 4 se presenta un diagrama con los valores de sobrevivencia del ave *Parus major* en una localidad de Inglaterra durante un año. En los rectángulos se representa el número de individuos en cada etapa del ciclo de vida, las flechas S0, S1 y S2 representan la proporción de individuos de una etapa que logran llegar a la siguiente. La flecha F3 representa la fecundidad, el número de huevos promedio que tiene cada hembra al año. En este caso, ilustrado por la Figura 4, la tabla de vida es estática y se representan las abundancias de individuos de distintas generaciones que coexisten en la misma población en un

tiempo determinado. Los números de individuos que vemos en cada *grupo de edad* (i.e. en cada caja del diagrama) no son producto de las tasas de mortalidad actuales, sino de la historia de cada generación.

Para construir la curva de sobrevivencia, en el eje horizontal se ubica la edad del organismo en relación a su ciclo de vida y en el vertical la proporción o porcentaje de individuos que sobreviven. El único cambio que puede sufrir una generación es la disminución por la muerte de alguno de sus integrantes, por eso las curvas de sobrevivencia siempre son monótonas decrecientes. Se clasifican como tipo I, tipo II y tipo III (Pianka 1999); para su construcción se emplean proporciones en vez de unidades absolutas para facilitar la comparación con biología contrastante.

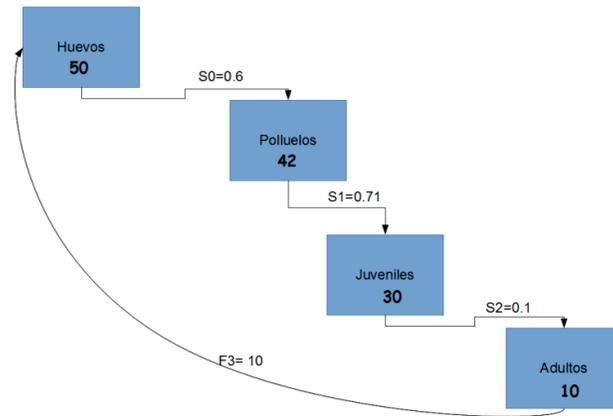


Figura 4. Diagrama del ciclo de vida de *Parus major* en Inglaterra (Modificado de Krebs 2009).

Un ejemplo de esta comparación es el de una generación de moscas que inicia con millones de huevos y

viven tres meses con osos que inician con decenas de cachorros y viven quince años (Fig. 5).

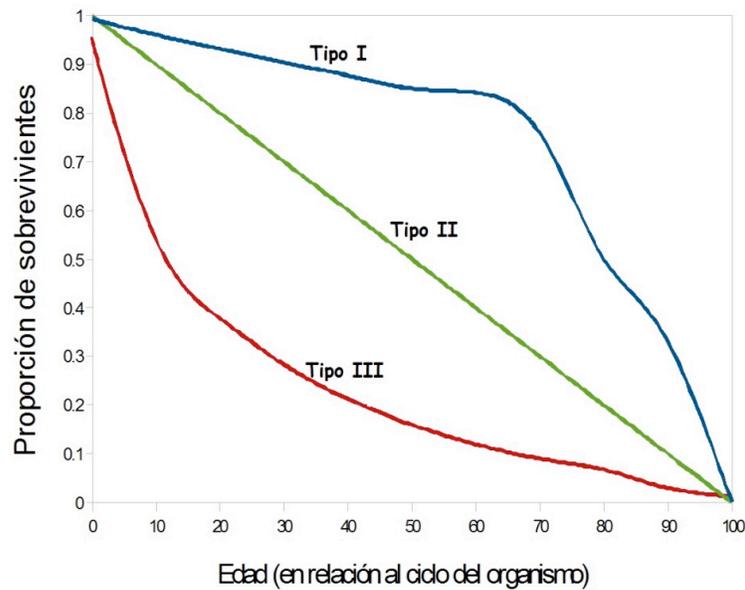


Figura 5. Tipos de curva teórica de supervivencia. La edad se da en porcentaje en donde 100 es la edad máxima que vive un organismo; la proporción en el eje vertical va de 1 (correspondiente al 100 de individuos originales de una generación) a 0 que indica que todos los individuos que iniciaron esa generación murieron.

Una breve explicación de los patrones descritos por las curvas de sobrevivencia puede ser la siguiente. Las curvas tipo I corresponden a organismos grandes, longevos, cuyos descendientes son grandes en relación al tamaño de la madre y que proporcionan cuidados maternos a sus descendientes. Ejemplos son los grandes mamíferos que conviven con sus crías durante meses o años como los osos, los elefantes y los humanos, en donde las tasas de mortalidad más altas se presentan en las edades avanzadas.

La curva tipo III representa el patrón opuesto y es típica de organismos que tienen muchos descendientes por evento reproductivo, cada descendiente es muy pequeño en relación a la biomasa de la madre y que no les proporcionan cuidados parentales. Ejemplos son muchas especies de peces, insectos y plantas, en los que es común que se presenten mortalidades mayores al 90% en las primeras etapas de vida.

Finalmente, la curva tipo II describe organismos que tienen una probabilidad constante de sobrevivir (o morir) sin importar la etapa o edad. En estos casos se incluyen algunas especies de aves, aunque ellas suelen cuidar de sus crías y permanecer con ellas al inicio de su vida.

No hay que perder de vista que estas curvas son una simplificación de la realidad, y por tanto el ajuste matemático de alguna de ellas a datos reales no es tan importante. Su mayor utilidad reside en que nos permiten comprender las diferencias entre ciclos de vida de diferentes organismos. También pueden ser de gran valor práctico en el manejo y conservación de las poblaciones, al usarlas para describir cambios en las curvas entre diferentes generaciones, y de este modo com

probar si alguna acción de manejo ha impactado en la sobrevivencia de los individuos.

Patrones de crecimiento poblacional

Las poblaciones naturales son muy dinámicas y presentan fluctuaciones que son influidas por los cambios ambientales, tales como la variación temporal de las lluvias, la temperatura y las horas de luz al día; así como por procesos aleatorios en la reproducción y mortalidad de los individuos. La respuesta de las poblaciones naturales a estos cambios es diferente según la biología de las especies; los árboles experimentan el paso de las estaciones de manera muy distinta a la de los pastos tal como los ratones y los elefantes no perciben de igual manera las épocas de escasez y abundancia de forraje.

En esta sección se tratan dos modelos o patrones teóricos de crecimiento de las poblaciones, el *malthusiano* y el *sigmoidal*, este último también llamado denso-dependiente. En el modelo de crecimiento malthusiano o disruptivo se alternan períodos de crecimiento geométrico o exponencial con breves períodos de disminuciones drásticas de la población. Es típico de organismos de pequeño tamaño corporal y ciclos de vida muy corto, que pueden tener camadas muy grandes en cada evento reproductivo como insectos, roedores y plantas herbáceas (Fig. 6).

Algunas poblaciones no tienen crecimiento disruptivo, sino que se mantienen más o menos estables durante períodos prolongados de tiempo. En estas poblaciones se puede observar que cuando algunos individuos llegan a un hábitat en el que la especie no existía con anterioridad (colonización), tiene primero un período de crecimiento muy parecido al exponencial, pero luego empieza a crecer más

lentamente, hasta alcanzar una fase estacionaria o de crecimiento cero.

Esto puede deberse a que el ambiente de la población solamente puede soportar un número

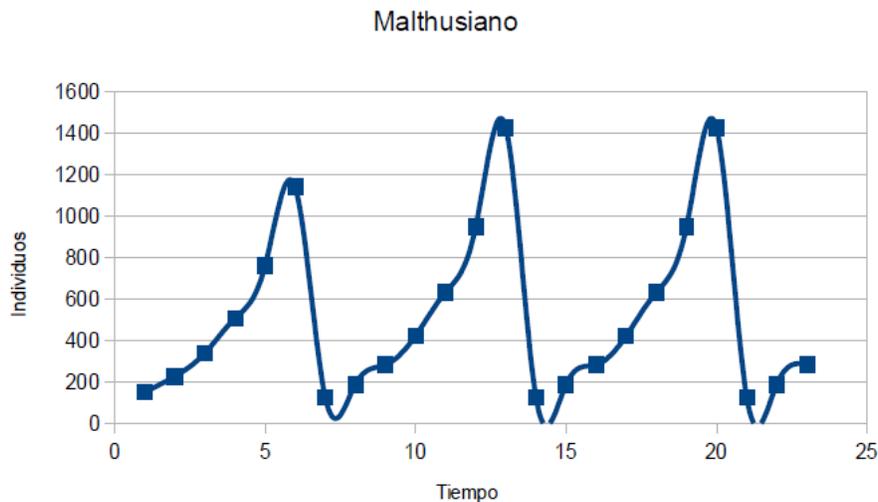


Figura 6.- Ejemplo de una población con un crecimiento malthusiano o disruptivo.

ro fijo y limitado de individuos llamado la *capacidad de carga del ambiente* (K). Conforme la población se acerca a este tamaño, los recursos disponibles serán más escasos y los individuos dejarán de cubrir las prioridades de sus historias de vida (Matthiopoulos 2011). En consecuencia, conforme se acerque la población por debajo de la capacidad de carga, aquélla deberá crecer mucho más lentamente. Si la población sobrepasa la capacidad de carga del ambiente, entonces deberá decrecer hacia ella. En poblaciones reales se han encontrado varias explicaciones para este patrón de crecimiento poblacional; algunas de las que se citan con mayor frecuencia son:

- Se reduce la cantidad de recursos disponibles en el hábitat para cada individuo, por tanto:

- La tasa de natalidad disminuye cuando la población aumenta o,
- La tasa de mortalidad aumenta cuando la población aumenta.
- Una combinación de las dos anteriores.
- Porque aumentan las interacciones negativas (agresividad, canibalismo, etc.) entre individuos.
- La transmisión de patógenos y parásitos es más eficiente en poblaciones muy densas.

En la Figura 7 podemos observar tres fases de la curva: 1) de crecimiento acelerado o exponencial, 2) de desaceleración del crecimiento y 3) fase de crecimiento cero en donde la población permanece estable y tiende a la capacidad de carga K . En el ejemplo $K = 1400$

individuos. La producción de individuos por unidad de tiempo presenta su valor máximo en el punto donde termina la fase 1 y empieza la fase 2 que es cuando la población al-

canza la mitad de su capacidad de carga ($\frac{1}{2}K$). Poblaciones muy grandes (mayores a la capacidad de carga) pueden decrecer para alcanzar también una abundancia estable.

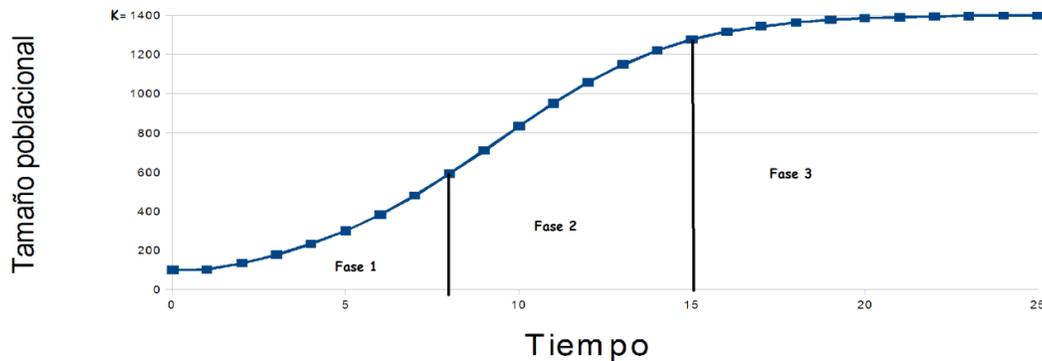


Figura 7.- Ejemplo de una población con crecimiento sigmoide o dependiente de la densidad. $K=1400$ individuos es la capacidad de carga del ambiente

La ecuación matemática formal para el modelo sigmoide es: $dN/dt = rN(1 - (N/K))$, en donde N es el tamaño poblacional en un momento dado, t es el tiempo, r es la tasa instantánea de crecimiento poblacional inicial y K es la capacidad de carga. La traducción al español de esta ecuación es la siguiente: La velocidad de crecimiento o cambio poblacional (dN/dt) depende de la tasa de crecimiento (r), del número de individuos (N) y de la fracción de individuos que faltan por alcanzar la capacidad de carga $1 - (N/K)$. A esta ecuación se le identifica en el mundo matemático como una ecuación diferencial ordinaria. Su solución, $N(t)$, se puede conocer de manera explícita (“integrándola”) dando una condición inicial de la población (el número de indivi-

duos) en el tiempo $t=0$, $N(0)$: $N(t) = K / \{1 + ((K - N(0))/N(0))e^{-rt}\}$

La gráfica de $N(t)$ es una curva llamada “logística”, como la que se muestra en la Figura 7. Por ello, a esta familia de modelos se le llama “de crecimiento logístico”, pero es más adecuado el nombre de sigmoide o mejor aún, *crecimiento denso-dependiente*.

Reflexión final

En este trabajo abordamos algunos de los modelos gráficos que son de utilidad para la descripción de patrones en ecología, tanto a nivel individual como poblacional. No son los únicos, pero su estudio y aplicación debe for

mar parte del bagaje de conocimientos y herramientas que todo estudiante de ciencias biológicas, no sólo quien pretenda dedicarse a la ecología, debe poseer.

Referencias

- Barrientos-Medina RC, Avilés-Torres S y Navarro-Alberto J. 2013. Length–weight relations of eight fish species from a small Caribbean coastal lagoon, Mexico. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 43: 71–74.
- Begon M, Townsend CR y Harper JL. 2006. *Ecology: from individuals to ecosystems*. Fourth Edition. Blackwell. USA. 738 pp.
- Froese R y Pauly D. 1998. *Fishbase 98: Concepts, Design and Data Sources*. ICLARM. Philippines. 293 pp.
- Froese R, Tsikliras AC y Stergiou KI. 2011. Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41: 261-263.
- Gillman M. 2009. *An introduction to mathematical models in ecology and evolution: time and space*. Wiley. USA. 168 pp.
- Keys AB. 1928. The weight-length relationship in fishes. *Proceedings of the National Academy of Science* 14(12): 922–925.
- Kleiber M. 1947. Body size and metabolic rate. *Physiological Reviews* 27: 511-541.
- Krebs C.J. 2009. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Benjamin Cummings. USA. 655 pp.
- Matthiopoulos J. 2011. *How to be a Quantitative Ecologist: The 'A to R' of Green Mathematics and Statistics*. Wiley. London. 467 pp.
- Pianka ER. 1999. *Evolutionary Ecology*. Benjamin Cummings. USA. 512 pp.
- Schneider DC. 2009. *Quantitative Ecology: Measurement, Models, and Scaling*. Se-10 cond Edition. Academic Press. USA. 415 pp.
- Whitfield, J. 2006. *In the beat of a heart: life energy and the unity of nature*. National Academies Press-Joseph Henry Press. USA. 270 pp.

Morfometría espermática del venado temazate café (Cervidae: *Mazama pandora*) en condiciones de cautiverio en Yucatán, México

William Jesús Ríos Martínez¹, María del Carmen Basto Segovia², Conrado Solís Rojas² y José Manuel Mukul Yerves²

¹Área de invenciones y servicios de información tecnológica. Oficina Regional Occidente. Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.²Departamento de reproducción y mejoramiento genético animal en el trópico. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.

william.rios@impi.gob.mx

Resumen

Para determinar los parámetros morfométricos del espermatozoide del semen de venado, fueron evaluadas 15 muestras seminales de cuatro venados temazate café (*Mazama pandora*). Se utilizó semen recién recolectado y se evaluó la morfología espermática. Las alícuotas elaboradas fueron utilizadas para implementar una técnica manual poco convencional para obtener la morfometría espermática del venado. Se empleó el Software *Paint.NET*. v3.5.11 para medir los espermatozoides: longitud cefálica $8.92 \pm 0.66 \mu\text{m}$, ancho cefálico $4.58 \pm 0.49 \mu\text{m}$, área cefálica $32.10 \pm 4.34 \mu\text{m}^2$, perímetro cefálico $21.77 \pm 1.39 \mu\text{m}$, longitud del flagelo $50.8 \pm 1.81 \mu\text{m}$ y longitud total del espermatozoide $59.72 \pm 1.84 \mu\text{m}$. Los espermatozoides de *Mazama pandora* presentaron variaciones tanto cefálicas como flagelares. Estos registros del espermatozoide representan una primicia para *M. pandora*.

Introducción

La península de Yucatán cuenta con una especie de venado endémico llamado comúnmente venado temazate pardo o café (*Mazama pandora*, Fig. 1), regionalmente conocido por los maya-parlantes como “Yuk”. Actualmente se desconocen muchos aspectos de la biología básica de esta especie (Weber *et al.* 2010); sin embargo, este cérvido posee un buen potencial para su explotación dentro la ganadería diversificada.



Figura 1. *Mazama pandora* macho. Fotografía de William Jesús Ríos Martínez.

Este venado se encuentra en riesgo de extinción en estado silvestre debido al cambio de uso de suelo, así como la fuerte presión de caza según estudios realizados por Ek (2011) al Sur del estado de Yucatán, por lo que su reproducción en cautiverio es de vital importancia. Una de las alternativas que se cuenta para la conservación de la biodiversidad es la cría de especies en cautiverio y la aplicación de biotecnologías de la reproducción. Cuando se realizan programas de conservación de fauna silvestre en peligro o amenazadas, es importante conocer todos los aspectos básicos de la especie, especialmente sobre su reproducción en cautiverio.

La morfometría del espermatozoide consiste en obtener información sobre las medidas de la cabeza, parte intermedia y del flagelo. Ward (1998) descubrió la heterogeneidad celular en la cabeza espermática existente tanto entre los eyaculados de mamíferos como entre sus individuos. Esta variabilidad puede ser debida a la presencia de subpoblaciones espermáticas morfológicamente diferentes, en eyaculados o individuos, y que quizás también difieran en su capacidad fecundante. En este sentido Soler *et al.* (2005) resalta la importancia de identificar las pequeñas diferencias no detectables mediante microscopía ordinaria, cuando se trata de especies con una gran homogeneidad espermática (bovino, caprino, cérvidos, logomorfos) y poder explicar mejor la habilidad de fertilización de un espermatozoide. El objetivo de este estudio es determinar las medidas morfométricas de los espermatozoides con morfología normal en el semen del venado *Mazama pandora* en condiciones de cautiverio en Yucatán mediante un método manual poco convencional.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en dos unidades para el manejo y conservación y aprovechamiento de fauna silvestre (UMA): el parque zoológico del Centenario (20°58'09.0''N,

89°38'24.9''W) y el parque zoológico del Bicentenario Animaya (20°59'02.1''N 89°41'21.8''W), ubicadas en el centro poniente de Yucatán, México. El clima de la región es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 25.8° C y humedad relativa aproximada al 80%. Se trabajaron cuatro venados temazate café (*Mazama pandora*), con edad y peso promedio de seis años y 24 kg, respectivamente; dos se ubican en el parque zoológico del bicentenario Animaya y dos en el parque zoológico del centenario. Para la recolección de semen, los animales fueron inmovilizados mediante la aplicación de fármacos en dardos presurizados, aplicando una dosis de 60mg/kg/PV de clorhidrato de tiletamina-zolazepam combinado con una dosis de 50 mg/kg/PV de clorhidrato de Ketamina al 10%. Una vez inmovilizados, cada uno de los animales fue colocado en posición decúbito lateral, se retiraron las heces del recto y se realizó la asepsia correspondiente del prepucio. Se usó un electroeyaculador Pulsator IV (AutoAdjust TM, Denver, Colorado) con una sonda transrectal para pequeños rumiantes, la estimulación fue automática en forma creciente, controlada por el electroeyaculador de acuerdo al programa preestablecido, los estímulos continuaban hasta obtener la muestra de semen o hasta acabar el programa.

La evaluación de los parámetros seminales del espermatozoide se realizó dentro las instalaciones del laboratorio de reproducción del departamento de Reproducción y Mejoramiento Genético Animal en el Trópico del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Para el análisis de los parámetros seminales se utilizó la técnica descrita por Evans y Maxwell (1990) para ovinos y cabras. La elaboración de frotis para evaluar la morfología y posteriormente la morfometría espermática se dispuso una gota de semen puro en 2 gotas de eosina-nigrosina sobre un portaobjetos, y se hizo una mezcla homogénea.

Con el extremo de otro portaobjeto se tomó un poco de esta mezcla y se extendió rápida y suavemente sobre otro portaobjetos; se dejó secar el frotis y se observó bajo el microscopio óptico a 100x con aceite de inmersión. Se evaluaron 100 espermatozoides por eyaculado, observando detalladamente la cabeza, parte intermedia y flagelo, de acuerdo a sus características morfológicas se clasificaron en normales y anormales. Los resultados fueron expresados en porcentajes.

Las medidas morfométricas de los espermatozoides se realizaron en el laboratorio de patología del departamento de Salud Animal del Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se utilizaron 33 fotografías de frotis de eosina-nigrosina seleccionados al azar de cada eyaculado. Estos fueron observados en un microscopio *Motic BA 200* con

cámara integrada, en el objetivo 100x con una gota de aceite de inmersión. Se fotografiaron los espermatozoides utilizando el software *Motic imágenes plus 2.0* (Fig. 2A). Posteriormente se elaboró una regla digital con el Software *Paint.NET*. v3.5.11 obtenida de una imagen con una escala conocida, en este caso fue de la regla del micrómetro de platina. Se colocó la regla digital sobre las fotografías de los espermatozoides y se tomaron las medidas de largo y ancho de la cabeza, el largo de flagelo y la longitud total respectivamente (Fig. 2B), cuando algún espermatozoide no presentaba la cola recta, esta se segmentaba en varias líneas rectas para poder medirlo (Fig. 2C). Con las medidas obtenidas de la cabeza espermática se procedió a calcular el área ($\pi [r*s]$) y perímetro ($\pi [3(r+s)-\sqrt{(3r+s)(r+3s)}]$), considerando la cabeza de un espermatozoide con forma de una elipse.

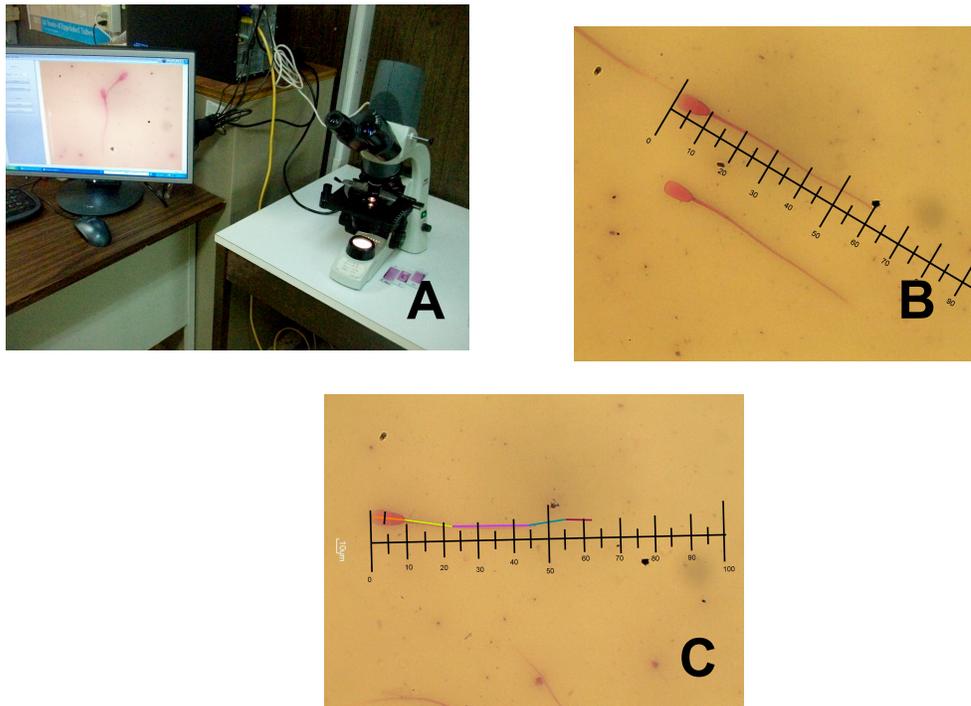


Figura 1. A) Equipo utilizado para tomar las fotos espermáticas de *M. pandora*. B) Medición de la longitud total del espermatozoide de *M. pandora* con la regla digital elaborada. C) Medición de la longitud total en segmentos del espermatozoide de *M. pandora*. Fotografías: William Jesús Ríos Martínez.

Se utilizó estadística descriptiva para obtener los valores promedio (\bar{X}) y desviación estándar (DE) de la morfología y morfometría espermática.

Resultados

De los 1600 espermatozoides contados, en

la Tabla 1 se presentan los valores mínimos y máximos de los parámetros seminales estudiados en el venado temazate café. Con relación a la morfología espermática, se obtuvo un promedio de 9.56 ± 5.79 % de morfología anormal (Fig.2 A y B).

Tabla 1. Valores mínimos y máximos de los parámetros seminales en *Mazama pandora*.

Parámetros seminales	Valores mínimos y máximos
Volumen eyaculado	0.2 a 1.5 ml
pH	6 a 7
Concentración espermática	120 a 1510 x 10 ⁶ esp/ml
Total de espermatozoides por eyaculado	69 a 1583 x 10 ⁶ esp/ml
Motilidad masal	1 a 5
Motilidad individual	10 a 80 %
Morfología normal (%)	81 a 92 %
Acrosoma intacto (%)	92 a 100 %

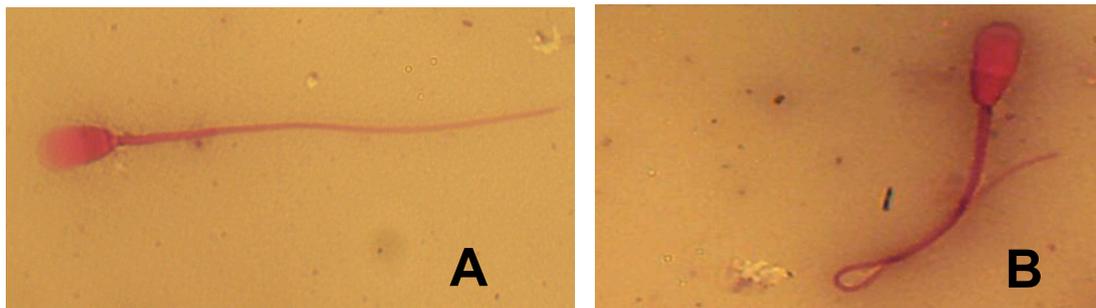


Figura 2. A) Espermatozoide normal de *M. pandora*. B) Espermatozoide con cola anormal. Fotografías de William Jesús Ríos Martínez

Para la morfometría espermática se seleccionaron y analizaron 50 espermatozoides morfológicamente normales. Las medidas obtenidas para la longitud cefálica oscilaron 7 a 10 μm , para el ancho cefálico entre 4 y 5 μm , longitud total del espermatozoide entre

54 a 63 μm , longitud del flagelo entre 45 a 55 μm , el área cefálica varió de 21.99 a 39.76 μm^2 y perímetro cefálico entre 17.60 a 24.22 μm . En la tabla 2 se presenta el promedio y desviación estándar de las medidas obtenidas.

Tabla 2. Promedio y desviación estándar de las medidas morfométricas en espermatozoides con morfología normal de venado temazate café (*M. pandora*) en cautiverio.

Parámetro morfométrico	$\bar{x} \pm \text{DE}$
Longitud cefálica (μm)	8.92 ± 0.66
Ancho cefálico (μm)	4.58 ± 0.49
Área cefálica (μm^2)	32.10 ± 4.34
Perímetro cefálico (μm)	21.77 ± 1.39
Longitud del flagelo (μm)	50.8 ± 1.81
Longitud total del espermatozoide (μm)	59.72 ± 1.84

Con relación a la cabra, la longitud cefálica es similar al del venado temazate pero diferente en el ancho cefálico, área cefálica y perímetro cefálico (Tabla 3).

Discusión

En este estudio se detectaron anomalías en la morfología de la cabeza del espermatozoide del venado temazate café (*M. pandora*)

de Yucatán. Existen anomalías como la macrocefalia, microcefalia, policefalia o las formas amorfas que son indicadores de un posible problema en la formación del espermatozoide. En este estudio en Yucatán, el promedio del porcentaje de anomalías espermáticas ($9.56 \pm 5.79\%$) en cautiverio, se considera dentro de los límites aceptables, ya que las anomalías no rebasaron el 20% de lo permitido en especies domésticas (Aké et al. 2013).

Tabla 3. Comparación de las medidas morfométricas espermáticas del venado temazate (*Mazama pandora*), ciervo rojo (*Cervus elaphus*), pecarí (*Pecari tajacu*) y cabra (*Capra aegagrus*). $X \pm DE$

Parámetro morfométrico	Ríos et al. (2014) Temazate café (<i>Mazama pandora</i>)	Soler et al. (2005) Ciervo rojo (<i>Cervus elaphus</i>)	Ros (2012) Ciervo rojo (<i>Cervus elaphus</i>)	Hidalgo et al. (2002) Cabra (<i>Capra aegagrus</i>)	Sousa et al. (2013) Pecarí (<i>Pecari tajacu</i>)
Longitud cefálica (μm)	8.92 ± 0.66	8.20	8.72 ± 0.36	8.056	6.34 ± 0.01
Ancho cefálico (μm)	4.58 ± 0.49	4.70	5.14 ± 0.21	3.66	4.20 ± 0.01
Área cefálica (μm^2)	32.10 ± 4.34	32.57	35.21 ± 2.08	24.62	--
Perímetro cefálico (μm)	21.77 ± 1.39	22.83	22.14 ± 0.70	20.51	--
Longitud del flagelo (μm)	50.8 ± 1.81	--	56.32 ± 1.19	--	32.25 ± 0.07
Longitud total del espermatozoide (μm)	59.72 ± 1.84	--	65.03 ± 1.33	--	50.68 ± 0.12

Los resultados obtenidos en este estudio para los parámetros morfométricos de longitud cefálica, ancho cefálico, área cefálica y perímetro cefálico fueron similares a los obtenidos en ciervo rojo (*Cervus elaphus hispanicus*) por Soler et al. (2005) por medio del Integrated Sperm Analysis System (ISAS), pero en el estudio de Ros (2012) el ancho cefálico, la longitud del flagelo y la longitud total del espermatozoide en ciervo rojo (*Cervus elaphus hispanicus*) analizado por medio del programa Automated Sperm Morphometry Analysis (ASMA) fue mayor a lo reportado en este presente estudio. Sin embargo al compararlo con otras especies del orden artiodáctilo como el pecarí (*Pecari tajacu*) en Sousa et al. (2013) y cabra (*Capra aegagrus*) en Hi-

dalgo et al. (2002), se tiene que en pecarí la longitud cefálica y ancho cefálico es similar al venado temazate pero el área cefálica y el perímetro cefálico es diferente. Con relación a la cabra, la longitud cefálica es similar al del venado temazate pero diferente en el ancho cefálico, área cefálica y perímetro cefálico.

Es importante recordar que las células espermáticas son muy diversas a través del reino animal. Numerosos son los estudios sobre morfometría y morfología espermática en distintas especies, en los que se detallan la implicación de ésta en ciertos procesos biológicos tales como fertilidad (Love, 2011), espermatogénesis (Ramm y Stockley, 2009), competición espermática (Tourmente et al. 2011) y criopreservación (Martí et al. 2011).

Por todo ello la clasificación morfométrica y morfológica espermática se ha convertido en parte integral de la rutina del análisis seminal.

Conclusión

En el estudio se aplicó una técnica poco convencional de análisis morfométrico espermático. Es una técnica manual que arrojó datos similares a los realizados a través de los sistemas computarizados (ASMA e ISAS); sin embargo se pretende realizar más comparaciones aplicando esta metodología y dar mayor seguridad en su utilización. Con el apoyo de la metodología descrita en este trabajo se pudo observar que a nivel morfométrico, los espermatozoides de *Mazama pandora* presentan variaciones tanto en la cabeza como en el flagelo.

La finalidad del estudio fue la posibilidad de usar una técnica reproducible por instituciones que pretenden estudiar la morfometría espermática de una especie en particular y no cuenten con las licencias de dichos sistemas computarizados, además, de ser considerado como el primer reporte sobre el estudio morfométrico del esperma en esta especie.

Referencias

- Aké L, Centurión F, Alfaro M, Aké J y Aké N. 2013. Evaluación del semen en: sincronización del estro e inseminación artificial en ovinos. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. 75 pp.
- Ek MP. 2011. Caracterización del aprovechamiento de venados cola blanca (*O. virginianus*) y temazate (*M. temama*) en tres comunidades de Tzucacab, Yucatán, México. Tesis de Licenciatura. FMVZ- UADY. 2-4 pp.
- Evans G y Maxwell M. 1990. Inseminación artificial de cabras y ovejas. Ed. Acibia. España. 123-142 pp.
- Hidalgo M, Rodríguez I, Pérez C, Dorado J, Sanz J y Sánchez M. 2002. Parámetros morfométricos de la cabeza del espermatozoide de macho cabrío. Sociedad Española de ovinotecnia y caprinotecnia. 1055 pp.
- Love CC. 2011. Relationship between sperm motility, morphology and the fertility of stallions. *Theriogenology* (76): 547-57.
- Marti, JL, Aparicio IM, Garcia-Herreros M. 2011. Head morphometric changes in cryopreserved ram spermatozoa are related to sexual maturity. *Theriogenology* (75): 473-81.
- Ramm, SA y Stockley P. 2010. Sperm competition and sperm length influence the rate of mammalian spermatogenesis. *Biol. Lett.* (6): 219-21.
- Ros J. 2012. Morfometría espermática en ciervo ibérico (*Cervus elaphus hispanicus*): implicaciones biológicas y crío-biológicas. Tesis doctoral. Instituto de Investigación en recursos cinegéticos. Universidad de Castilla-la Mancha. España. 25 pp.
- Soler C, Gadea B, Soler A, Fernández M, Estes MC, Núñez J, Moreira P, Núñez M, Gutiérrez R, Sancho M y Garde J. 2005. Comparison of three different staining methods for the assessment of epididymal red deer sperm morphometry by computerized analysis with ISAS. *Theriogenology* (64): 1236-1243.
- Sousa P, Santos E, Souza Ana, Lima G, Barros F, Oliveira M y Silva A. 2013. Sperm morphological and morphometric evaluation in captive collared peccaries (*Pecari tajacu*). *Pesq. Vet. Bras.* 33 (7): 924-930.
- Tourmente M, Gomendio M, Rolando E. 2011. Sperm competition and evolution of sperm design in mammals. *BMC. Evol. Biol* (11): 1-12.
- Ward P. 1998. Intraspecific variation in sperm size characters. *Heredity* (80):655-659.
- Weber W, Medellín R y Gimenez M. 2010. Chapter 24. "Mazama pandora", en Barbanti J y Gonzalez S (Comps.), Neotropical cervidology. Biology and Medicine of latin American deer. Jaboticabal: Funep/IUCN. 169 pp.

Papilomatosis bovina en el trópico mexicano: presentación clínica y control

Roger Iván Rodríguez Vivas¹, Leonardo Guillermo Cordero¹, Edwin José Gutiérrez Ruiz¹, María José Castro Cárdenas¹, Maribel Ojeda Chi Melina, René Tzab Navarro², José María Castro Marín²

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Km 15.5 Carretera. Mérida-Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México.²Centro de Desarrollo Tecnológico “Tantakin”, FIRA, Km. 4.5 carretera Tzucacab-Escondido, Tzucacab, Yucatán, México. rvivas@correo.uady.mx

Resumen

Se estimó la prevalencia de Papilomatosis bovina (PB) en un hato bovino de Yucatán, México y se evaluó un programa de control mediante el uso de una auto-vacuna con estimulación del sistema inmune de los animales. Se encontró una prevalencia del 20% de PB (21/105). El examen clínico indicó que 47.6% de los animales presentó papilomas planos, 38.1% papilomas pedunculados y 14.3% ambos tipos de papilomas. En los 21 animales con PB, la cobertura de los papilomas fue en promedio 9.9% del cuerpo de los animales (rango de 3 al 35%). Cinco animales presentaron lesiones papilomatosas en más 20% del cuerpo. Se aplicó en una ocasión una auto-vacuna a 19 bovinos con lesiones papilomatosas más la aplicación de ivermectina al 1% (0.2mg/kg de peso vivo) vía subcutánea durante cinco ocasiones con un intervalo de 15 días entre aplicaciones. A los 90 días pos-tratamiento (autovacuna) se encontró una eficacia de 89.5% (17/19). La reducción en porciento de papilomas en el cuerpo de los animales fue 93.9%. Se concluye que la prevalencia de PB en un hato bovino de Yucatán, México es alta y el uso de una auto-vacuna e ivermectina como inmunoestimulante, constituye un control eficaz de esta patología de origen viral.

Introducción

La Papilomatosis bovina (PB) es una enfermedad infectocontagiosa viral, crónica, de carácter tumoral benigno y de naturaleza fibroepitelial, caracterizada por la formación de tumores (papilomas o verrugas) piel y en las mucosas. Es causada por un virus ADN de doble cadena circular y simetría helicoidal (42 capsómeros, 50-60 nanómetro en diámetro) de la familia Papilomaviridae que se replica en el núcleo de las células epidérmicas (Catroxo *et al.* 2013). La PB presenta dificultades para su control debido a los diferentes tipos de virus que afectan a los bovinos, los cuales se han

tipificado en seis variantes: Tipo 1 y 2 que afecta cabeza, cuello, pene y mucosa vaginal; Tipo 3 variante que afecta la piel; Tipo 4 que afecta el tracto alimenticio y se ha asociado al consumo de helecho; Tipo 5 en forma de grano de arroz en los pezones y el Tipo 6 formas aplanadas en los pezones. Por otra parte los animales afectados presentan dificultad en la comercialización debido al aspecto desagradable y el deterioro de las pieles para ser utilizadas en la industria de la peletería (Jelínek y Tachezy 2005). Los papilomas crecen inicialmente lentamente en forma de nódulos; luego lo hacen rápidamente alcanzando dife-

rentes tamaños, y se van cornificando, adquiriendo diferentes formas como de coliflor, granos de arroz o pedunculados. Los nódulos generalmente se ulceran siendo invadidos por infecciones secundarias afectando la producción de leche y carne (Valencia *et al.* 2013).

Los papilomas son comunes en bovinos jóvenes, pero generalmente producen poco daño y pueden desaparecer espontáneamente. Sin embargo, los animales inmunocoprometidos pueden no ser capaces de eliminar la infección, se vuelve persistente y las lesiones se extienden en todo casi todo el cuerpo (Jelínek y Tachezy 2005, Vázquez-Díaz *et al.* 2012). La PB presenta dificultades en el control. Son múltiples los tratamientos que se han sugerido, pero la efectividad reportada de estos ha sido variable. La efectividad de tratamientos alternativos propuestos no ha sido valorada experimentalmente. Entre los tratamientos reconocidos para el control de la PB se encuentran: intervención quirúrgica, las vacunas autógenas preparadas con tejidos de verrugas del animal infectado, vacuna contra el virus de la enfermedad de Newcastle (Avki *et al.* 2004), diaceturato de diazoaminodibenzamida, auto-hemoterapia, inyección de preparados que contienen bismuto y antimonio, tratamientos homeopáticos con Thuja (Peña *et al.* 2005), ácido salicílico y látex de higuera (Hemmatzadeh *et al.* 2003), entre otros. Asimismo, los fármacos estimulantes del sistema inmune tales el levamisol y la ivermectina han sido utilizados exitosamente en el tratamiento de la PB (Börkú *et al.* 2007).

Aunque varios casos de PB han sido reportados en México en los últimos años, información sobre el diagnóstico y protocolos de tratamientos exitosos han sido reportados escasamente. El objetivo del presente estudio fue estimar la prevalencia de PB en un hato bovino de Yucatán, México, así como evaluar un programa de control mediante el uso de una auto-vacuna con estimulación del sistema inmune de los animales.

Materiales y métodos

Área de estudio. El presente estudio se realizó de septiembre de 2014 a febrero de 2015, en un rancho bovino localizado en el trópico mexicano y en Yucatán, México (19° 30' y 21° 35' N; 90° 24' O). El clima es tropical sub-húmedo con lluvias en verano. La temperatura máxima varía de 35°C a 40°C (media 26.6°C). La humedad relativa varía de 65 a 100 % (media de 80 %) y la precipitación pluvial anual varía de 415 mm a 1290 mm dependiendo del área. Existen dos diferentes estaciones: lluvia (de junio a octubre) y seca (de noviembre a mayo) (INEGI 2002). Yucatán tiene 4629 ranchos con 624,488 cabezas de ganado. El sistema de producción predominante es el semi-intensivo (Ganado de carne), basado principalmente en sistemas de pastoreo en pastizales mejorados, ejemplo: zacate Guinea (*Panicum maximum*) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), con suplementación alimenticia durante la época de seca.

Antecedentes del rancho y los animales. El rancho bovino tiene 227 ha divididas en 16 potreros. Cada potrero se encuentra dividido con cercas de alambres de púas de cuatro hilos. El rancho cuenta con un área de ordeño y cuenta además con instalaciones para el manejo tales como la vacunación, identificación, desparasitación. Los bovinos son explotados bajo un sistema semiintensivo con pastoreo nocturno en zacate Guinea (*Panicum maximum*), Brizantha (*Brachiaria brizantha*), Tanzania (*Megathyrsus maximus*), king grass (*Pennisetum purpureum*) and zacate estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*). Los animales reciben suplemento alimenticio comercial durante la época de lluvia. El rancho está rodeado de vegetación secundaria de una selva baja caducifolia en diferentes grados de crecimiento (Flores y Espejel 1994).

Antecedentes de la papilomatosis bovina.

Las primeras manifestaciones clínicas de la PB iniciaron en el mes de enero de 2014 con la aparición de tres casos clínicos de Papilomatosis en tres bovinos. Las primeras manifestaciones aparecieron con pequeños nódulos que con el paso del tiempo crecieron de tamaño y se fueron cornificando, adquiriendo diferentes formas como de coliflor, granos de arroz o pedunculados. En algunos casos los nódulos se ulceraron y fueron invadidas por infecciones secundarias. Después tres meses de estrés alimenticio por la época de sequía, los casos PB se diseminaron en el hato hasta iniciar un programa de tratamiento para resolver los casos.

Evaluación y descripción clínica de los animales afectados. Todos los bovinos del rancho (105) fueron inspeccionados clínicamente de forma individual para determinar el número de animales afectados y el porcentaje de invasión por papilomas en el cuerpo de los animales. Se registró los tipos de papilomas (planos, pedunculados, mixtos) al día 0 del experimento y se tomó una muestra para histopatología con el fin de confirmar el diagnóstico clínico.

Toma y procesamiento de muestras para estudios histopatológicos. Para la toma de muestra de las lesiones papilomatosas se extrajeron de un bovino con lesiones. En la zona del papiloma se procedió a la asepsia con solución de yodo (25%). El papiloma fue disecionado con una pinza y la remoción con una tijera. El sangrado fue controlado por presión física con pinzas tipo mayo y posteriormente se agregaron 5 g de diacetato de aluminio para favorecer la cicatrización. Se recolectaron aproximadamente 3 cm³ del papiloma, los cuales se depositaron en un frasco de plástico de boca ancha con formalina amortiguada al 10% y buferada a un pH 7.2, manteniendo la relación muestra fijador de 1:10; se etiquetó el frasco y se guardó por 24

h para su fijación. La muestra fue procesada mediante la técnica de inclusión en parafina y tinción con Hematoxilina-Eosina. Para ello, la muestra se deshidrató con diferentes soluciones consecutivas de alcohol etílico. Después se clarificaron con xilol y se impregnaron en parafina hasta enfriar. Una vez solidificada la parafina y formado el cubito se hicieron cortes seriados de 5µm de espesor, se tiñeron con Hematoxilina-Eosina y se montaron con resina sintética. Finalmente se procedió a la revisión de la muestra con ayuda de un microscopio óptico (Geneser 2003).

Elaboración de la autovacuna. Para la elaboración de la autovacuna se seleccionaron al azar 10 bovinos con diferentes niveles de invasión de papilomas. A cada animal se le extirpó una verruga con pinzas y bisturí estériles. Los papilomas fueron depositados en frascos estériles y transportados en condiciones de refrigeración hasta su llegada al laboratorio de virología de la FMVZ-UADY. Veinte gramos de papilomas fueron macerados con un mortero y pistilo con la adición de 100 ml de formalina al 0.2%. El macerado se dejó reposar por 24 h a 4 °C. Posteriormente fue centrifugado durante 10 minutos a 1,000 rpm. El sobrenadante fue retirado y usado como autovacuna (1 ml por dosis vía subcutánea/animal).

Esquema de vacunación y estimulación del sistema inmune de los animales. Diecinueve animales positivos clínicamente a papilomas recibieron 1 ml de la autovacuna aplicada vía subcutánea en el cuello por una sola aplicación. Asimismo cada bovino recibió 800,000 U.I. de penicilina + 250mg de estreptomycinina vía intramuscular. Para estimular el sistema inmune, los animales positivos a papilomas recibieron por vía subcutánea 0.2mg/kg de p.v. de ivermectina al 1% durante cinco ocasiones con un intervalo de 15 días entre aplicaciones de acuerdo a la metodología descrita por Börkü *et al.* (2007). Dos animales

con papilomas no recibieron tratamiento alguno y fungieron como grupo control. A los 90 días post-aplicación de la autovacuna todos los bovinos del rancho fueron nuevamente inspeccionados clínicamente de forma individual para determinar el número de animales afectados y el porcentaje de invasión por papilomas en el cuerpo de los animales.

Evaluación de la eficacia del tratamiento.

Se evaluó clínicamente a los bovinos los días 30, 45 y 90 post-tratamiento para conocer posibles efectos secundarios de la auto-vacuna. Al día 90 post-tratamiento se registró el número de animales con papilomas y fue calculado el porcentaje de cobertura en su cuerpo. Se tomaron fotografías de los animales para documentar el progreso de los papilomas. La respuesta al tratamiento fue considerada como excelente si ocurrió una regresión del 85% o más del número de papilomas;

buena, con regresión entre 75 a 84%; regular, con regresión entre 65 a 74%; mala, con regresión inferior a 65%. El tratamiento fue considerado eficaz cuando la respuesta de los bovinos fue entre buena y excelente, e ineficaz si la respuesta fue de regular a mala (Santín y Brito 2004).

Resultados

De los 105 animales, 21 animales resultaron positivos a papilomas, representando una prevalencia de 20%. El examen clínico indicó que 47.6% de los animales presentaba papilomas planos, 38.1% papilomas pedunculados (Figura 1) y 14.3% ambos tipos de papilomas. De los 21 animales con papilomas, la cobertura de los papilomas fue de 9.9% del cuerpo de los animales (rango de 3 al 35%) (Figura 2). Cinco animales presentaron lesiones papilomatosas en más del 20% del cuerpo.



Figura 1. Papilomas pedunculados similares a la forma de “coliflor” en dos bovinos de un hato del trópico mexicano.



Figura 2. Bovino de un hato del trópico mexicano con papilomas en un 25% de su cuerpo.

En la revisión histológica del papiloma se apreció la proliferación de células del estrato basal, espinoso y granular con núcleos ovals hipercromáticos y nucléolos prominentes, con la presencia de células con degeneración balanoide hinchadas, con el citoplasma claro, el núcleo desplazado a la periferia y la presencia de un halo claro perinuclear, dichas células se encontraban en cantidad importante con un patrón pseudopapilar exofítico (Figura 3). En la dermis se apreció fibroplasia severa difusa.

Noventa días después de la aplicación de la autovacuna más la estimulación del sistema inmune con ivermectina, se observó que 17 animales no presentaban papilomas, lo que indica una eficacia del 89.5% (17/19). La reducción en porcentaje de papilomas en el cuerpo de los animales fue de 93.9% (0.6% vs. 9.9%) (Figura 4). Los dos bovinos del grupo control continuaron con papilomas a los 90 días de la inspección, sin reducción en el porcentaje de papilomas en sus cuerpos. No se observó signos clínicos colaterales por efecto

de la inoculación de la autovacuna durante el tiempo que duró el estudio. La expresión de la infección con el virus de la PB requiere la presencia del agente en el ambiente, así como la existencia de lesiones superficiales de piel o mucosas (Dirkson *et al.* 2005). El modo de propagación es por contacto directo con animales afectados y la penetración del agente viral en la piel a través de las abrasiones cutáneas. El virus puede también mantenerse vivo en las cercas de los corrales y ocasionar la infección cuando los animales se frotan contra las cercas (Radostits *et al.* 2002). Los bovinos afectados en forma subclínica y portadores del virus, así como los portadores inanimados y animados, juegan un papel decisivo (Dirkson *et al.* 2005). Asimismo, el desbalance nutricional, hormonal y depresión del sistema inmune tienen un rol importante en la duración de la enfermedad. Se ha relacionado el estrés como posible desencadenante de la enfermedad, causado por instalaciones inadecuadas o desnutrición.

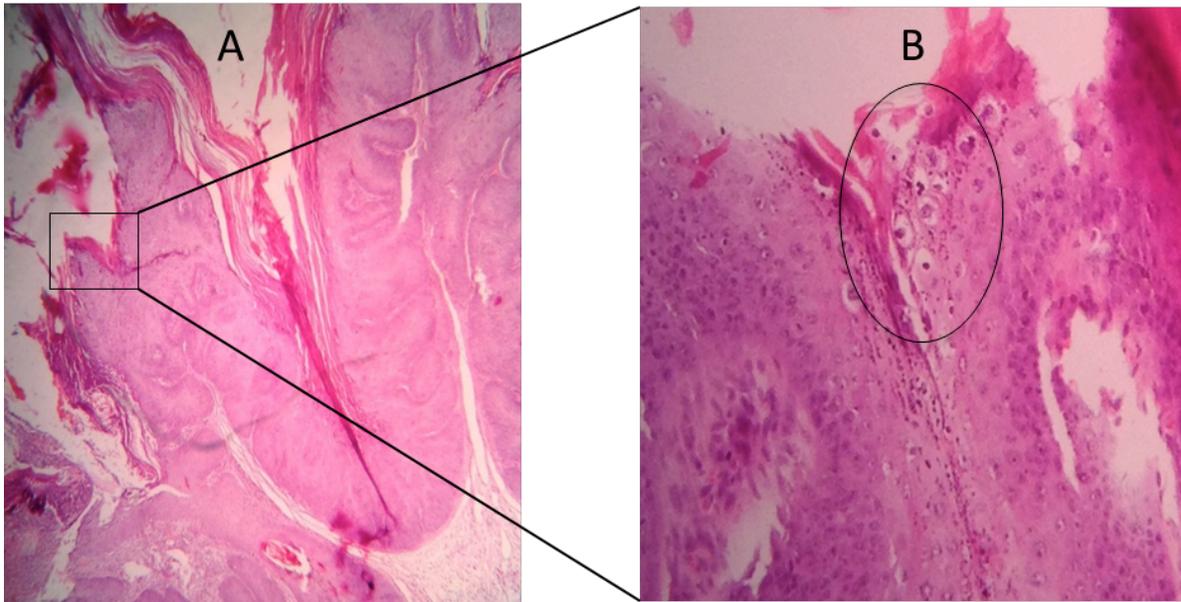


Figura 3. Proliferación de células del estrato basal, espinoso y granular en un patrón pseudopapilar exofítico (A). Células con degeneración balanoide hinchadas, con el citoplasma claro, el núcleo desplazado a la periferia y la presencia de un halo claro perinuclear (señaladas con un óvalo) (B).



Figura 4. Bovino (identificación 0491) con papilomas antes (A) y 90 días después (B) de la aplicación de una autovacuna más la estimulación del sistema inmune a través del uso de ivermectina a razón de 0.2 mg/kg de peso vivo.

Discusión

Los animales con lesiones extensas pueden sufrir alteraciones en el estado general, pudiendo producirse además la infección bacteriana secundaria de las verrugas, así como invasiones producidas por insectos que pueden producir miasis, que complican el cuadro. Los papilomas en los pezones y las ubres de las vacas pueden dificultar el ordeño, pero además la infección puede extenderse a lo largo del perineo y la parte inferior del cuerpo y si ocurre una distorsión de los conductos de la leche y una mastitis, los terneros pueden ser incapaces de mamar de forma correcta. Cuando los fibropapilomas se localizan en las pezuñas en el espacio interdigital, cojinetes y talones, son dolorosos y pueden provocar desde cojeras hasta postración (Borzacchiello y Roperto 2008). En el presente estudio 20% (21/105) de los bovinos del hato presentaban papilomas y de estos cinco animales tenían lesiones en más de 20% del cuerpo, ocasionando problemas de cojeras, lesiones de las ubres que provocaban dificultad en el amantamiento de sus becerros.

Los resultados del estudio histopatológico del papiloma indican que el crecimiento tumoral observado es compatible con una infección por Papilomavirus. La presencia de células del estrato basal, espinoso y granular con las características descritas y la presencia de fibroplasia severa difusa indican que el tumor fue de origen viral compatible con Papilomavirus (Araldi *et al.* 2014). En el presente estudio la aplicación de la autovacuna y la estimulación del sistema inmune con aplicaciones de ivermectina al 1%, presentó una res-

puesta excelente (Santin y Brito 2004) ya que el 89.5% de los animales con papilomas se recuperaron completamente de las lesiones, es de considerar que solamente se aplicó una vez la autovacuna y que la aplicación de un refuerzo a los treinta días probablemente produzca una mayor eficacia debido a la mejor estimulación de la respuesta inmune. Asimismo, se redujo el 93.9% de papilomas en el cuerpo de los animales.

Es conocido que el sistema inmune juega un papel importante en la modulación de la severidad de los papilomas. Se sugiere que la regresión de las lesiones están probablemente afectadas por el sistema inmune celular, más que el sistema inmune humoral (Nicholls y Stanley 2000). La ivermectina estimula tanto el sistema inmune celular como humoral (Blakley y Rousseaux 1991). La excelente eficacia obtenida, indica que los animales tratados desarrollaron eficientemente un sistema de defensa capaz de reducir los papilomas y restablecer su condición de salud.

Conclusión

Se concluye que la prevalencia de PB en un hato bovino de Yucatán, México es alta y el uso de una auto-vacuna preparada a partir de la lesión papilomatosa, con previa estimulación del sistema inmune mediante el uso de ivermectina al 1%, constituye un control eficaz de esta enfermedad viral.

Agradecimientos

El estudio forma parte del proyecto con registro FMVZ-2012-0006.

Referencias

Araldi RP, Carvalho RF, Melo TC, Diniz NSP, Sant' Ana TA, Mazzuchelli-de-Souza J, Spadacci-Morena DD, Becak W, Stocco RC. 2014. Bovine papillomavirus in beef cattle: first description of BPV-12 and pu-

tative type BAPV8 in Brazil. *Genetic Molecular Research*. 13(3): 5644-5653.

Avki S, Turutoglu H, Simsek A y Unsal A. 2004. Clinical and immunological effects of Newcastle disease virus vaccine on bovine papillomatosis. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 98: 9-16.

- Blakley BR y Rousseaux CG. 1991. Effect of ivermectin on the immune response in mice. *American Journal of Veterinary Research*. 52: 593-595.
- Börkükü MK, Atalay O, Kibar M, Cam Y y Ata-sever A. 2007. Ivermectin is an effective treatment for bovine cutaneous papillomatosis. *Research in Veterinary Science*. 83(3): 360-363.
- Borzacchiello G y Roperto F. 2008. Bovine papillomaviruses, papillomas and cancer in cattle. *Veterinary Research*. 39:45.
- Catroxo MHB, Martins AMC, Petrella S, Souza F y Nastari BDB. 2013. Ultrastructural study of bovine papillomavirus during outbreaks in Brazil. *International Journal of Morphology*. 31(2): 777-784.
- Dirkson G, Grunder HD y Stober M. 2005. *Medicina interna y cirugía del bovino*. 4ª ed. Vol 1. Argentina: Ed Intermédica. p. 632.
- Flores S y Espejel I. 1994. Tipos de Vegetación de la Península de Yucatán Etnoflora Yucatanense. Fascículo 3 Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida.
- Generser, F. 2003. *Histología*. 3era edición. Ed. Médica Panamericana. Madrid, España. pp. 31-47.
- Hemmatzadeh F, Fatemi A y Amini F. 2003. Therapeutic effects of fig tree latex on bovine papillomatosis. *Journal of Veterinary Medicine, B, Infectious Diseases and Veterinary Public Health*. 50(10): 473-476.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática (INEGI) (2002). *Anuario estadístico del Estado de Yucatán, México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e informática, México.
- Jelínek F y Tachezy R 2005. Cutaneous papillomatosis in cattle. *Journal of Comparative Pathology*. 132: 70-81.
- Nicholls PK y Stanley MA. 2000. The immunology of animal papillomaviruses. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 73: 101-127.
- Peña F, Marín A, Camacho A, Avello E, Arce MA y Perez CG. 2005. Thuja (200 ch, 1000ch) en el tratamiento de la papilomatosis bovina. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*. 5(06): 1-6.
- Radostits O, Gay C, Blood D y Hinchcliff K. 2002. *Medicina veterinaria. Tratado de las enfermedades del ganado bovino, ovino, porcino, caprino y equino*. 9ª ed. Vol 2. España: McGraw-Hill Interoamericana. p. 1006.
- Santin API y Brito LAB. 2004. Estudio de la papilomatosis cutánea en bovinos lecheros: Comparación de diferentes tratamientos. *Ciencia Animal Brasileira*. 5(1): 39-45.
- Valencia HCE, Payan MJ, Appel UVA y Salazar AH. 2013. Valoración de la eficacia del cobre contra la papilomatosis bovina en el departamento del cauca. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 11 (1): 218-224.
- Vázquez-Díaz R, Escudero-Duch C, Doménech-Gómez A, Gómez-Lucía DE y Benítez-Rico L. 2012. Papilomatosis bovina: epidemiología y diversidad de papillomavirus bovinos (BPV). *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 6(2): 38-57.

Evaluación de la calidad del agua en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito (leche y carne) en Municipio de Sucilá, Yucatán

Roger Medina González y Jorge Santos Flores

Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
rmedina@correo.uady.mx

Resumen

Las características geohidrológicas de la Península de Yucatán, a la vez que permiten contar con fuentes de abastecimiento de agua, naturales o artificiales casi en cualquier parte de la porción norte de Yucatán, les confieren a éstas una alta vulnerabilidad a la contaminación, especialmente en sistemas productivos donde la utilización del recurso se realiza en las inmediaciones de estas fuentes de agua. Al final del período de lluvias de 1998 y de secas de 1999, se tomaron muestras en once fuentes de abastecimiento en unidades de producción animal del municipio de Sucilá para evidenciar el efecto de las actividades humanas sobre la calidad del agua con referencia a los valores establecidos en la normativa correspondiente. Los parámetros evaluados fueron: alcalinidad (CaCO_3), cloruros, fosfatos, nitratos, nitrógeno amoniacal, oxígeno disuelto (OD), sulfatos, conductividad, pH, sólidos disueltos totales (SDT), sólidos suspendidos totales (SST), sólidos totales (ST), temperatura y coliformes fecales (NPM/100mL). Los resultados mostraron que en todas las fuentes evaluadas se detectaron algunos valores que no cumplieron los criterios de la NOM de calidad de agua como fuentes de abastecimiento para uso pecuario. En todos los casos el OD y la alcalinidad durante el muestreo de mayo y fosfatos en el muestreo de noviembre; los sólidos (SDT, SST y ST), cloruros y coliformes, mostrando valores fuera de los criterios de la norma (menos del 50% de las fuentes analizadas). A partir de ello parece evidente que de manera general las fuentes de aprovisionamiento de agua analizadas muestran variaciones atribuibles al efecto de las actividades que se realizan en su entorno; no obstante no es posible ser concluyente en el sentido de que la calidad de estas fuentes de agua sea negativa para el tipo de uso requerido en virtud de que los criterios no son específicos para este tipo de fuentes y no se han cuantificado los efectos de la misma en la producción agropecuaria.

Introducción

Debido a las características del sustrato geológico de la Península de Yucatán, la mayor parte del aprovechamiento del recurso hídrico

depende del acuífero subterráneo, el cual de manera general se ve afectado por las actividades humanas que se desarrollan en la superficie, independientemente si son derivadas o

no de su utilización (Torres *et al.* 2014). En las unidades de producción animal, especialmente en las de bovinos, este aspecto adquiere una mayor relevancia en virtud de la importancia que tiene el agua para los procesos productivos (Lagger *et al.* 2000, Revelli *et al.* 2002) y porque regularmente los aprovisionamientos de agua se encuentran a escasos metros de los sitios donde se encuentran los animales, ocurriendo comúnmente desniveles de drenaje que finalmente conducen los desechos directa o indirectamente a los mismos, particularmente en la época de lluvias. Esto plantea un doble efecto, por una parte, las fuentes de aprovisionamiento de agua pueden exhibir de manera diferencial el efecto de las aguas residuales o las escorrentías derivadas de los procesos que se llevan a cabo en estas unidades de producción, y por otro, la producción puede verse afectada por la calidad del agua resultante.

Con el propósito de tener algunas medidas de referencia al respecto, en noviembre de 1998 y en mayo de 1999, finales de las temporadas lluviosa y seca respectivamente, se midieron algunos parámetros fisicoquímicos, biológicos y sanitarios a muestras de agua provenientes de las citadas fuentes, en unidades de producción de doble propósito (leche y carne), que es el modo de producción predominante en la región de Sucilá, Yucatán,

y se contrastaron con los lineamientos oficiales correspondientes. Cabe señalar que, como se estableció desde la realización del estudio, los datos presentados tienen un carácter referencial y se presentan como referente base para una evaluación actual de las fuentes de aprovisionamiento de agua. Así, el objetivo de este estudio fue caracterizar la calidad fisicoquímica del agua de las fuentes de aprovisionamiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Materiales y métodos

Área de estudio. Las fuentes de aprovisionamiento analizadas se encuentran en la porción oriental del estado de Yucatán, en el municipio de Sucilá (Fig. 1). La región se encuentra alrededor de 40 km al sur de la costa norte del estado y entre 10 y 15 m por encima del nivel medio del mar en una zona cálida subhúmeda con ligera estacionalidad térmica y pluvial a la que corresponde el subtipo climático Aw₁” (x’)g, que se distingue de las demás zonas climáticas del estado, con excepción de la de la costa norte, por ser menos calurosa durante la mitad cálida del año. Durante el invierno, sus temperaturas medias mensuales son inferiores a los 26°C (Duch 1988).



Figura 1.- Ubicación del municipio de Sucilá, Yucatán, (elaborado con base en imágenes de Wikimedia commons).

La precipitación anual media, alcanza en esta región valores superiores a los 1200 mm, principalmente en el verano aunque se registran precipitaciones en la época de nortes y seca (noviembre y abril respectivamente). Esto resulta en condiciones de menores temperaturas y ligeramente de mayor humedad tanto en verano como en invierno (Duch 1988, Fig. 2). La vegetación potencial predominante en la región corresponde a selva baja caducifolia (Flores y Espejel 1994), no obstante, grandes extensiones están dedicadas

al pastoreo y como consecuencia solamente se observan algunos fragmentos de esta selva alrededor de los ranchos. Los cuerpos naturales de agua presentes en la zona corresponden a cenotes abiertos, esto es con el 100% de la superficie de agua expuesto al exterior, y semiabiertos, o parcialmente expuestos, y algunas aguadas; los cuales están clasificados como cuerpos receptores de tipo B por la Comisión Nacional del Agua (CNA, 1998). Las fuentes muestreadas de aprovisionamiento de agua se detallan en la Tabla 1.

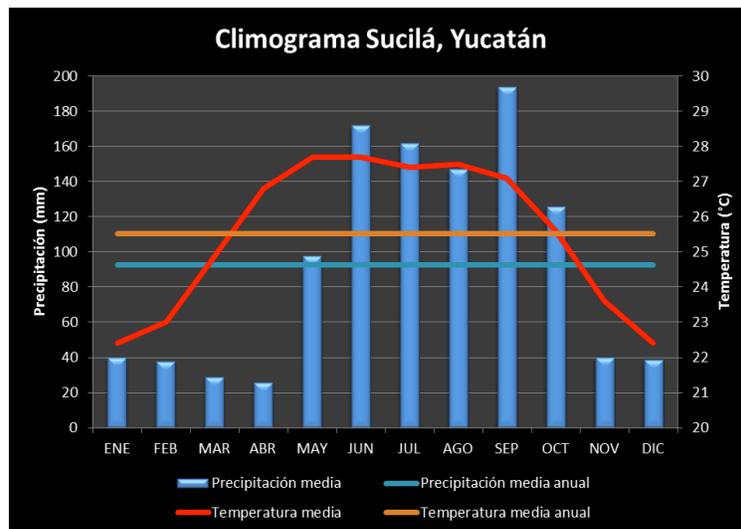


Figura 2. Climograma del municipio de Sucilá, Yucatán y temporadas climáticas (elaborado a partir de datos de CONAGUA 1982-2012).

Muestreo en las fuentes de aprovisionamiento de agua y análisis. Las fuentes de aprovisionamiento muestreados son cenotes y pozos someros, ubicados en ranchos de la región (Tabla 1, Fig. 3), de los cuales se obtuvieron, en noviembre de 1998 y en mayo de 1999, muestras compuestas para realizar los análisis de calidad de agua; cabe señalar que el muestreo general de noviembre de 1998,

correspondió con la temporada de nortes (la etapa transicional entre la de lluvias y la de seca caracterizada por un descenso en la temperatura y baja precipitación, Fig. 2), y el de mayo de 1999, al final de la estación seca (relativamente baja precipitación y altas temperaturas). Para el caso de las determinaciones de bacterias coliformes fecales, los muestreos se realizaron en marzo y mayo de

1999, lo que correspondería a la temporada seca y al final de la misma (la diferencia entre

ambas es la precipitación que está ligeramente incrementada en mayo, Fig. 2).

Tabla 1.- Fuentes de aprovisionamiento de agua muestreadas.

Fuente	Tipo*	Características
1	Pozo	Pequeño (ca. 2 m de diámetro) con brocal junto a los corrales.
2	Pozo	En una depresión cerca de una aguada y aproximadamente 30 m de los corrales.
3	Pozo	Localizado en una depresión artificial a aproximadamente 50 m de los corrales.
4	Pozo-cenote	Situado en un huerto junto a un corral.
5	Pozo-cenote	En una depresión modificada con brocal amplio; cerca de 30 m de los corrales.
6	Pozo-cenote	Situado en una depresión inmediatamente detrás de un corral, cerca de la carretera Buctzodz-Tizimín.
7	Cenote semicerrado	Techado, en una depresión modificada a un lado de un corral; se observan filtraciones.
8	Cenote semicerrado	En una depresión detrás de un corral, vegetación escasa.
9	Cenote semicerrado	Abertura de aproximadamente 2 m de diámetro en un potrero con poco uso; subterráneamente se abre en una bóveda amplia.
10	Cenote abierto	Cercado, con algo de vegetación rodeado en un 50% por corrales.
11	Cenote abierto	Ubicado en una zona apartada de las actividades productivas; rodeado de vegetación relativamente conservada

*Pozo: Excavación que conduce a una vena de agua aprovechable; el cuerpo de agua es resultado de la excavación. Pozo-cenote: Excavación que conduce a una cavidad natural llena de agua (cenote). Cenote: Cavidad natural conectada con el acuífero subterráneo, dependiendo de la exposición de la superficie del agua hacia el exterior se clasifican en: abiertos, semiabiertos/semicerrados y cerrados.

Los cuerpos de agua corresponden en su mayoría a las fuentes activas de suministro de ocho ranchos (1 a 6, 8 y 10 en el Tabla 1); en el rancho 7 (Tabla 1) se evaluó un cenote que muy probablemente está conectado al pozo profundo que utilizan como fuente de agua, ya que se detectaron alteraciones en los registros de los sensores de la sonda multiparámetro cuando la bomba instalada en el pozo estaba operando. Los cenotes 9, ubicado en un potrero relativamente alejado de las actividades de los ranchos aledaños, y 11, ubicado en un rancho en Espita, se tomaron como sitios testigo de sistemas expuestos a baja y prácticamente nula influencia de las actividades de producción, respectivamente. En la Tabla 1, las fuentes de abastecimiento se

agrupan por tipo y dentro de cada tipo por su cercanía a las áreas de producción, de manera que el primero de cada tipo se encuentra más cerca o más expuesta a las actividades productivas. Los análisis realizados que se comparan, se enlistan a continuación: sólidos disueltos totales, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), alcalinidad total, cloruros, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitratos, fosfatos totales y sulfatos. Las muestras de agua se tomaron con una botella horizontal tipo Van Dorn. La muestra final estuvo compuesta por porciones de la columna superficial de aproximadamente 4 m. Los análisis químicos se realizaron en los laboratorios de la Facultad de ingeniería de la Universidad

Autónoma de Yucatán (UADY), para el muestreo de noviembre de 1998; y en el laboratorio de la Gerencia Regional en la península de Yucatán de la Comisión Nacional del

Agua (CNA) para el muestreo de mayo de 1999; en ambos casos se utilizaron los métodos estándar (APHA, AWWA, WPCF 1985). En cada sitio se midió *in situ* con una sonda

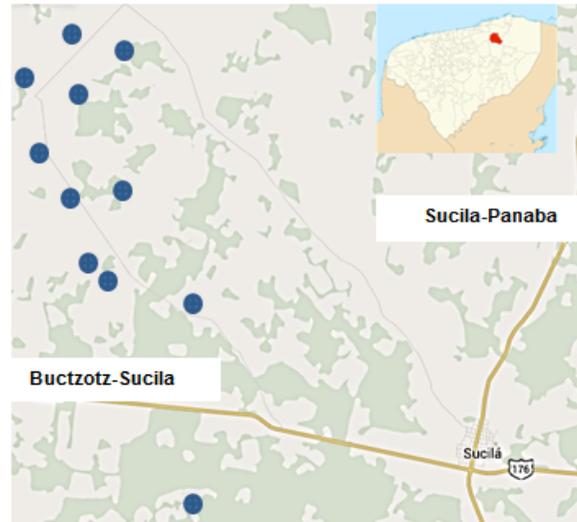


Figura 3.- Ubicación de las fuentes de abastecimiento muestreadas.

multiparámetro Hydrolab 20-G: Temperatura, conductividad, oxígeno disuelto (OD), pH y potencial óxido reducción. Adicionalmente, en marzo y mayo de 1999, se tomaron muestras para los análisis bacteriológicos con una botella vertical tipo Kemerer. Los análisis se realizaron en el laboratorio de bacteriología clínica de la Facultad de Medicina Veterinaria (FMVZ) de la UADY, utilizando la técnica del número más probable (APHA, AWWA, WPCF 1985).

Resultados

Los valores obtenidos se señalan en las Tablas 2 a 4. La temperatura se mantuvo relativamente constante, con mínimos de 22.8 y 23.6 °C y máximos de 26.5 y 26.3 °C en

noviembre y mayo respectivamente, y variaciones entre sitios menores a los 4°C, en ambos períodos de muestreo. La variación de temperatura para cada sitio entre los muestreos fue siempre menor de 1.5°C. En cuanto a las fuentes, se observa que las temperaturas fueron menos variables entre los pozos (Fuentes 1 a 3) y entre los cenotes semiabiertos (Fuentes 7 a 9) que entre los pozos-cenote y entre los cenotes abiertos (Fuentes 4 a 6 y 10 y 11) (Fig. 4, Tabal 2).

La conductividad exhibió variaciones relativamente amplias, las máximas diferencias entre sitios fueron de 1086 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para noviembre y de 985 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para mayo; las diferencias en conductividad, para cada sitio entre los muestreos realizados, fueron menores a los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en todos los

casos, y solamente en tres fuentes (1, 2 y 11)

se registró un menor valor en mayo respecto

de la medición en noviembre. Las variaciones entre los grupos de fuentes muestran en general una tendencia de disminución en la con-

ductividad en las fuentes del mismo tipo más alejadas de las áreas de producción (Fig. 5, Tabla 2).

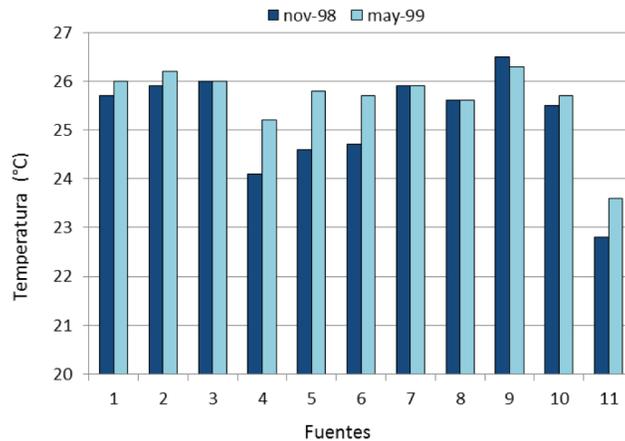


Figura 4.-Temperatura en las fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

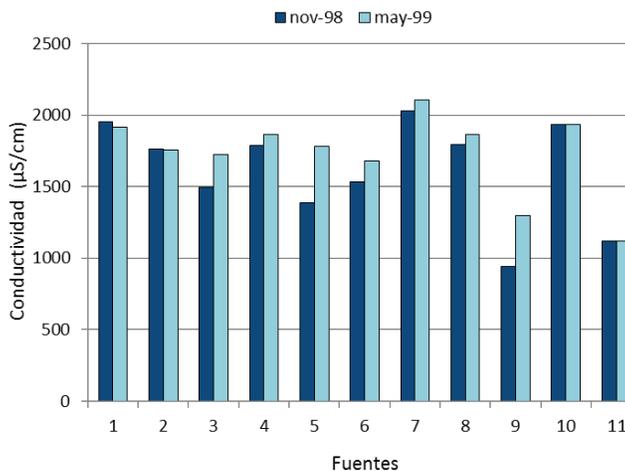


Figura 5.- Conductividad específica en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

En noviembre no se determinaron los sólidos disueltos por problemas técnicos. En el

muestreo de mayo se observó una variación máxima de 573 mg/L entre los sitios; de man-

era similar, se observan valores decrecientes entre los grupos de fuentes en función de su

lejanía a las áreas de producción (Fig. 6, Tabla 2).

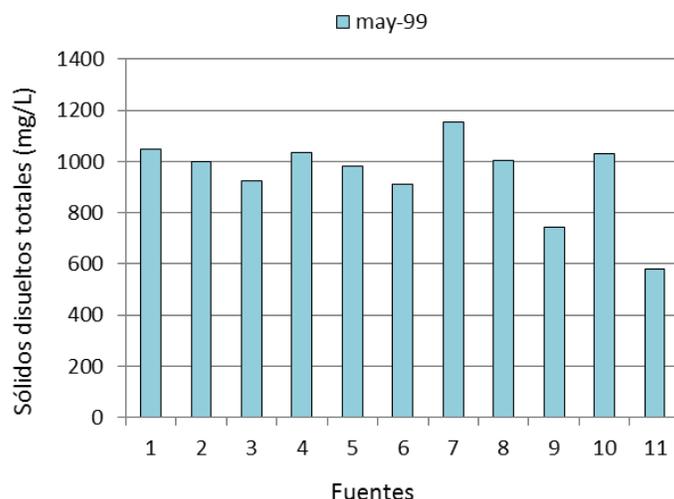


Figura 6. Sólidos disueltos totales en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Tabla 2. Valores medios de los parámetros físicos medidos en fuentes de abastecimiento de agua en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Parámetros	Temperatura (°c)		Conductividad (μ s/cm)		Sólidos disueltos totales (mg/l)		Sólidos suspendidos totales (mg/l)		Sólidos totales (mg/l)	
	Nov/9 8	May/9 9	Nov/9 8	May/9 9	Nov/9 8	May/9 9	Nov/9 8	May/9 9	Nov/9 8	May/9 9
1	25.7	26.0	1950	1915	*ND	1047	950	15	ND	1062
2	25.9	26.2	1763	1758	ND	998	750	12	ND	1010
3	26.0	26.0	1496	1725	ND	926	1800	18	ND	944
4	24.1	25.2	1787	1863	ND	1033	700	13	ND	1046
5	24.6	25.8	1385	1780	ND	982	4400	14	ND	996
6	24.7	25.7	1530	1680	ND	912	ND	14	ND	926
7	25.9	25.9	2026	2104	ND	1155	ND	6	ND	1161
8	25.6	25.6	1792	1862	ND	1005	2650	39	ND	1044
9	26.5	26.3	940	1298	ND	745	450	8	ND	753
10	25.5	25.7	1932	1935	ND	1030	400	14	ND	1044
11	22.8	23.6	1120	1119	ND	582	600	6	ND	588

*ND = No determinado.

Los sólidos suspendidos mostraron amplias variaciones entre los sitios y los muestreos.

En noviembre se registró un mínimo de 400 mg/L en un cenote abierto y un máximo de

4400 mg/L en un pozo-cenote. En contraste, en mayo se detectaron valores mínimos de 6 mg/L y máximos de 39 mg/L en cenotes

semicerrados y abiertos; en esta variable no se observó un patrón o tendencia entre los tipos de fuentes (Fig. 7, Tabla 2).

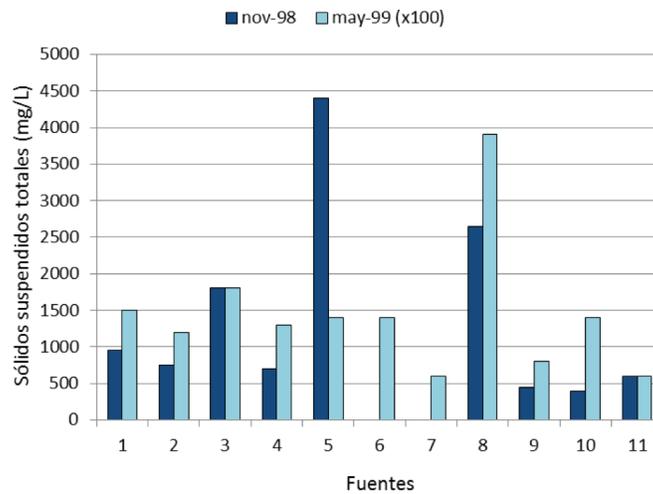


Figura 7.- Sólidos suspendidos totales en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán. Los valores de mayo de 1999 se multiplicaron por 100 para poder ilustrar su comportamiento.

Los sólidos totales, que son la suma de los disueltos y los suspendidos, solamente pudieron ser calculados para mayo, registrándose el mismo patrón detectado para los sólidos disueltos, con un mínimo de 588 mg/L y un máximo de 1161 mg/L (Figura 8, Tabla 2).

Los valores determinados para el oxígeno disuelto (OD) fueron relativamente bajos; las variaciones registradas en el OD fueron relativamente amplias entre los sitios, de 0.62 a 3.66 mg/L y 0.72 a 3.56 mg/L en noviembre y mayo respectivamente; las diferencias para

cada sitio entre los muestreos de noviembre y mayo fueron menores de 0.8 mg/L en todos los casos, observándose para todas las fuentes excepto en el pozo cenote 4 y en el cenote abierto 11, un incremento en la concentración de OD en mayo respecto de lo determinado en noviembre. En este caso, el parámetro mostró una tendencia de incremento en las fuentes más alejadas de las actividades productivas entre las fuentes de un mismo tipo (Figura 9, Tabla 3).

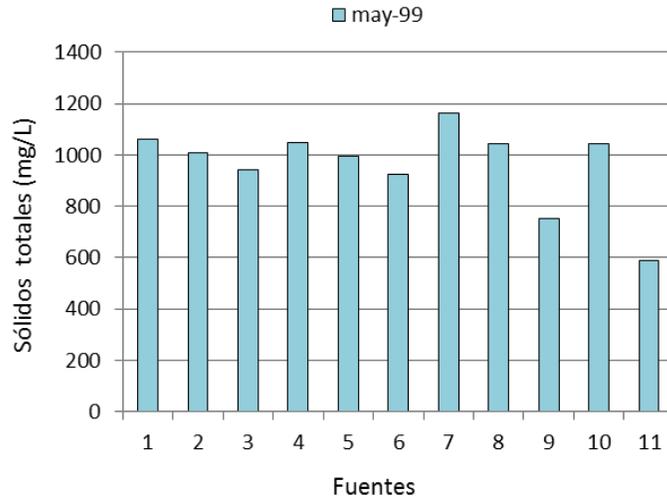


Figura 8. Sólidos totales en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

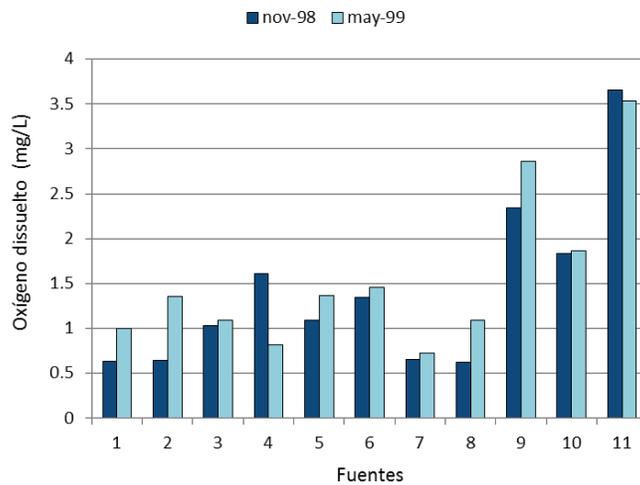


Figura 9.- Oxígeno disuelto en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Tabla 3.- Valores de los parámetros fisicoquímicos medidos en fuentes de abastecimiento de agua en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Parámetros	Oxígeno disuelto (mg/l)		Demanda bioquímica de oxígeno (mg/l)		Alcalinidad (mg caco ₃ /l)		Ph		Potencial redox (mv)	
	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99
Fuentes	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99
1	0.63	1.00	0.41	1.818	84.58	445	6.71	6.62	194	124
2	0.64	1.36	7.39	0.303	77.47	441	6.77	6.90	83	170
3	1.03	1.09	1.85	0.000	78.74	443	6.80	6.83	191	93
4	1.61	0.82	2.31	0.000	83.57	451	6.90	6.78	187	158
5	1.09	1.37	1.77	0.306	76.71	436	7.22	6.80	137	134
6	1.35	1.46	2.31	1.780	77.47	430	6.74	6.84	196	136
7	0.65	0.72	1.54	0.303	81.28	466	6.64	6.69	159	171
8	0.62	1.09	1.33	0.003	82.55	453	6.80	6.93	190	177
9	2.34	2.86	0.08	0.000	73.15	411	6.99	7.03	187	170
10	1.83	1.86	5.16	0.000	76.20	439	6.76	6.64	206	191
11	3.66	3.53	5.08	0.003	64.52	346	7.20	7.37	193	166

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) registró variaciones amplias desde casi cero (0.08) a 7.39 mg/L en noviembre y menores, entre 0 y 1.82 mg/L en mayo; en contraste con el OD, las variaciones entre muestreos para

cada sitio, registraron en general disminución en mayo respecto de noviembre con valores que van de 0.08 a 7.087 mg/L. No se observó ningún patrón asociado a la distancia de las fuentes respecto de las zonas de actividades productivas en los ranchos (Fig. 10, Tabla 3).

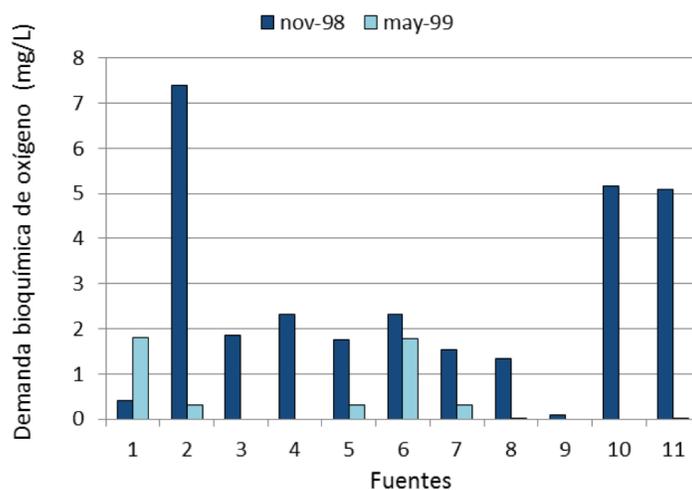


Figura 10.- Demanda bioquímica de oxígeno en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

La alcalinidad en las fuentes de agua se mantuvo relativamente homogénea entre las fuentes para cada muestreo, registrándose valores de 64.52 a 84.58 mgCaCO₃/L en noviembre y de 346 a 441 mgCaCO₃/L en mayo. Para cada sitio, se registraron incrementos importantes en mayo respecto de

noviembre, obteniéndose diferencias de 281.48 a 384.72 mgCaCO₃/L entre los muestreos. Aunque de manera menos acusada, los valores tienden a disminuir entre cada tipo de aprovisionamiento, en aquellos más alejados de las actividades de producción (Fig. 11, Tabla 3)

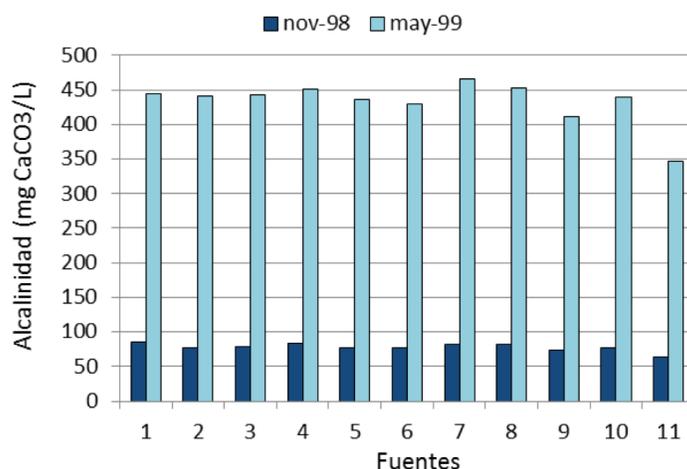


Figura 11. Alcalinidad en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

El pH se mantuvo relativamente constante entre los sitios y los muestreos; exhibiendo variaciones menores a una unidad de pH, de 6.64 a 7.22 entre los sitios en noviembre y de 6.62 a 7.37 en mayo; las variaciones en cada sitio entre los muestreos fueron ≤ 0.42 . Aunque los valores entre los sitios son muy similares, se observa un ligero incremento en las fuentes de un mismo tipo más alejadas de las zonas de actividades productivas, de manera más clara en los cenotes semicerrados y abiertos (fuentes 7 a 11); en los pozos en noviembre (fuentes 1 a 3) y en los pozos-cenote (fuentes 4 a 6) en mayo (Fig. 12, Tabla 3).

Entre las fuentes de abastecimiento, el potencial óxido reducción registró valores entre 83 y 206 mV en noviembre y entre 93 y 191 mV en mayo; las diferencias entre las fechas de muestreo para cada sitio estuvieron entre 3 y 98 mV, observándose en general, mayores diferencias en las fuentes “cerradas” (pozos y pozos-cenotes, fuentes 1 a 6) que en las más abiertas (cenotes semicerrados y abiertos, fuentes 7 a 11); asimismo, los valores de noviembre fueron mayores que en mayo en la mayoría de las fuentes de abastecimiento (Fig. 13, Tabla 3).

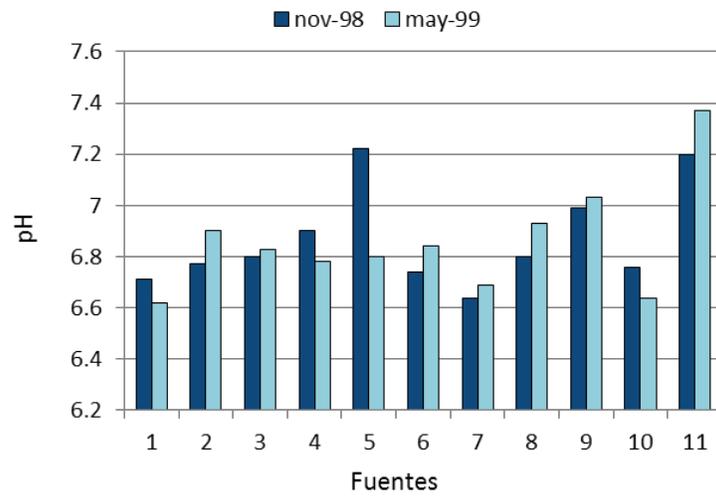


Figura 12. pH en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

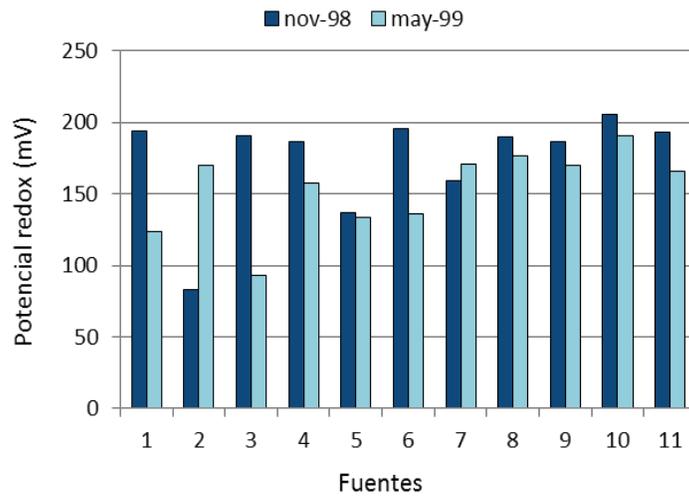


Figura 13.- Potencial de óxido reducción en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Los iones mostraron variaciones con tendencias similares entre los cloruros y los sulfatos, que se incrementan en mayo, y entre los nitratos y fosfatos, que están incrementados en noviembre; el nitrógeno amoniacal estuvo ausente en todas las muestras (Tabla 4). Las concentraciones extremas de los cloruros se registraron para las mismas fuentes en ambos muestreos; las mínimas fueron 94.97 mg/L en noviembre y 119 mg/L en mayo (cenote abierto 11); las máximas 248.92 y 322 mg/L en noviembre y mayo respectivamente (ce-

note semicerrado 7); las diferencias en la concentración entre las fechas de muestreo en cada sitio, oscilaron entre 9.05 y 102.04 mg/L.

Son consistentes los valores más altos en el muestreo de mayo en relación con los del de noviembre para cada fuente de abastecimiento; asimismo se observa en cada tipo de fuente una tendencia a exhibir menores valores en los sitios más alejados de las áreas de producción (Fig. 14, Tabla 4).

Tabla 4. Valores de parámetros inorgánicos y bacteriológicos medidos en fuentes de abastecimiento de agua en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Parámetros	Cloruros (mg/l)		Nitratos* (mg/l)		Fosfatos (mg/l)		Sulfatos (mg/l)		Coliformes fecales (nmp/100ml)	
	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Nov/98	May/99	Mar/99	May/99
1	226.93	271	12.51	7.66	0.608	0.044	29.27	33.98	31	460
2	189.94	230	7.56	7.89	0.643	0.053	26.31	27.81	19	93
3	118.96	221	6.91	3.72	0.557	<0.037	19.35	29.31	23	240
4	207.94	249	7.15	4.02	0.609	0.105	20.73	32.15	21	>2400
5	158.95	244	8.88	3.77	1.437	0.124	26.87	31.98	4	1100
6	157.95	221	8.78	5.06	2.713	<0.037	13.43	28.51	150	460
7	248.92	322	3.84	3.82	0.609	0.047	46.15	37.99	6	240
8	206.94	262	9.57	4.75	0.712	<0.037	27.83	34.65	15	140
9	147.95	157	6.90	3.69	0.514	<0.037	15.91	19.39	9	43
10	227.93	290	8.26	3.79	0.523	<0.037	22.95	34.65	150	93
11	94.97	119	5.36	2.73	0.557	0.037	15.75	14.62	93	240

*Se realizó asimismo el análisis del Nitrógeno amoniacal, pero no se detectó en ninguno los casos.

Los nitratos (Fig. 15, Tabla 4) variaron entre las fuentes de 3.84 a 12.51 mg/L en noviembre y de 2.73 a 7.89 en mayo; la diferencia entre los valores de noviembre y mayo para cada cuerpo de agua varió entre 0.02 y

5.11 mg/L, con mayores concentraciones en mayo. Los valores más altos se registraron, para cada tipo, en las fuentes más cercanas a las actividades productivas.

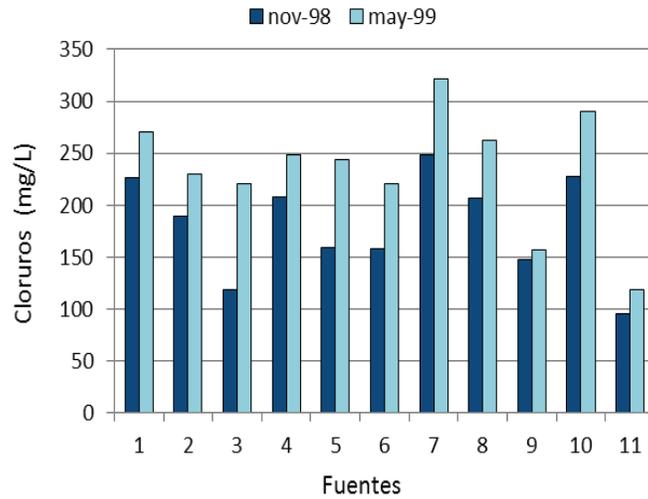


Figura 14.- Cloruros en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

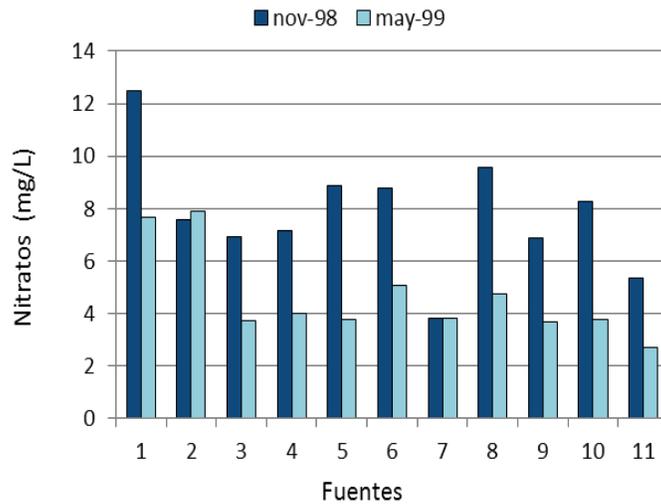


Figura 15.- Nitratos en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

Contrariamente, los fosfatos registraron menores valores en el muestreo de mayo; en el muestreo de noviembre, el menor valor entre las fuentes (0.514 mg/L) fue mayor que la

concentración más alta registrada en mayo (0.124 mg/L), (Fig. 16,Tabla 4).

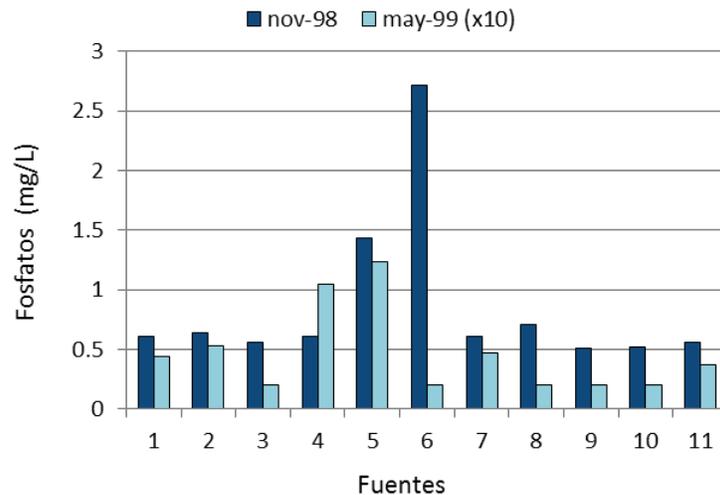


Figura 16.- Fosfatos en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán. Los valores de mayo se multiplicaron por 10 con fines ilustrativos.

Las concentraciones de sulfatos exhibieron variaciones similares entre las fuentes en cada muestreo, siendo ligeramente más amplia en noviembre que en mayo (13.43 a 46.15 mg/L, Vs 14.62 a 37.99 mg/L), aunque para cada fuente el valor registrado noviembre fue menor que en mayo, con excepción de las fuentes 7 y 11; en general, se observan mayores concentraciones en los sitios más cercanos a donde se desarrollan las actividades (Fig. 17, Tabla 4).

El análisis de bacterias coliformes fecales mostró amplias variaciones en el número más probable por 100 mL (nmp/100mL) entre las fuentes; en marzo de 1999 de 4 a 150 bacterias y en mayo del mismo año de 43 a 2400 bacterias; para cada fuente de abastecimiento, la variación del nmp/100mL entre los dos muestreos fue de 34, en el canote semicerrado 9, a 2379 bacterias en el pozo cenote 4 (Fig. 18, Tabla 4).

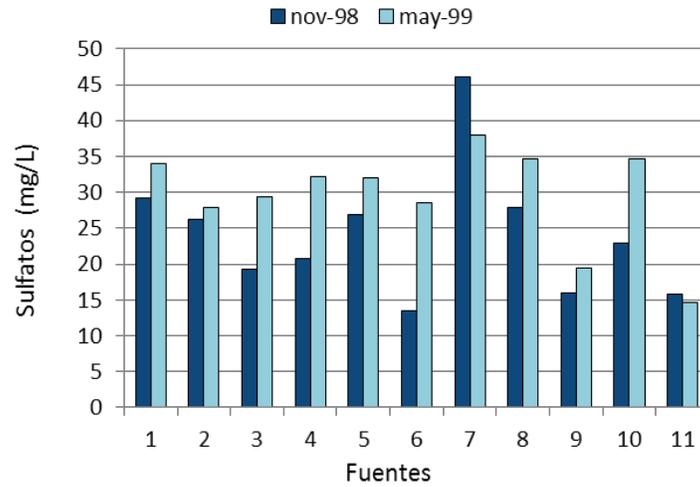


Figura 17.- Sulfatos en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán.

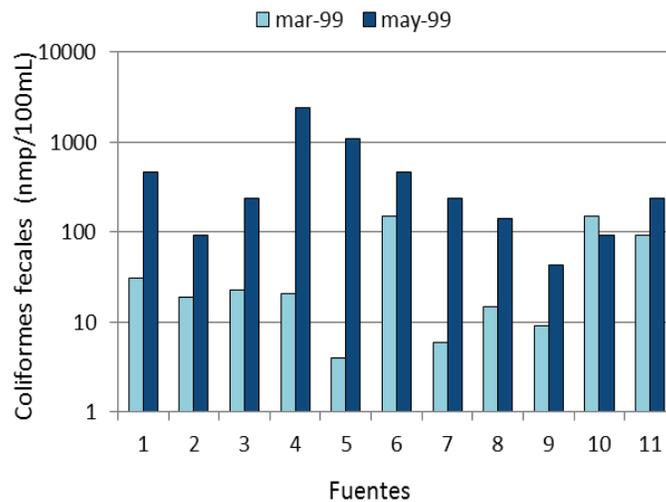


Figura 18.- Coliformes fecales en fuentes de abastecimiento en ranchos de doble propósito en la región de Sucilá, Yucatán. Nótese que la escala del nmp de coliformes es logarítmica.

Discusión

Cuando se analiza la calidad del agua es imperante considerar que éste es un término relativo y que solamente tendrá importancia si se relaciona con el uso del recurso, esto es que una fuente de agua será de buena calidad dependiendo del uso a la que se le destine, lo que significa que un agua de mala calidad sería aquella que no tenga las características para su uso real o potencial (Barrenechea *et al.* 2004). Así, las características de las fuentes de aprovisionamiento analizadas se evalúan en función de las características requeridas para su uso como agua de consumo en la producción de doble propósito y tomando en cuenta las características señaladas en la normativa vigente (DOF 1989).

Cabe señalar que el análisis general de los resultados obtenidos pone primeramente en evidencia el efecto de las condiciones climáticas prevalecientes (Fig. 2) y las características de los cuerpos de agua (Tabla 1). Como se indicó antes, el muestreo de noviembre de 1998 corresponde con el final de la época lluviosa y el inicio de la de nortes, caracterizada por el descenso de temperatura y precipitación, así lo observado corresponde al efecto de la recarga de los acuíferos en las fuentes de abastecimiento y a los escurrimientos de las microcuencas, ya sea de manera directa o indirecta, con los aportes de materiales asociados a ellos. El muestreo de mayo de 1999 corresponde al final de la época seca, caracterizada por escasa precipitación y altas temperaturas.

Con base en lo anterior se pueden establecer posibles causas que influyen en la ocurrencia de las diferencias entre los valores registrados en las fuentes de abastecimiento de agua evaluadas: a) las características de la fuente de aprovisionamiento, los cenotes poseen un mayor volumen de agua lo que puede propiciar fenómenos de dilución, por una parte, y de oxidación, por la otra ya que

en general poseen una mayor superficie en contacto con la atmósfera o expuesta a la luz lo que resulta en una mayor oxigenación de la columna de agua ya sea por difusión o por producción autóctona. Los pozos someros además del relativamente bajo volumen de agua, podrían permitir fácilmente la modificación de la columna de agua por resuspensión de sedimentos, b) su ubicación, ya que su cercanía a los sitios en los que se realizan las actividades productivas propias de los ranchos determinan en gran medida la cantidad y naturaleza de materiales que pueden recibir por escurrimientos o vertimientos, c) las condiciones climáticas, particularmente la precipitación, que de manera natural son causantes de fluctuaciones estacionales en las cantidades de materiales alóctonos que llegan a los sistemas acuáticos, d) la operación en los ranchos, cuya forma de disposición de desechos o la forma de utilización de los aprovechamientos, tiene un efecto directo sobre las fuentes de aprovisionamiento, e) la naturaleza del parámetro medido que puede ser sensible en mayor o menor grado a las condiciones mencionadas antes.

Así, aunque la temperatura de las fuentes de agua presentan, en términos generales una ligera variación, los valores corresponden a la temperatura del acuífero subterráneo (25.5 °C en promedio) que se explica porque los cuerpos de agua están conectados a él, las ligeramente mayores temperaturas registradas en mayo pueden estar reflejando el efecto climático.

La conductividad es un parámetro relacionado con la salinidad y los sólidos disueltos en el agua, que es de importancia en la producción animal, pues afecta el metabolismo de los animales; en general las aguas de las fuentes analizadas pueden considerarse apropiadas para ingerirse pero también como aguas duras; los sólidos suspendidos totales reflejan el aporte de materiales por los escu-

rrimientos, que están maximizados en el muestreo de noviembre.

El OD tiene un papel de importancia en la solubilización de iones y en la actividad de los microorganismos en el agua; aunque los valores del agua subterránea son bajas, generalmente menores a 2 mg/L, su concentración se ve afectada por la presencia de materia orgánica cuya descomposición lo consume. En las fuentes muestreadas son notables los valores de los cenotes más alejados de las actividades productivas (9 y 11, Tabla 1), que mostraron los valores más altos y las menores variaciones estacionales (entre los muestreos, Tabla 3); las variaciones determinadas podrían deberse a la cantidad de materia orgánica que llega a las fuentes de aprovisionamiento como resultado del incremento en la precipitación pluvial. Esta condición se evidencia asimismo al observar los valores en la DBO que disminuye notablemente en las determinaciones de mayo. El valor detectado en la fuente 1 durante el muestreo de mayo (Tabla 3, Fig. 10) probablemente se debe a contaminación de la muestra analizada, ya sea por error en el manejo de la misma o a el manejo de la unidad productiva que ocasionó un aporte adicional de materia orgánica en la fuente de abastecimiento en momentos previos al muestreo.

La alcalinidad es un parámetro que indica la capacidad amortiguadora del agua, y es también importante en los procesos de productividad del agua pues constituye una fuente de carbono para la fotosíntesis. Los valores bajos de alcalinidad están relacionados con un mayor riesgo de contaminación del agua, particularmente por acidificación; en los cuerpos de agua muestreados, los valores superan los mínimos recomendados lo cual es debido al origen cárstico de las aguas. Este parámetro está también relacionado con el pH, que tienen valores muy cercanos a la neutralidad y con ligera tendencia hacia la acidez evidencia de aguas bien amortiguadas.

El potencial óxido reducción muestra que los cuerpos de agua tienen condiciones oxidantes, por las que predominarán las formas iónicas oxidadas lo que propicia la descomposición de materia orgánica.

Es posible afirmar, en términos generales, que los parámetros relacionados con los aportes de material orgánico proveniente del exterior, sólidos suspendidos totales, nitratos, fosfatos y DBO, se encuentran incrementados en el muestro de noviembre el cual, comparativamente, presenta condiciones de mayor precipitación que el muestreo de mayo; además de que la época de nortes ocurre inmediatamente después del período lluvioso, que es cuando ocurre la mayor recarga de los acuíferos y con ello un mayor arrastre de materiales alóctonos, como se señaló anteriormente.

El incremento en estos parámetros permite explicar, al menos en parte, la disminución de algunos parámetros relacionados con éstos como el pH, el cual disminuye al aumentar la concentración de CO₂, como resultado del incremento en la descomposición de la materia orgánica presente y que ocasiona asimismo un déficit en la concentración del oxígeno disuelto (Figs. 9 y 12) en este muestreo, respecto del de mayo.

La concentración de bacterias coliformes fecales, parámetro crítico en la determinación de la calidad de agua, muestra también claras variaciones entre los muestreos realizados (marzo y mayo de 1999). Los resultados muestran que las posibles diferencias en precipitación ocurridas entre los dos períodos podrían ser responsables del incremento en el número de coliformes fecales en mayo; además es clara la tendencia general de que los pozos exhiben una mayor concentración de bacterias que los cenotes, debido probablemente a las fuentes de variación descritas arriba. La comparación de los valores medidos y los que señala la reglamentación en la materia, se muestra en el Anexo 5.

Aunque no existe un valor específico para las fuentes de abastecimiento para uso agropecuario, como el que se desarrolla en los ranchos muestreados, se compara con los tres principales usos, los cuales pueden emplearse como una aproximación general.

Las fuentes de aprovisionamiento de agua, en términos del promedio de los valores medidos en los muestreos realizados, no sobrepasan los límites establecidos en la norma (Tabla 5) en cuanto a alcalinidad, nitrógeno amoniacal, sulfatos, pH y temperatura.

En el caso de los cloruros, todos los cuerpos de agua, excepto el cenote 11, superan el valor máximo determinado para riego agrícola, pero solamente el cenote cerrado 8 y 10, superan la correspondiente para aguas de uso urbano y para conservación de la vida acuática; no obstante, el exceso es de solamente 35 mg/L, lo que podría estar indicando la entrada de aguas de desecho.

Los valores promedio de fosfatos oscilaron alrededor de 0.3 mg/L, cenote 11 y pozo 3 y 1.37 mg/L pozo 6, excediendo todos el valor para protección de la vida acuática, pero solamente el pozo 6 el valor para uso urbano; estos valores no alcanzan los considerados para el agua contaminada (5-10 mg/L); no obstante reflejan un aporte de materia orgánica que bien puede ser de origen natural, en los cenotes, por ejemplo, o resultado de aportes de los corrales circundantes, principalmente en los pozos ya que pueden provenir de restos de alimentos y organismos.

Una situación similar ocurre con los nitratos, los cuales sobrepasan, en su mayoría, la norma de uso urbano; el valor del cenote 11 indica que de manera natural la concentración de nitratos puede ser relativamente elevada. Sin embargo, el valor máximo establecido para evitar desórdenes de salud como la metahemoglobinemia solamente se supera ligeramente, en promedio, en un pozo somero (1, Tabla 5).

Con relación al OD, los cenotes más alejados de las actividades productivas (9 y 11) muestran los mayores valores; no obstante, éstos quedan por debajo del mínimo establecido por la reglamentación tanto para los sistemas para uso público urbano como para conservación de la vida acuática.

La conductividad, estrechamente relacionada con la cantidad de sólidos disueltos en los cuerpos de agua, muestra valores por encima del límite establecido para aguas de riego agrícola; similarmente al OD, las menores diferencias con la norma se presentan en los cenotes menos expuestos a la perturbación de las actividades en los ranchos.

Los sólidos suspendidos, disueltos y totales presentan valores superiores a los señalados en la reglamentación exceptuando los sólidos suspendidos en el pozo de 6 y el cenote 8, los cuales deben tomarse con cautela por que sus magnitudes son extremas. Asimismo, es necesario precisar que los valores reportados para SDT y ST corresponden únicamente a los obtenidos en el muestreo de mayo de 1999. Para el número más probable de coliformes fecales, solamente el pozo 4 queda fuera de la normatividad.

Conclusión

De manera general, las fuentes de aprovisionamiento de agua analizados muestran la influencia de las actividades humanas que se realizan en su entorno; no obstante no es posible ser concluyente en el sentido de que la calidad de estas fuentes de agua sea mala para el tipo de uso requerido en virtud de que no se han cuantificado efectos negativos en la producción.

Anexo 5. Comparación de los valores medios de los parámetros determinados en las fuentes de aprovisionamiento de agua de ranchos de doble propósito en la región de Sucilá en noviembre de 1998 y mayo de 1999, y los establecidos por los criterios ecológicos de calidad del agua (CE-

Parámetro	Tipo de uso*		Fuentes muestreadas**										
	A	B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temperatura	CN+2.5	NE	25.8	26.0	26.0	24.6	25.2	25.2	25.6	25.9	26.4	25.6	23.2
Conductividad (μ S/cm)	NE	NE	1932	1760	1611	1825	1582	1605	1827	2065	1119	1933	1120
SDT (mg/L)•	500	1000	1047	998	926	1033	982	912	1005	998	745	1030	582
SST(mg/L)	500	NE	482	381	909	356	2207	7	1344	3	229	207	303
ST(mg/L)•	1000	NE	1062	1010	944	1046	996	926	1044	1161	753	1044	588
OD (mín) (mg/L)	4.0	NE	0.82	1.00	1.06	1.22	1.23	1.40	0.86	0.68	2.60	1.84	3.60
Alcalinidad (mg/L CaCO_3)	400	NE	265	259	261	267	256	254	268	274	242	258	205
Ph	5-9	NE	6.66	6.84	6.82	6.84	7.01	6.79	6.86	6.66	7.01	6.70	7.28
Cloruros (mg/L)	250	NE	249	210	170	228	202	190	234	285	152	259	107
Nitratos (mg/L)	5.0	90	10.08	7.72	5.32	5.58	6.32	6.92	7.16	3.83	5.29	6.02	4.05
Nitrógeno amoniaco (mg/L)	NE	NE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Fosfatos (mg/L)	0.1	NE	0.33	0.35	0.30	0.36	0.78	1.37	0.37	0.33	0.27	0.28	0.30
Sulfatos (mg/L)	500	NE	31.62	27.06	24.33	26.44	29.42	20.97	31.24	42.07	17.65	28.80	15.18
Coliformes fecales (NPM/100ml)	1000	NE	246	56	132	1211	552	305	78	123	26	122	166

CCA-001/89; DOF 13/12/1989). Los valores en negritas quedan fuera de los establecidos por la norma para alguno de los usos señalados.

Ti*.- A: Abastecimiento para agua potable; B: Abastecimiento para uso pecuario

*.- A: Abastecimiento para agua potable; B: Abastecimiento para uso pecuario

**.- Ver Tabla 1, valores máximos y mínimos.

NE.- No especificado

.- Medidos en las fuentes de aprovechamiento solamente en mayo de 1999

.-Fuente: Tabla de criterios ecológicos de calidad del agua. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.DOF13/12/1989.

Referencias

APHA, AWWA, WPCF 1985. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th Ed. Washington, EUA.

Barrenechea MA, Maldonado YV y Aurazo ZM. 2004. Aspectos fisicoquímicos de la calidad del agua. En: Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de

filtración rápida. Manual I: teoría. Tomo I (pp. 2-56). CEPIS.

CNA. 1998. Ley federal de derechos en materia de agua. México. 113 pp.

DOF 1989. Tabla de criterios ecológicos de calidad del agua. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. México.

- Duch GJ. 1988. La conformación territorial del estado de Yucatán. UACH. Centro regional de la península de Yucatán.
- Flores GS y Espejel CI. 1994. Tipos de vegetación de la península de Yucatán. Etnoflora Yucatanense. Fascículo 3. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán.
- Lagger JR, Mata HT, Pechin GH, Larrea AT, Otrosky RN, Cesan RO, Caimier AG y Meglia GE. 2000. La importancia de la calidad del agua en producción lechera. *Veterinaria Argentina*, 27(165): 346-354.
- Revelli GR, Sbodio OA, Tercero EJ y Uberti M. 2002. Impacto de la calidad de agua para bebida animal en relación a parámetros productivos, composicionales y reproductivos. *FAVE Sección Ciencias Veterinarias*, 1(1): 55-67.
- Torres DMC, Basulto SY, Cortés EJ, García U, Koh SA, Puerto RF y Pacheco AJG. 2014. Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de contaminación del agua subterránea en Yucatán. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*. 1(3): 189-203.
- Wikimedia Commons-[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yucatan_in_Mexico_\(location_map_scheme\).svg#/media/File:Yucatan_in_Mexico_\(location_map_scheme\).svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yucatan_in_Mexico_(location_map_scheme).svg#/media/File:Yucatan_in_Mexico_(location_map_scheme).svg)

Pesquerías continentales de México

Gaspar Dillanes, Ma. Teresa y Daniel Hernández Montaña (compiladores). 2013. Instituto Nacional de Pesca, México. 125 pp. ISBN: 978-607-8274-04-8

Karol Solís Ávila

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
karol.solis@gmail.com



Introducción

Ma. Teresa Gaspar Dillanes y Daniel Hernández Montaña, expertos en el área, presentan la obra *Pesquerías continentales de México* donde compilan trabajos sobre el conocimiento de la pesca en aguas interiores de importancia nacional. El libro consta de seis apartados que permiten conocer características limnológicas, taxonómicas y biológicas de los principales organismos acuáticos capturados y expone la situación de los recursos pesqueros y sus estrategias de manejo y reglamentación.

Contenido

En el primer apartado, Ma. Teresa Gaspar-Dillanes y Daniel Hernández-Montaña presentan la introducción del libro bajo el título *La pesca continental*. El documento ofrece un panorama internacional y nacional de la pesca de aguas continentales, destaca ésta actividad como fuente importante de proteína animal para gran parte de la población mundial y sobresale la importancia para el desarrollo socioeconómico de las regiones que cuentan con algún cuerpo de agua natural o artificial.

Gaspar Dillanes y Hernández Montaña destacan que los lagos y las presas de México han participado históricamente en el desarrollo económico de muchas regiones, sin embargo, estos cuerpos de agua han sufrido cambios acelerados en el equilibrio natural de manera acelerada. Los autores proponen (*ver p.10*) que “el uso del agua para práctica pesquera y acuícola debe partir de dos puntos”, a saber, “considerar al agua como recurso de disponibilidad limitada”; y, “la planificación de las actividades debe tener en cuenta el efecto del uso del agua por otros sectores en la propia actividad y los de ésta en la de otros usuarios”. Recomiendan planeación cuidadosa para desarrollar tres modalidades de explotación de los cuerpos de agua continentales, no mutuamente excluyentes: pesca de subsistencia, pesca o acuicultura con fines comerciales y pesca deportivo-recreativa.

La pesca y la acuicultura tienen gran importancia para la población ribereña ya que además de ser fuente de alimento constituyen parte fundamental de las dinámicas sociales, económicas y políticas de las comunidades.

Lo anterior, es una de las razones principales que dieron pauta para compilar trabajos que expusieran la situación de embalses altamente productivos en México.

En el segundo apartado, *Presa Lic. Gustavo Díaz Ordaz "Bacurato"*, Sinaloa, Ma. Teresa Gaspar-Dillanes, Victor I. González-Gallardo y Emilio Romero-Beltrán sitúan a la presa Lic. Gustavo Díaz Ordaz como obra hídrica construida cerca del poblado Bacurato para aprovechar el agua del río Sinaloa para riego agrícola y generación de energía eléctrica. Dicha presa es una de las once de Sinaloa, forma parte del proyecto hídrico denominado Sistema Hidráulico del Noroeste. Los autores exponen las características principales que dan cuenta de la calidad del agua así también de la situación del ambiente acuático de la presa. Exponen de manera detallada las especies que componen la pesquería del embalse, entre ellas se encuentran sardina *Dorosoma smithi*, bagre *Ictalurus punctatus*, lobina negra *Micropterus salmoides*, mojarra verde o criolla *Ciclasoma beani* y tilapia *Oreochromis aureus*. Con relación a la gestión de la pesquería de la presa, los autores mencionan la existencia de cuatro sociedades cooperativas de producción pesquera, a saber, Bacurato, Bacubirito, Vasobuena y Chicorato. Estas organizaciones conforman la Federación de Cooperativas de la Presa Barucato.

Con relación a la situación de la pesquería, Gaspar-Dillanes *et al.*, señalan que la pesca se desarrolla de agosto a febrero donde la principal especie capturada es *O. aureus*, le siguen en orden de relevancia, *I. punctatus* y *M. salmoides*. La pesquería se apoya en lanchas de fibra de vidrio, y la captura se realiza con redes de emballe. Los autores recalcan que la repoblación de *O. aureus* está a cargo de la federación de cooperativas.

El capítulo cierra en torno a las estrategias de manejo empleadas en la presa y mencionan que la única medida de regulación pesquera aplicada para todas las especies es veda voluntaria de abril a agosto. Con tal medida,

salvaguardan el ciclo reproductivo de la *O. aureus*. Como propuesta de manejo, los autores subrayan que el Plan de Manejo Pesquero servirá de insumo para instrumentar la Norma Oficial Mexicana del embalse. Al final, mencionan que la estrategia comercial consiste en llevar el producto al Mercado de Pescados y Mariscos de la Viga a través de la Federación de Cooperativas.

En el tercer apartado, Ezequiel Arredondo-Vargas, Claudio Osuna-Paredes, Carlos Meléndez-Galicia, Claudia de Jesús-Galicia y Daniel Hernández-Montaña presentan *Lago de Chapala, Michoacán y Jalisco*. Se describe el Lago de Chapala, sus dimensiones, indicando que su actividad pesquera es de las más importantes en los estados de Michoacán y Jalisco, y formando parte de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. El capítulo evidencia que la actividad pesquera del Lago de Chapala se distribuye en treinta localidades de doce municipios de Jalisco y Michoacán. Además, la Norma Oficial Mexicana (NOM-032-PESC-2003) autoriza, según de la especie de que se trate, artes de pesca como red agallera, palangre, red manguadora, atarralla y nasas artesanales. El texto sugiere que el lago posee amplia diversidad de peces. Tanto especies nativas (charal de rancho *C. consocium*, charal del verde *C. arge*, charal *C. jordani*, charal de Chapala *C. chapalae*, charal de la barca *C. labarcae*, pescado blanco boca negra *C. promelas*, pescado blanco de Chapala *C. sphyraena*, pescado blanco de la laguna *C. lucius*, bagre del Lerma *I. punctatus*) como introducidas (bagre de canal *I. punctatus*, carpa común *Cyprinus carpio communis*, carpa barrigona *C. c. rufrofuscus*, carpa espejo *C. c. specularis*, carpa dorada *Carassius auratus*, tilapia *O. aureus*) son base de la pesca comercial del embalse. El capítulo resalta que a partir de 2010 la sobreexplotación de los recursos pesqueros derivó en reducción importante del volumen de captura total hasta el punto de rebasar el rendimiento óptimo del Lago. El apartado termina sugiriendo elemen

tos para establecer medidas de reglamentación en el Lago.

El cuarto apartado corresponde al trabajo *Presa José Ma. Morelos “La Villita, Michoacán y Guerrero*. En éste apartado Ezequiel Arredondo-Vargas, Claudia Osuna-Paredes, Carlos Meléndez-Galicia, Claudia de Jesús-Avendaño y Daniel Hernández-Motaño señalan que la presa José Ma. Morelos “La Villita” fue diseñada principalmente para generar energía eléctrica. Es un cuerpo de agua con condición ambiental aceptable pues no tiene problemas graves de contaminación, sin embargo, presenta sobreexplotación generada por el aumento en el esfuerzo pesquero. Los autores mencionan que la pesca comercial de La Villita se compone por especies introducidas (tilapia *O. aureus* y *O. mossambicus*, carpa común *C. carpio*, carpa herbívora *C. idella* y carpa plateada *C. molitrix*) y nativas (mojarra del balsas *C. istlanum*, bagre del Balsas *I. balsanus*, carpa del Balsas *H. boucardi* y langostino de río *M. americanum*). De la captura dependen pescadores organizados en sociedades cooperativas que son el medio de aprovechamiento de los recursos pesqueros. La captura ha disminuido a partir de 2011 y las causas probables se deben al aumento en el número de pescadores, la contaminación de la Villita, así también al incremento de la población del llamado pez diablo. También se reconoce como parte del problema la falta de siembras y que algunos pescadores no respetan el uso de artes de pesca autorizados. El apartado finaliza enunciando las propuestas principales del proyecto de norma para el aprovechamiento pesquero en la presa La Villita.

El quinto apartado es el trabajo de Carlos Meléndez-Galicia, Andrés Arellano-Torres, Ezequiel Arredondo-Vargas, Claudio Osuna-Paredes y Daniel Hernández-Montaño, *Presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo”, Michoacán y Guerrero*. El capítulo comienza comentando que la Presa Adolfo López Mateos “El Infiernillo” forma parte del sistema

hidroeléctrico de la cuenca del río Balsas, y es un cuerpo de agua determinado por la temporada de lluvias. El texto argumenta la existencia de fauna ictiológica compuesta por especies nativas como son mojarra *C. istlanum* y bagre del balsas *I. balsanus* así como de especies introducidas como bagre canal *I. punctatus*, tilapia *O. aureus* y *O. niloticus*, carpa común *C. carpio*, carpa herbívora *C. idella*, carpa plateada *H. molitrix* y pez diablo *Plecotomus spp*, *Hypostomus spp* y *Pterygoplichthys spp*. Meléndez-Galicia, *et al*, sostienen que la actividad pesquera en El Infiernillo es de las más importantes en Guerrero y Michoacán. Con base en información oficial, sostienen que la principal especie capturada es *O. aureus*, le siguen carpa *I. balsanus* y bagre *I. balsanus*. La organización pesquera de la presa se conforma por organizaciones distribuidas entre ambas entidades federativas. Hacen saber que las artes de pesca empleadas son redes agalleras, nasa para carpa y atarraya. La explotación pesquera ha llevado a la disminución de captura desde 1987. Los autores sugieren que esto ha tenido impactos negativos sobre la comunicad de pescadores, pues éstos se dedican básicamente a la pesca extractiva durante todo el año. La sección termina abordando estrategias de manejo orientadas hacia la reglamentación vigente, elección de artes de pesca, así también, alternativas de manejo para mejor aprovechamiento de la pesquería.

El último apartado, *Lago de Catemaco, Veracruz*, por Rosa María Lorán-Núñez, Antonio Jesús Valdez-Guzmán, Francisco Rolando Martínez-Isunza y Ma. Teresa Gaspar-Dillanes, permite conocer que el Lago de Catemaco es el tercer cuerpo lacustre de México de acuerdo a su extensión y forma parte de la cuenca baja del río Papaloapan. La lectura sugiere que su pesquería está compuesta por peces de las familias *Cambariidae*, *Ampullariidae* y *Clupeidae*. De las cuales sólo tres especies introducidas son parte de la

Conclusión

pesca comercial. Históricamente la pesca en general ha sido fuente de proteína muy barata y, el lago es considerado el más productivo de México. El texto permite saber que las artes de pesca utilizadas son línea de mano y vara, atarraya y chinchorro. Este apartado cierra mencionando la carencia de una norma oficial para manejo responsable de los recursos pesqueros por lo que, expone cinco puntos de referencia como propuestas de manejo de la pesquería.

El libro, *Pesquerías continentales de México*, es un material de lectura para quienes deseen conocer la situación reciente de la pesca en cuerpos de agua continentales. También, es un punto de partida para introducir a la dinámica de lagos y presas. Además, incentiva para hacer propuestas de investigación multidisciplinaria que interrelacionen la biología con otras ciencias (por ejemplo antropología, economía y sociología) y así comprender de manera integral lo acontecido en las pesquerías.

1. El Plan de Manejo Pesquero se fundamenta en el trabajo Beltrán ÁR, J Sánchez y JP Ramírez. (2007). *Diagnóstico socioeconómico y pesquero de la presa Gustavo Díaz Ordaz "Bacurato"*. Informe final. Facultad de Ciencias del Mar-Universidad Autónoma de de Sinaloa, México.