ISSN 2007– 431X

UADY
CAMPUS DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
"Luz, Ciencia y Verdad"
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Bioagrociencias

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

Nutracéuticos: ¿Qué son y para qué sirven?

2016 AÑO INTERNACIONAL DE LAS LEGUMBRES

ISSN 2007-431X

Volumen 9, Número 2

Julio-Diciembre 2016

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 Wiliams
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

Fotografía de la portada
Javier Ventura Cordero ©

Armado editorial de la publicación
Virginia Meléndez Ramírez

Bioagrociencias, Año 9 (julio a diciembre de 2016), 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 2017.

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:

bioagrociencias@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

Cambio climático: el papel de las algas verdes calcáreas y su relación con el carbono azul..….…………1

Ileana Ortegón Aznar, Andrea Chuc Contreras, Armin Tuz Sulub y Jorge Santos Flores

El frijol en el año internacional de las legumbres…………………..……………………..……………8

Carmen Salazar Gómez-Varela y Juan Tun Garrido

Métodos gráficos para la exploración de patrones de diversidad en Ecología………………..…………11

Roberto Barrientos Medina, Jorge Leirana Alcocer y Jorge Navarro Alberto

Nutracéuticos: ¿Qué son y para qué sirven?…….……………………………………...………...…...…..19

Javier Ventura Cordero, Carlos A. Sandoval Castro, Pedro G. González Pech, J. Felipe J. Torres Acosta, Concepción M. Capetillo Leal y Ronald H. Santos Ricalde

Pasado y presente de la acuacultura en Yucatán……………..……………………………...….……27

Gaspar Román Poot López y Eucario Gasca Leyva

Cambio climático: el papel de las algas verdes calcáreas y su relación con el carbono azul

*Ileana Ortegón Aznar, Andrea Chuc Contreras, Armin Tuz Sulub y Jorge Santos Flores

Departamento de Biología Marina. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
*oaznar@correo.uady.mx

Introducción

En los últimos 250 años han ocurrido cambios en el planeta, y uno de estos es el cambio climático provocado principalmente por el dióxido de carbono (CO_2) atmosférico que ha aumentado en casi un 40 %, pasando de los niveles preindustriales de unos 280 ppmv (partes por millón de volumen) a más de 400 ppmv (Bala 2013). Este aumento es derivado de la excesiva combustión de combustibles fósiles y la deforestación. Dentro de toda esta temática relacionada al cambio climático se han acuñando términos asociados a él. Actualmente hay una clasificación del carbono en cuatro tipologías: carbono "Marron", "Negro", "Verde" y "Azul".

El "Carbono Marrón" se refiere a las emisiones que se conocen como los gases de efecto invernadero tales como el CO_2 y el metano (CH_4). El "Carbono Negro" son las partículas resultantes de la combustión incompleta, como el hollín y el polvo, éstos ingresan a los océanos por medio de los aerosoles y la deposición fluvial, y puede ser la causa del 25% del calentamiento del planeta observado en los últimos 100 años. El carbono negro tiende a permanecer en la atmósfera durante días o semanas mientras que el "Carbono Marrón" permanece en la atmósfera aproximadamente un siglo (Nellemann *et al*. 2009). El "Carbono Verde" se refiere al carbono terrestre capturado por la fotosíntesis, es almacenado en la biomasa vegetal y en los suelos de los ecosistemas como los bosques, pero también en plantaciones, suelos agrícolas y pastizales. El "Carbono Azul" es el carbono capturado por organismos de los océanos (e.g. fitoplancton, pastos marinos) y es depositado en sus sedimentos, quedando almacenado por milenios (Nellemann *et al*. 2009).

Los océanos desempeñan un papel importante en el ciclo mundial de carbono, representando el mayor sumidero de carbono a largo plazo, ya que almacenan y redistribuyen aproximadamente el 93% del CO_2 del planeta (Nellemann *et al*. 2009). Los hábitats oceánicos con cubierta vegetal, en particular los manglares, las marismas y pastos marinos, cubren menos del 0.5% del fondo del mar. Sin embargo constituyen los principales sumideros de carbono azul del planeta, almacenando quizá hasta el 71%, del total del carbono que hay en los sedimentos oceánicos. Aunque constituyen solo el 0.05% de la biomasa vegetal terrestre, almacenan una cantidad comparable en estas (entre 235 y 450 Tg C año^{-1}), que es el equivalente a casi la mitad de las emisiones de todo el sector mundial del transporte, estimado en 1.000 Tg de C por año^{-1} (Trumper *et al.* 2009).

Dentro de los organismos marinos las macroalgas son importantes en el ecosistema, ya que sirven de alimento y refugio a peces e invertebrados, modifican los fondos marinos al fijar los sustratos por medio de sus rizoides, absorben CO_2, enriquecen las aguas con oxígeno y aportan

nutrientes (Adey, 1998). La característica que tienen algunas algas marinas de incorporar carbonato de calcio a sus células hace de estas algas organismos estructurales de su hábitat. Dentro de los sistemas de carbono azul, las macroalgas no han sido consideradas con un papel importante. Sin embargo, diferentes autores consideran que las comunidades de macroalgas tienen el potencial de hacer contribuciones ecológicamente significativas hacia el secuestro de carbono (Mcleod *et al*. 2011, Trevathan-Tackett *et al*. 2015). El objetivo de este trabajo fue revisar el papel de las Algas Verdes Calcáreas (AVC) como captadoras de carbono, ya que es uno de los menos contemplados dentro de los esfuerzos por combatir los gases de efecto invernadero, y a su vez analizar como el cambio climático puede afectar seriamente su presencia en los ecosistemas costeros.

Las Algas Verdes Calcáreas (AVC)

Las AVC son parte de un grupo polifilético de especies pertenecientes a las Bryopsidales (*Halimeda, Penicillus, Rhipocephalus* y *Udotea*) y Dasycladales (*Acetabularia, Cymopolia* y *Neomeris*), y son conocidos como productores de carbonato debido a su alta producción de $CaCO_3$ en las aguas tropicales de los ambientes costeros (Granier 2012). Como se mencionó anteriormente las macroalgas no han sido incluidas como parte del carbono azul debido a que en la mayoría de los estudios se indica que no secuestran carbono (Duarte *et al*. 2013), ya que crecen en sustratos rocosos lo que limita su capacidad para actuar como sumideros de carbono a largo plazo. Sin embargo, estos estudios se han realizado principalmente con las macroalgas carnosas y poco se ha trabajado con otros grupos algales que potencialmente tienen un papel importante dentro del ciclo del carbono azul, tal como las AVC, ya que puede actuar como una fuente rica de carbono y hacer contribuciones significativas en forma de detritus en el sedimento (Hill *et al*. 2015).

La calcificación implica la precipitación de iones de Ca^{2+} y CO_3^{2-} lo cual puede representar hasta la mitad de la producción mundial de $CaCO_3$ de los océanos (Beach *et al*. 2003). El proceso de calcificación biogénica está estrechamente acoplado a la fotosíntesis, debido al cambio en el sistema de carbonato por absorción de CO_2 y el aumento análogo del pH, lo que da como resultado una deposición de $CaCO_3$ que se almacena en forma de sedimentos durante largos períodos de tiempo (ver en Fig. 1) (Borowitzka 1984). En la mayoría de los casos, el $CaCO_3$ se encuentra como aragonita mineral, ya sea depositada en la superficie celular (e.g. *Penicillus*) o en espacios intercelulares (e.g. *Halimeda*) (Hill *et al*. 2015).

El género *Halimeda* (Fig. 2) contribuye con un 8% a la producción mundial total de carbonato (Freile y Hillis 1997). Sin embargo, se ha detectado que la producción de $CaCO_3$ puede variar dependiendo de las diferentes regiones. Por ejemplo, la producción anual de *Halimeda* en Puerto Morelos, Quintana Roo se reporta en 815 g/m^2 $año^{-1}$ de $CaCO_3$ (van Tussenbroek y Van Dijk 2007), mientras que en la producción en Panamá puede alcanzar 2323 g/m^2 $año^{-1}$ $CaCO_3$ (Freile y Hillis 1997). Esta capacidad hace que éstos calcificadores sean muy importantes para el almacenamiento de carbono y para la producción de sedimentos marinos que también contribuyen a la deposición de carbono (Díaz-Pulido *et al*. 2007). Además, se ha estimado que el rango de calcificación en el AVC *Halimeda opuntia* tiene una tasa de 8.9 mg $CaCO_3$ g^{-1} h^{-1} a la luz e incluso durante la obscuridad es capaz de calcificar a una tasa más reducida de 6.4 mg $CaCO_3$ g^{-1} h^{-1} (Vogel 2015).

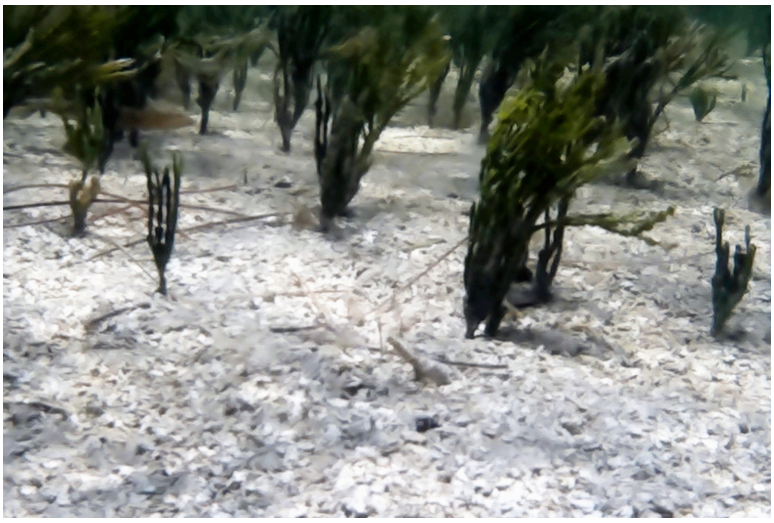

Figura 1. Fondo marino compuesto de sedimento formado de algas verdes calcáreas en San Felipe, Yucatán, México. Fotografía de Andrea Chuc Contreras©.

Figura 2. Alga verde calcárea de la especie *Halimeda incrassata*. Fotografía de Andrea Chuc Contreras©.

Carbono Azul

Los principales sumideros de carbono azul están referidos a las comunidades vegetales costeras. Sin embargo, el stock de carbono es formado por una combinación de fuentes autóctonas (derivados de productores primarios dentro del hábitat) y alóctonas (derivado de fuentes externas de carbono) (Hill *et al*. 2015).

Para diferenciar los distintos tipos de sumideros se considera la tasa de Producción: Respiración (P: R). Sí se tiene un P: R mayor que 1 es un sumidero de carbono, ya que remueve y almacena más carbono que el que libera, mientras que una relación de menos de 1 se considera una fuente de carbono neto. Sin embargo, en el caso de algunos sistemas costeros que tienen un P: R de menos de 1, es tan grande la cantidad del carbono alóctono que genera y que queda atrapado y secuestrado, que en realidad podría ser considerado como sumidero de carbono (Hill *et al*. 2015).

Asimismo, las macroalgas puedan hacer contribuciones significativas al secuestro global de carbono actuando como "Donadores de carbono", esto se da cuando un autótrofo "dona" carbono a otro "receptor" que finalmente secuestran ese carbono. Por lo tanto, los donantes del carbono hacen contribuciones indirectas al secuestro de carbono. Este movimiento de carbono de un sistema a otro es denominado "fuga de carbono" Esto puede verse en los ecosistemas de pastos marinos que tienen una alta capacidad de captura de partículas de carbono de otras fuentes (Gruber y Kemp 2010).

Para que un sistema sea un donante significativo de carbono, existen tres requisitos: (1) altas tasas de producción de biomasa; (2) transferencia efectiva de biomasa a los hábitats receptores y (3) el carbón del donante debe someterse a un secuestro eficiente de biomasa dentro de los hábitats receptores, de manera que evada la actividad microbiana (Hill *et al*. 2015). Los tres requisitos son necesarios, ninguna es redundante o sustituible y las macrolagas cubren con todos estos requisitos ya que tiene una alta producción de biomasa; la producción primaria (0.19-0.64 Pg C año-^{1}) excede el de todos los hábitats costeros como pastos, marismas y manglares combinados (Duarte *et al*. 2013), transfieren el carbono a los hábitats vegetales costeros y que a su vez son secuestrados por éstos. En las macroalgas, el carbono alóctono puede contribuir tanto como la mitad del carbono orgánico total que se secuestra en un prado de pastos (Kennedy *et al*. 2010 en Hill *et al*. 2015).

El cambio climático como precursor de la acidificación del océano y sus efectos en las AVC.

El cambio climático global ha sido provocado principalmente por el exceso de CO_2 en la atmósfera, y cuando es absorbido por el océano, reacciona con el agua de mar, aumentando la acidez del agua y bajando por lo tanto el pH. El CO_2 absorbido reacciona con el agua de mar, formando ácido carbónico. Este ácido libera un ion de bicarbonato y uno de hidrógeno. A su vez, este ion de hidrógeno libre se une a los iones de carbonato libres en el agua, formando otro ion de bicarbonato que impide la absorción de carbonato disponibles para los organismos marinos (Hoegh-Guldberg y Bruno 2010). Estos cambios pueden interferir con el secuestro de $CaCO_3$ y dificulta la absorción de los elementos necesarios para que algunos organismos marinos tales como corales, almejas y algas, sean capaces de formar estructuras clave como caparazones y esqueletos

de $CaCO_3$ (Kroeker *et al*. 2010). Si este proceso continua en el océano, el medio donde viven se volverá tan corrosivo que podría disolver sus conchas y esqueletos.

En los últimos años, se han estudiado los efectos de la acidificación del océano en los organismos marinos y en los ecosistemas, especialmente en productores de carbonato de calcio ($CaCO_3$) y se ha detectado una relación entre la tasa de calcificación de muchos organismos y el nivel del pH del océano (Andersson *et al*. 2008). Para muchos organismos la producción de $CaCO_3$ puede disminuir a medida que va disminuyendo el pH. Asimismo, concentraciones elevadas de CO_2, junto con el efecto ocasionado por las altas temperaturas, disminuye la calcificación neta (Koch *et al*. 2013).

Las AVC son un grupo de organismos que constituyen uno de los más significativos productores de $CaCO_3$, no obstante, son vulnerables a la acidificación del océano. El aumento del CO_2 puede ocasionar la disminución de las algas calcáreas y favorecer el crecimiento de macroalgas carnosas y uno de los problemas es que no se conoce en su totalidad los efectos que tiene la acidificación en su producción primaria y su tasa de calcificación (Barry *et al*. 2013). Por lo cual, es fundamental conocer los mecanismos que intervienen en la calcificación y productividad primarias de las algas calcáreas, así como comprender sus necesidades fisiológicas y sus respuestas ecológicas a la acidificación del océano.

Conclusión

Los ecosistemas costeros producen y acumulan grandes cantidades de carbono, incluso en mayores cantidades que los bosques terrestres. Sin embargo, son altamente vulnerables a los impactos del cambio climático como el aumento del nivel del mar, el aumento de la temperatura y la acidificación, siendo este último punto altamente importante para todos aquellos organismos capaces de incorporar carbonato de calcio en su sistema, ya que corren riesgo de sobrevivencia por el incremento del pH en el mar.

Las AVC proporcionan importantes servicios a los ecosistemas costeros, tanto en su papel como productoras de sedimentos calcáreos como su función en los procesos de producción y exportación de carbono. Sin embargo, poco se sabe sobre su biomasa real, su productividad y producción de $CaCO_3$ así como la cantidad de carbono que absorbe y su impacto en el hábitat receptor.

Considerando la importancia de las AVC en los ecosistemas costeros, como captadores y donadores de Carbono, así como productores de sedimentos, y el impacto tan grande que puede tener la acidificación del océano en su fisiología, se hace más evidente la necesidad no solo de estudiarlas más a fondo si no de proteger estos ecosistemas que son altamente vulnerables.

Referencias

Adey WH. 1998. Coral reefs: algal structured and mediated ecosystems in shallow, turbulent, alkaline waters. Journal of Phycology 34: 393-406.

Andersson AJ, Mackenzie FT y Bates NR. 2008. Life on the margin: implications of ocean acidification on Mg-calcite, high latitude and cold-water marine calcifiers. Marine Ecology Progress Series 373: 265-273.

Bala G. 2013. Digesting 400 ppm for global mean CO_2 concentration. Current Science 104: 1471-1472.

Barry SC, Frazer TK y Jacoby CA. 2013. Production and carbonate dynamics of *Halimeda incrassata* (Ellis) Lamouroux altered by *Thalassia testudinum* Banks and Soland ex König: Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 444: 73-80.

Beach KL, Walters LJ, Vroom P, Smith C, Coyer J y Hunter C. 2003. Variability in the ecophysiology of *Halimeda* spp. (Chlorophyta, Bryopsidales) on conch reef, Florida Keys, USA: Journal of Phycology 39: 633-643.

Borowitzka MA. 1984. Calcification in aquatic plants. Plant, Cell and Environment 7: 457-466.

Díaz-Pulido G, McCook LJ, Larkum AWD, Lotze HK, Raven JA, Schaffelke B, Smith JE y Steneck RS. 2007. Vulnerability of macroalgae of the Great Barrier Reef to climate change. En Johnson JE y Marshall P (Eds) Climate Change and the Great Barrier Reef. Reef Marine Park Authority and Australian Greenhouse Office, Australia. pp 154-192.

Duarte CM, Losada IJ, Hendriks IE, Mazarrasa I y Marba N. 2013. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. Nature Climate Change 3: 961–968.

Freile D y Hillis L. 1997. Carbonate productivity by *Halimeda incrassata* land in a proximal lagoon, Pico Feo, San Blas, Panama. In Proceedings 8th International Coral Reef Symposium 1: 767-772.

Granier B. 2012. The contribution of calcareous green algae to the production of limestones: a review. Geodiversitas 34 (1): 35-60.

Gruber RK y Kemp WM. 2010. Feedback effects in a coastal canopy-forming submersed plant bed. Limnology and Oceanography 55: 2285–2298.

Hill R, Bellgrove A, Macreadie PI, Petrou K, Beardall J, Steven A y Ralph PJ. 2015. Can macroalgae contribute to blue carbon? An Australian perspective Limnology and Oceanography 60: 1689-1706

Hoegh-Guldberg O y Bruno JF. 2010. The impact of climate change on the world's marine ecosystems: Science 328:1523-1528.

Koch M, Bowes G, Ross C y Zhang XH. 2013. Climate change and ocean acidification effects on seagrasses and marine macroalgae: Global Change Biology. 19:103-132.

Kroeker KJ, Kordas RL, Crim RN y Singh GG. 2010. Meta-analysis reveals negative yet variable effects of ocean acidification on marine organisms: Ecology letters 13: 1419-1434.

Mcleod E, Chmura GL, Bouillon S, Salm R, Björk M, Duarte CM, Lovelock CE, Schlesinger WH y Silliman BR. 2011. A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO2. Frontiers in Ecology and the Environment 9: 552–560.

Nellemann C, Corcoran E, Duarte CM, Valdés L, De Young C, Fonseca L y Grimsditch G. 2009. Carbono Azul. Evaluación de una respuesta rápida. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, GRID-Arendal, www.grida.no. 51 pp.

Trevathan-Tackett SM, Kelleway J y Macreadie PI. 2015 Comparison of marine macrophytes for their contributions to blue carbon sequestration. Ecology 96: 3043-3057

Trumper K, Bertzky M, Dickson B, van der Heijden GM y Jenkins P. 2009. ¿La solución natural? El papel de los ecosistemas en la mitigación del cambio climático. Evaluación rápida del PNUMA, WCMC del PNUMA, Cambridge, Reino Unido. 65 pp

van Tussenbroek BI y van Dijk JK. 2007. Spatial and temporal variability in biomass and production of Psammophytic *Halimeda incrassata* (Bryopsidales, Chlorophyta) in a Caribbean reef lagoon. Journal of Phycology 43:69-77

Vogel N, Fabricius KE, Strahl J, Noonan SHC, Wild C y Uthicke S. 2015. Calcareous green alga *Halimeda* tolerates ocean. Coral Reefs acidification conditions at tropical carbon dioxide seeps. Limnology and Oceanography 60:263-275

El frijol en el año internacional de las legumbres

*Carmen Salazar Gómez-Varela y Juan Tun Garrido

Departamento de Botánica. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
*csalazar@correo.uady.mx

La Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el año 2016 "Año Internacional de las Legumbres", con el fin de sensibilizar a la opinión pública sobre sus ventajas nutricionales y para incluirlas como parte de una producción sostenible de alimentos encaminada a logr8ar la seguridad alimentaria y la nutrición. En este contexto, se considera legumbre a los frutos y semillas de las leguminosas, o Familia Fabaceae, que han sido la base de la alimentación desde el inicio de la agricultura.

El consumo conjunto de leguminosas y cereales (Familia Poaceae), complementa los aminoácidos necesarios para la alimentación humana, el valor nutricional de la mezcla es mucho mejor que la proteína de cada grano por separado ya que se compensa la deficiencia de lisina del maíz y la de metionina y cisteína del frijol (Paredes-López *et al*. 2006). Es por ello que en casi todas las culturas, la dieta se basa en la mezcla de leguminosas y cereales: soya y arroz en el Lejano Oriente; trigo, cebada y avena con garbanzos, lentejas y habas en Europa y Asia central; mijo y sorgo con espelón o frijol gandú en África. En términos agronómicos además, el cultivo combinado cereal-leguminosa permite que el nitrógeno tomado por las primeras se reincorpore al suelo gracias a las leguminosas, manteniendo el equilibrio en la fertilidad del suelo.

En México, la principal leguminosa en la dieta es el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), con sus múltiples variantes en color, tamaño, sabor y ciclo agrícola. Sin embargo también se consumen en menor medida otros frijoles del mismo género *Phaseolus*, pero distintas especies: P. coccineus, conocido como ayocote y *P. lunatus*, llamado frijol Lima (en Yucatán, en maya se llama ib), siguen en preferencia de consumo al frijol común.

Los frijoles junto con el maíz han sido la base de la alimentación desde tiempos prehispánicos, por ejemplo el makulaniwaaj es uno de los múltiples platillos tradicionales mayas que incluye maíz, frijol y semilla de calabaza (Fig.1). El cultivo del frijol en la milpa tradicional asociado con calabazas, es complementario agronómica y ecológicamente. Zizumbo-Villarreal *et al*. (2012), sugieren que sus ancestros silvestres ya se consumían en conjunto, y fue su eficiencia nutricional lo que motivó el desarrollo del cultivo asociado de sus parientes domesticados, como se realiza hasta la actualidad. 8

Hasta hace algunas décadas, el frijol fue consumido de manera cotidiana en la inmensa mayoría de los hogares mexicanos, esto a pesar de que se le considere comida de pobres. Esto se confirma en múltiples dichos: "echarle agua a la olla de frijoles" para completar la comida, "para frijoles los de mi casa" indicando que son poca cosa, o "es mejor frijoles con amor que gallina con dolor" que implica la sustitución de la carne por frijoles en la pobreza. Los estadounidenses emplean el término "frijolero" para referirse a los mexicanos de manera despectiva. Es interesan-

te que aunque estos dichos y términos identifican al frijol como una comida de pobres, también muestran lo arraigado y cotidiano del consumo de frijol entre los mexicanos.

Figura 1. Makulaniwaaj, uno de los platillos tradicionales mayas. Fotografía Carmen Salazar Gómez-Varela©

En los últimos años el consumo de frijol ha disminuido drásticamente. Según investigadores de la Universidad Autónoma del Estado de México (Así sucede, 2016), hace dos décadas el consumo anual per capita fue de 20 k y actualmente solo de 8 k. García y Bermúdez (2014), mencionan que el abandono de la dieta a base de frijol y maíz, se debe, entre otras razones, a la sustitución de estos granos por productos industrializados cuya materia prima son harinas y azúcares refinados de escaso valor nutritivo o que incluso son perjudiciales para la salud. Cantón Ruz (2016), en su estudio compara el consumo de alimentos actual con el que había en 1993, en una población rural de Yucatán, encontró que los frijoles y el maíz aportaban la mayor parte de las proteínas a la dieta, mientras que en la actualidad este aporte está dado básicamente por alimentos de origen animal, ricos en colesterol. Esta transición alimentaria no es exclusiva de México, pero en el país ha tenido consecuencias gravísimas, aumentando de forma acelerada la prevalecía de enfermedades crónico-degenerativas, como diabetes e hipertensión, relacionadas con el sobrepeso y la mala nutrición (González 2013).

El frijol común cocido contiene 20.3-29.0% de proteína (Reyes-Moreno y Paredes-López 1993), 4.5% y 22.6% de fibra dietética soluble e insoluble respectivamente, que producen niveles elevados de colecistocinina, relacionada con la disminución en los niveles plasmáticos de glucosa e insulina en pacientes diabéticos, además el consumo diario de frijoles disminuye la concentración de colesterol sérico con un consecuente efecto cardioprotector (Wright 1990, Bourdon *et al*. 2001, citados por Serrano y Goñi 2004). Aunque los frijoles también contienen compuestos

no nutritivos como inhibidores de enzimas, fitatos, oxalatos, compuestos fenólicos, saponinas, cianógenos y varios factores antivitamínicos, el remojo y la cocción eliminan o disminuyen muchas de estas substancias nocivas (Serrano y Goñi 2004). Por lo que los beneficios del consumo de frijol superan los posibles efectos nocivos. Es por ello que se considera que la reincorporación del frijol a la dieta de los mexicanos debería ser una prioridad para el sistema de salud, y para la SAGARPA el fomento del cultivo de las variedades mexicanas.

En años recientes han surgido diversos movimientos para revalorizar las cocinas tradicionales locales como parte de todo el sistema agroalimentario. La cocina tradicional de México cobró un mayor interés a nivel nacional e internacional desde que fue incluida por la UNESCO en 2010, en la lista de Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad. Fomentar los sistemas alimentarios tradicionales es una manera de alcanzar la soberanía alimentaria, promover una mejor nutrición (Cantón-Ruz 2016) y conservar la agrodiversidad junto con los sistemas agrícolas tradicionales (Salazar 2014). La dieta mesoamericana tiene todos los componentes para ser completa y sana: una alta proporción de vegetales (verduras, hierbas y frutas); semillas de calabaza, como fuente de aceites de alta calidad; una baja proporción de productos de origen animal, y la base conformada por la combinación de maíz y frijol, por lo que no es necesario importar otras dietas ni elementos de otras regiones. En esta dieta los frijoles indudablemente tiene un papel preponderante, y su combinación con maíz debe ser revalorizada y fomentada.

Referencias

Así sucede. 2016. Disminuye cultivo y consumo de frijol. Nota periodística 20 de junio. Disponible en línea: http://asisucede.com.mx/disminuye-cultivo-consumo-frijol.

Cantón-Ruz A. 2016. Aportes nutricionales de los sistemas productivos tradicionales a la dieta maya yucateca. Tesis de Licenciatura en Biología. CCBA. UADY. Mérida, Yucatán. México.

García M y Bermúdez G. 2014. Alimentos sustentables a la carta. De la tierra a la mesa. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

González J. 2013. Con la dieta en problemas. Reflexiones entre ciencia y política de la cultura en México. En: Padilla, R. y L. Leal (Coords.). La configuración estratégica para las políticas culturales en México. Monografías de la Academia. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

Paredes-López O, Guevara L y Bello L. 2006. Los alimentos mágicos de las culturas mesoamericanas. Fondo de Cultura Económica. México.

Reyes-Moreno C y Paredes-López O. 1993. Hard-to-cook phenomenon in common beans – a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 33: 227-286

Salazar C. 2014. Contribución de la cultura alimentaria maya en la selección y conservación de diversidad de recursos fitogenéticos. Tesis doctoral CICY. Mérida, Yucatán, México.

Serrano J y Goñi I. 2004. Papel del frijol negro *Phaseolus vulgaris* en el estado nutricional de la población guatemalteca. Rev. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 54 (1): 36-46.

Zizumbo-Villarreal D, Flores-Silva A y Colunga-GarcíaMarín P. 2012. The Archaic Diet in Mesoamerica: Incentive for Milpa Development and Species Domestication. Economic Botany. Economic Botany 66:328-342

Métodos gráficos para la exploración de patrones de diversidad en Ecología

*Roberto Barrientos Medina, Jorge Leirana Alcocer y Jorge Navarro Alberto

Departamento de Ecología. Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
*rcarlos@correo.uady.mx

Resumen

En esta contribución se describen una serie de herramientas visuales útiles en la inspección de patrones de diversidad para comunidades ecológicas. Para cada método, se expone la forma de construcción y ventajas y principios de aplicación para datos de peces estuarino-lagunares. Se incluye una breve reflexión sobre la aplicabilidad e impacto de estos métodos en la toma de decisiones sobre el conocimiento y conservación de las comunidades ecológicas.

Introducción

La biodiversidad es la variabilidad que existe entre los organismos, desde las fuentes y sistemas ecológicos de los cuales forman parte, incluyendo la diversidad dentro de las especies, entre especies y la de los ecosistemas. Desde la perspectiva de la Ecología, las unidades de estudio son paisajes, ecosistemas, comunidades y conjuntos (*assemblages*), reconociéndose que no todas las especies son abundantes. En muchos ecosistemas, algunas especies monopolizan el espacio o la energía (p.ej. tienen la mayor parte de la biomasa o de los individuos), en tanto que muchísimas otras tienen muy pocos individuos o biomasa.

Este patrón es muy común en muchas de las comunidades bióticas, tanto que de manera informal algunos autores se refieren a este patrón como una "ley" científica (McGill 2011). En otras palabras, las comunidades típicas están compuestas de muchas especies con pocos individuos y muy pocas especies con gran abundancia. Aunque hay modelos teóricos y empíricos para tratar de ajustar los datos y determinar patrones de abundancia (Krebs 1999, Magurran 2004), es mejor explorar la forma de las distribuciones de las abundancias a través de métodos visuales. En el presente trabajo se exponen algunos de estos métodos, ejemplificados con parte de los datos presentados por Mena-Abud (1994) para los peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán. En dicho trabajo se determinaron patrones de variación espacio-temporales para el conjunto ictiofaunístico. Este trabajo se centra en los cambios entre épocas climáticas (seca – lluviosa).

Curvas rango-abundancia

Whittaker (1965) sugirió el uso de curvas rango-abunancia para determinar los patrones de distribución de la abundancia de las especies en las comunidades ecológicas. Se obtienen al ordenar

jerárquicamente a las especies presentes en cada unidad de muestreo. Se coloca primero la de mayor abundancia y, con base en esta ordenación, se obtiene un perfil de abundancias por rango, de ahí su nombre. En estas curvas, las abundancias se representan en escala logarítmica (en este caso base 10) y presentan la enorme ventaja de que resumen gran cantidad de información en poco espacio. En el ejemplo (Fig. 1), se pueden ver cuántas especies son las más abundantes, cuántas las más raras y cuál es la diferencia de abundancia entre ellas.

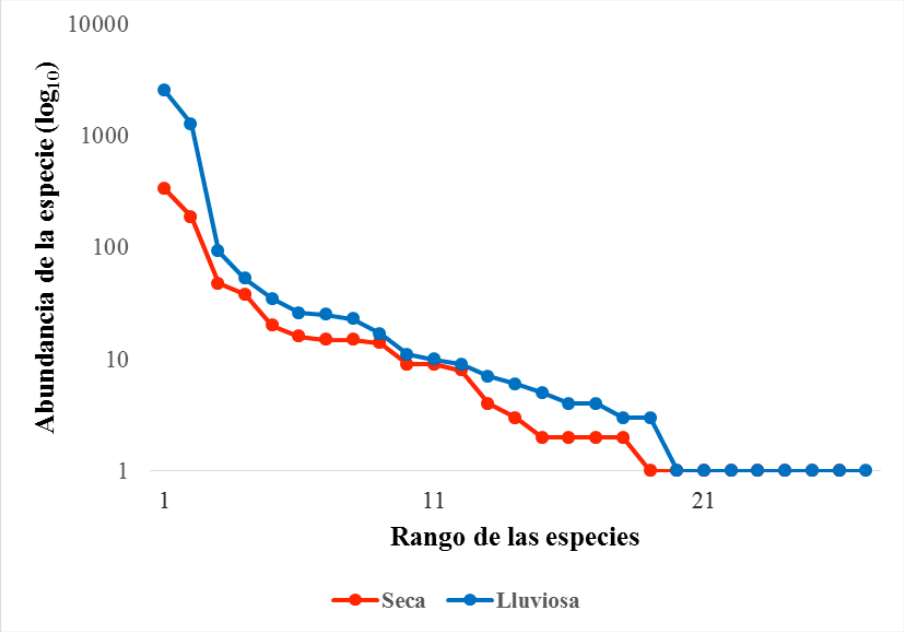

Figura 1. Curva de Rango-abundancia de las especies de peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán.

Una variante de esta curva fue sugerida por Magurran (2004), en la que en el eje de las ordenadas (que contiene a las abundancias) se expresa en términos de la proporción con la que la especie contribuye a la abundancia total (Fig. 2).

En general se puede decir que en comunidades más equitativas, la pendiente de la curva será más suave pues existe poca diferencia entre las especies más abundantes y las que les siguen. Comunidades en las que unas pocas especies son muy dominantes, como la del ejemplo, mostrarán una pendiente más pronunciada. Este último patrón se hace más evidente en la Fig. 2. Estas curvas se pueden ajustar a cuatro escenarios de dominancia-diversidad (geométrico, log-normal, logarítmico y de nicho aleatorio), aunque no siempre es posible realizar comparaciones estadísticas (Whittaker 1965). Los avances realizados en el estudio de las distribuciones de abundancias de especies permiten incorporar técnicas de mayor rigor estadístico (pruebas de bondad de ajuste y análisis de comparación de modelos) para extraer inferencias más robustas que la simple determinación de patrones (Wilson 1991, Matthews y Whittaker 2014).

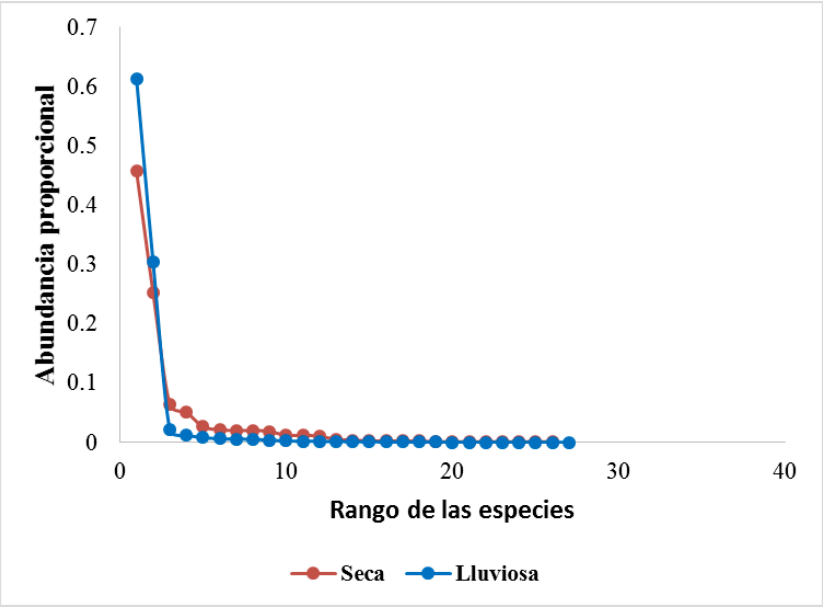

Figura 2. Curva de Rango-abundancia de las especies de peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán, con el eje de la abundancia en términos relativos.

Curvas *k-dominancia*

Lambshead *et al*. (1983) sugirieron las curvas k-dominancia para detectar diferencias en dominancia entre conjuntos de especies marinas bénticas. En su construcción se utilizan el rango de las especies (en el eje de las abscisas) y el porcentaje de abundancia acumulado (en las ordenadas, Fig. 3).

En la época lluviosa dos especies contribuyen con casi el 92% de la abundancia acumulada, mientras que para la época seca se necesita considerar la aportación de ocho especies para llegar a un porcentaje similar (Fig. 3). Resulta evidente entonces que en la época lluviosa hay una mayor dominancia que en la época seca.

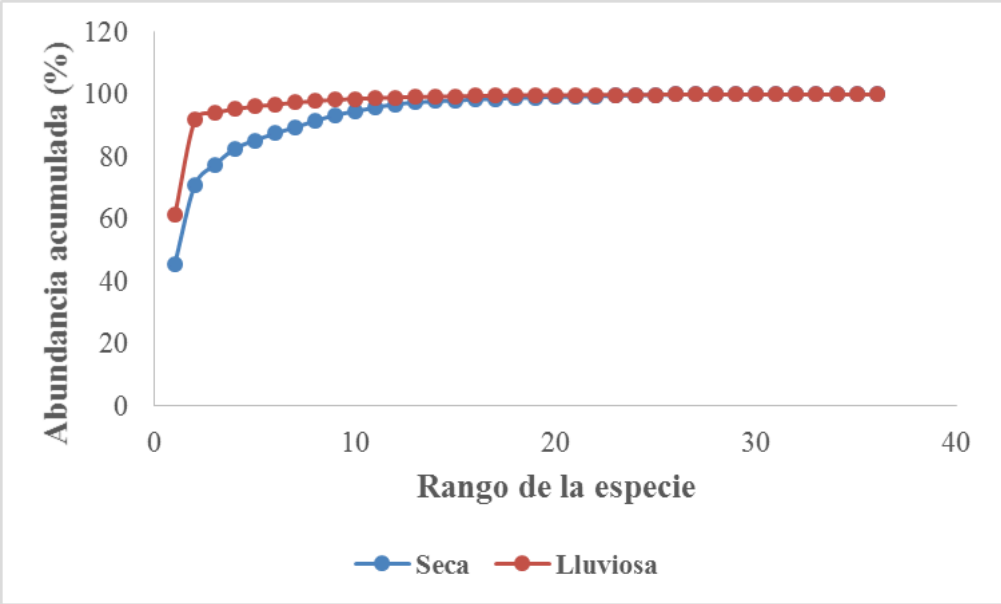

Figura 3. Curva *k-dominancia* para los peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán.

Curva de distribución empírica de probabilidad

McGill (2011) recomienda una variante para describir la distribución de las abundancias de las especies, se denomina curva de distribución empírica de probabilidad (ECDF por sus siglas en inglés). En esta clase de curvas, las abundancias van ordenadas en el eje horizontal (de menor a mayor y en escala logarítmica, por lo general en base 10) mientras que en el eje vertical se representa la proporción acumulada de especies con cada porcentaje de la abundancia total (Fig. 4). Este gráfico tiene las ventajas de que puede ser usado para comparar varias comunidades, sin enfocarse tanto en las diferencias en riqueza (que pueden oscurecer otros patrones); además existe un gran batería de métodos estadísticos para probar el ajuste de distribuciones teóricas a los datos observados.

Las diferencias entre épocas se deben a las distribuciones de las abundancias de las especies raras e intermedias (que ocupan de la parte izquierda a la central del gráfico). Dependiendo de los ecosistemas que se estén tratando, las especies de abundancia intermedia tienen especial importancia en los ciclos de materia y energía y su análisis proporciona valiosa información sobre su estado de salud.

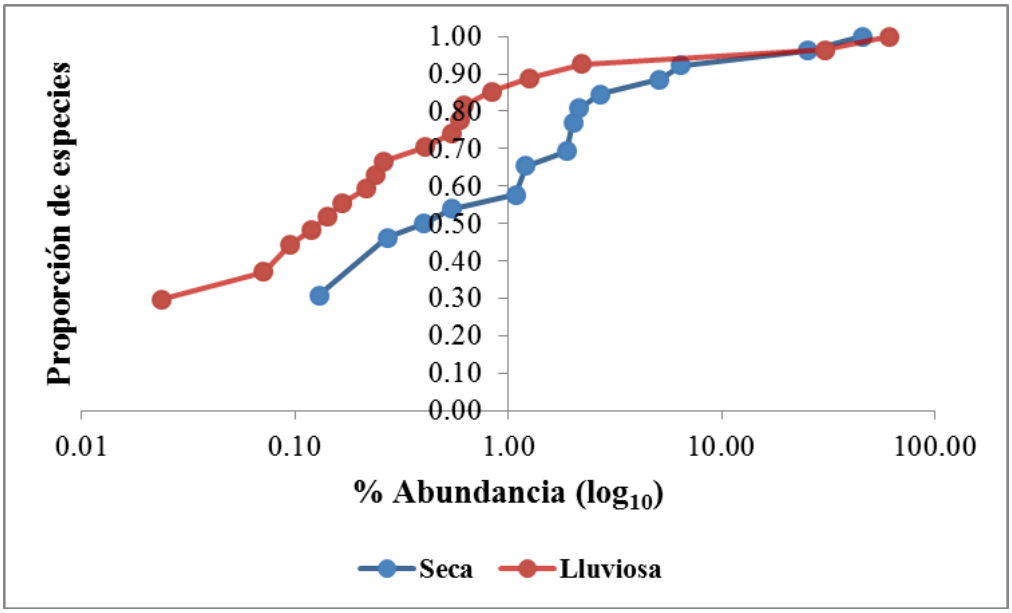

Figura 4. Distribución empírica de probabilidad de las abundancias de las especies de peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán.

Curvas SHE

Esta clase de curvas, propuestas por Hayek y Buzas (1997) facilitan el examen de la relación entre tres atributos de las comunidades: la riqueza de especies, la heterogeneidad (a través del índice de Shannon-Wiener) y la equidad (medida con el índice propuesto por Pielou). Para su construcción se utilizan el valor del índice de heterogeneidad (H'), el logaritmo natural de la riqueza (S) y la razón entre los logaritmos naturales de la equidad (E) y la riqueza específica en el eje de las ordenadas, mientras se ubican las muestras en el eje de las abscisas (Fig. 4).
El gráfico es útil para identificar zonas de contacto entre comunidades (ecotonos) pero sobre todo para inspeccionar si los datos siguen algún patrón (log-normal, logarítmico o de barra quebrada).

La época seca tiene una mayor heterogeneidad y una mejor distribución de las abundancias entre las diferentes especies (mayor equidad), mientras que en la época lluviosa la heterogeneidad disminuye y aumenta la dominancia (menor equidad) (Fig. 4). La riqueza de especies prácticamente no cambia (26 especies para la época seca, 27 para la época lluviosa).

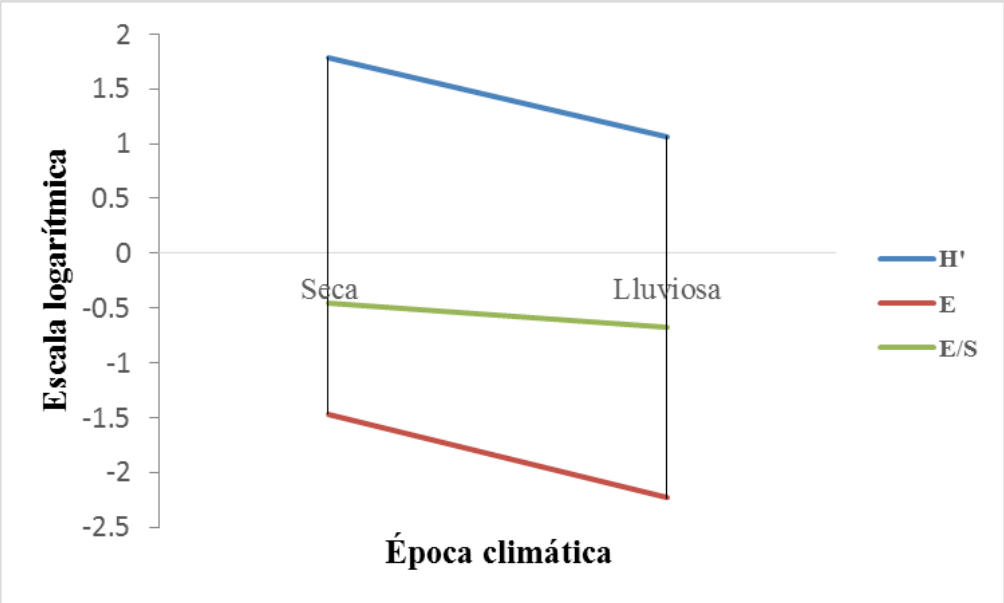

Figura 4. Relación de riqueza, heterogeneidad y equidad (SHE) para los datos de los peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán.

Perfiles de diversidad

Los perfiles de diversidad han surgido como una alternativa para hacer comparables las estimaciones de la diversidad de dos o más conjuntos o comunidades. Estos perfiles se obtienen calculando la diversidad de Renyi, o cualquier otro índice de diversidad que conste de una familia de parámetros de escala (p), la cual contiene a los números propuestos por Hill (1973). La ventaja de este método radica en que se obtiene una curva de perfil de abundancia más suave y que la diversidad se expresa en número de especies, lo cual hace que las comparaciones se traten en los mismos términos. Para los peces de la laguna costera de Celestún, el perfil se construyó considerando el nivel 0 (equivalente al número de especies presente, sin considerar la abundancia de estas), el nivel 1 (el número de especies comunes) y el nivel 2 (número de especies dominantes). Estos niveles se corresponden con los números de Hill ya mencionados (N0, N1 y N2, Fig. 5).

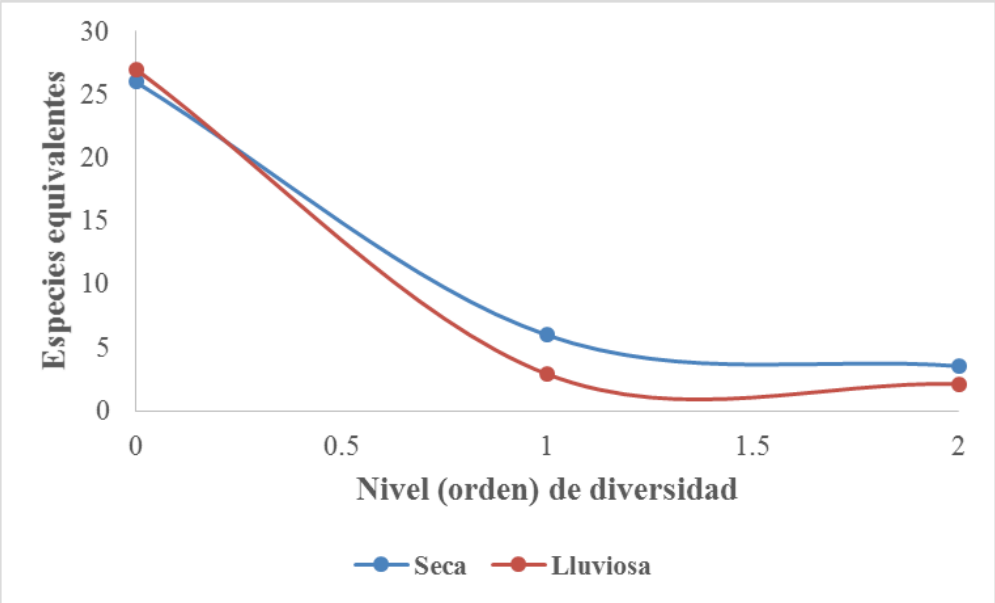

Figura 5. Perfil de diversidad para los datos de los peces de la laguna costera de Celestún, Yucatán.

De acuerdo con Tóthmérész (1995) las épocas no son comparables en términos de sus curvas de diversidad, porque los perfiles se interceptan. En este caso, si bien no hay diferencias entre las épocas climáticas en términos del número de especies, sí se presentan diferencias a nivel de las especies comunes (siendo mayor la diversidad en la época seca que en la lluviosa) (Fig. 5).

Reflexión final

Los métodos abordados en este trabajo representan la forma más simple de determinar la presencia de patrones de diversidad en los estudios de corte sinecológico (a nivel de conjuntos o comunidades). Algunos de ellos cuentan con una amplia tradición dentro del campo de la Ecología (como las curvas rango-abundancia), mientras que otros son aportes recientes que han surgido a través del desarrollo histórico de los estudios sobre el tema (como las curvas ECDF y SHE).

Estos métodos son mucho más intuitivos para investigadores, tomadores de decisiones y público en general que los índices matemáticos creados en la teoría de la información. Esto es muy importante, porque a final de cuentas la conservación de la biodiversidad se aborda en el ámbito político y social además del científico.

La mejor ciencia no tiene impacto si no se comunica de manera eficaz a un público más amplio que a los especialistas en el tema; los métodos gráficos para explicar y entender temas ambientales, económicos y sociales son herramientas poderosas de difusión que tiene que ser aprovechadas para generar un mayor y mejor entendimiento sobre la importancia de conservar los ecosistemas y sus componentes.

Agradecimientos

Los autores agradecen a dos revisores anónimos sus comentarios y sugerencias que permitieron mejorar este trabajo.

Referencias

Buzas MA y Hayek LAC. 1996. Biodiversity resolution: an integrated approach. Biodiversity Letters 3: 40-43.

Hill MO. 1973. Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. Ecology 54 (2): 427-432.

Krebs CJ. 1999. Ecological methodology. Second Ed. Addison-Wesley Educational Publishers. Nueva York. USA. 620 pp.

Lambshead PJD, Platt HM y Shaw KM. 1993. The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. Journal of Natural History 17: 859-874.

Magurran AE. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell Publishing. Oxford.25 Reino Unido, 256 pp.

Matthews TJ y Whittaker RJ. 2014. Fitting and comparing competing models of the species abundance distribution: assessment and prospect. Frontiers of Biogeography 6(2): 67-82.

McGill, BJ. 2011. Species abundance distributions. En: Magurran, A.E. Y B.J. Mcgill (Eds.). Biological diversity frontiers in measurement and assessment. Oxford University Press. Londres, Reino Unido. pp 105-122.

Mena-Abud JK. 1994. Estudio de la composición y distribución de la comunidad de Ictiofaunistica de la Laguna de Celestún, Yucatán. Tesis Profesional. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UADY. 40 pp.

Tóthmérész B. 1995. Comparison of different methods for diversity ordering. Journal of Vegetation Science 6: 283-290.

Whittaker RH. 1965. Dominance and diversity in land plant communities. Science 147: 250–260.

Wilson JB. 1991. Methods for fitting dominance/diversity curves. Journal of Vegetation Science 2: 35-46.

Nutracéuticos: ¿Qué son y para qué sirven?

Javier Ventura Cordero[1], *Carlos A. Sandoval Castro[1], Pedro G. González Pech[2], J. Felipe J. Torres Acosta[3], Concepción M. Capetillo Leal[1] y Ronald H. Santos Ricalde[1]

[1]Departamento de Producción Animal en Agroecosistemas Tropicales, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. [2]Centro Multidisciplinario de Educación, Ciencia y Cultura, Mérida, Yucatán, México.[3]Departamento de Salud Animal, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán.
*carlos.sandoval@correo.uady.mx

Resumen

En años recientes, el estudio de alimentos con potencial nutracéutico ha cobrado relevancia. Sin embargo, existe un gran número de definiciones para el término que son similares y que pueden ocasionar confusión al público no familiarizado. El objetivo de la presente revisión es describir las definiciones relacionadas con el término nutracéutico y ejemplificar los conceptos afines y algunos resultados derivados de plantas con valor nutracéutico en el ámbito de su valor como antihelmíntico en pequeños rumiantes.

Introducción

En años recientes, el estudio de aquellas características y efectos positivos que los alimentos utilizados en la producción y alimentación animal proporcionan de manera adicional al aporte de nutrientes ha cobrado relevancia. Es decir, los alimentos pueden suministrar nutrientes para el mantenimiento, crecimiento o producción y también efectos positivos en la salud o bienestar animal de manera similar al efecto farmacológico o farmacéutico, por lo que son llamados *nutracéuticos*. Los alimentos o ingredientes así identificados pueden ser empleados principalmente como suplementos o aditivos de la dieta. No obstante, existen también insumos que tienen diversos orígenes o funciones y que han sido definidos de manera diferente (e.g. prebióticos, probióticos, alimento funcional, etc.). Sin embargo, es común que esta terminología genere confusión en el ámbito de la nutrición animal y en el ámbito del productor que es el usuario final de estos desarrollos tecnológicos.

Es por ello que el objetivo de esta revisión es presentar las definiciones, las funciones y ejemplos de los diversos conceptos que pueden ser confundidos o manejados de manera simultánea a los nutracéuticos. Los conceptos que se abordan en el presente trabajo son etnoveterinaria, fitoterapia, alimento funcional, probióticos, prebióticos y por último nutracéuticos. Éste último se ejemplifica con mayor detalle en el ámbito de su valor como antihelmíntico por ser una de las áreas con mayor cantidad de estudios y en la cual se tiene mayor experiencia.

Definiciones afines

Etnoveterinaria. La etnoveterinaria comprende cualquier conocimiento, creencia, habilidad y práctica relacionada con el cuidado animal (McKorkle citado por Githiori *et al*. 2005). Este conocimiento es transmitido de generación en generación y en algunas ocasiones transcrito en manuales para la población humana local. Por medio de la observación de las especies animales y el método empírico, éste tipo de medicina ha permitido identificar diversas sustancias con efectos benéficos en la salud de animales de corral, principalmente el uso de plantas, partes o extractos de plantas para el control de enfermedades (e.g. parasitosis). Las plantas empleadas cómo nutraceuticos pueden haber sido seleccionadas con base en el conocimiento de la etnomedicina o etnoveterinaria. Sin embargo, la principal diferencia es que un alimento debe ser evaluado en cuanto a valor nutricional y efecto farmacológico para poder ser definido como nutraceutico mientras que en la etnoveterinaria su empleo se basa principalmente en el conocimiento tradicional y que en general no ha sido evaluado para comprobar los efectos atribuidos a estas plantas.

Fitoterapia. La fitoterapia es conocida como el uso de las plantas o componentes de ellas de manera terapéutica o profiláctica (Rahmann y Seip 2007). Es decir, no aporta necesariamente nutrientes a los animales a los cuales se les administran las plantas. El tiempo de administración de los fitoterapéuticos es por periodos breves, ya que actúan contra enfermedades agudas, y probablemente no pueden ser utilizados como profilácticos (Hoste *et al*. 2008). Además, en el caso de los insumos calificados como fitoterapéuticos, debido al corto plazo de utilización (generalmente unos pocos días), es poco probable que se pueda observar cambios en los niveles de producción que sean atribuidos al aporte adicional de nutrientes que provee, por lo que no podrían ser calificados como nutracéuticos.

Alimentos funcionales. Hugget y Verschuren (1996) definen a los alimentos funcionales como ingredientes de alimentos, o alimentos, que tienen efectos positivos en la salud o bienestar del hospedero más allá del valor nutritivo del alimento. Otra definición los considera como un insumo con beneficios en la salud ya que fue enriquecido/fortificado; tal es el caso de micronutrientes, vitaminas, probióticos, ácidos grasos poliinsaturados entre otros (Rajasekaran y Kalaivani 2013).

Las vitaminas y minerales se pueden considerar como los primeros suplementos que fueron estudiados por sus características positivas reconocidas en la salud (Ziemer y Gibson 1998). Por ejemplo, este tipo de alimentos han sido utilizados para mejorar las características de la leche y queso de cabra al emplear suplementos de harina de soya fortificada con minerales (Cobre, Zinc, Manganeso y Hierro) o sales minerales (sulfato de cobre, sulfato de manganeso, sulfato de zinc y sulfato de hierro) (Witkowska *et al*. 2015).

Probióticos. Los probióticos son organismos que, al ser administrados, proporcionan un efecto benéfico en el hospedero (FAO/WHO 2002), por ejemplo: regulación de la homeostasis microbiana intestinal, expresión de bacteriocinas, efectos inmunomoduladores, inducción de la actividad enzimática para la nutrición y absorción y la interferencia de la habilidad de patógenos para

colonizar e infectar la mucosa (Gaggìa *et al*. 2010). Uno de los probióticos más utilizado en los rumiantes es la levadura viva (*Saccharomyces cerevisiae*). Los probióticos se han administrado en varias especies animales, por ejemplo en lechones recién nacidos el uso de *Bifidobacterium animalis, Lactobacillus acidophilus*, *L. casei*, *L. pentosus* y *L. plantarum* mostró una disminución en la presencia de *Clostridium perfringens* y de casos clínicos de enterocolitis necrosante, además mejoraron la capacidad de la microbiota para limitar la carga de patógenos y la atrofia de la mucosa (Siggers *et al*. 2008). En aves, también se ha investigado los efectos de los probióticos. Higgins *et al*. (2008) utilizando un cultivo de *Lactobacillus* (FM-B11) en pollos recién nacidos, redujó el 85% de la presencia de *Salmonella enteritidis*.

En pequeños rumiantes también se han utilizado los probióticos. Por ejemplo en cabras de la raza Sannen, suplementadas durante las primeras 15 semanas de lactación con 0.2 g/d de un probiótico comercial con *S. cerevisiae*, mostraron un mayor consumo voluntario y una mayor producción de leche (Stella *et al*. 2007).

Prebióticos. Gibson y Roberfroid (1995) definen a los prebióticos como alimentos no digestibles pero fermentables, que afectan positivamente al hospedero, estimulando selectivamente el establecimiento o crecimiento de bacterias en el colon. Esta definición tiene en común con los nutracéuticos, el efecto positivo hacia los animales. Sin embargo, no aportan nutrientes al hospedero, en esta característica reside principalmente la diferencia entre los prebióticos y los nutracéuticos. Los prebióticos tiene que cumplir ciertas características como son: 1) no ser hidrolizados ni absorbidos en la parte superior del tracto gastrointestinal, 2) estimular una o varias bacterias selectivamente incrementando el crecimiento o activándolas, 3) cambiar la microbiota por una con menos patógenos y 4) mejorar luminal o sistemáticamente el sistema inmune (Simmering y Balut 2001).

Los prebióticos pueden ser naturales o sintéticos, y los más utilizados son los oligosacáridos como fructoligosacaridos (FOS), manan oligosacáridos (MOS), inulina y la lactulosa. Los prebióticos se han probado en la producción animal para incrementar el crecimiento, la producción de leche y huevo (Rai *et al*. 2013). Estudios realizados en terneros alimentados con sustituto de leche adicionado con suero de plasma bovino y MOS, mostraron una reducción en la mortalidad, la aplicación de antibióticos y en la cantidad de terneros con diarrea (Quigley *et al*. 2002). Un metanálisis, realizado con 54 estudios sobre el efecto de un manan oligosacárido comercial (Bio-Mos®) como aditivo sobre el crecimiento de lechones, reveló que la adición del prebiótico incrementa en promedio el 4.12 % la tasa de crecimiento. Sin embargo, este efecto es de corta duración debido a que permanece sólo 2 semanas después del destete (Miguel *et al*. 2004).

En los rumiantes, además de utilizar los oligosacáridos, se han realizado trabajos con otros prebióticos como la inulina, la cual tiene efectos positivos en el ganado lechero y cárnico. Algunos de estos beneficios son: reducción de la producción de metano y nitrógeno amoniacal en el rumen, incremento en la ganancia de peso y la síntesis de proteína microbiana (Samanta *et al*. 2013). Por ejemplo, Mwenya *et al*. (2004) evaluaron el efecto de la administración de probióticos (*Leuconostoc mesenteroides subsp. mesenteroides*), prebióticos (β1–4galacto-oligosacaridos (GOS)) o ácido láctico en la producción de metano y el metabolismo del energético y del nitrógeno, argumentando que la adición de GOS cambió en la proporción de los ácidos acético y propiónico, y probablemente debido a este efecto se redujo un 10% la producción de metano e incrementó la retención de energía.

Nutracéuticos

Definición. Sustancia que puede ser considerada como alimento y que proporcione un efecto positivo en la salud, incluyendo la prevención o tratamiento de una enfermedad (Andlauer y Fürst 2002). Si se analiza la definición se pueden observan dos componentes el alimento y el tratamiento de una enfermedad. Sin embargo, otros autores son más específicos y aportan otro factor a la definición. En este sentido, Waller y Thamsborg (2004) los definen como plantas con compuestos secundarios que tienen un efecto benéfico para la salud animal además de proveer nutrientes. Con esta definición, se agrega otro componente, los compuestos secundarios que tienen un papel fundamental funcionando como el principio activo para que los nutracéuticos logren un efecto farmacológico positivo en la salud animal.

Nutracéuticos antihelminticos. Una de las áreas qué ha recibido más atención en el campo de los nutracéuticos es el uso de plantas con metabolitos secundarios que actúan en contra de los nematodos gastrointestinales (NGI) en rumiantes. Éste ha sido un tema de investigación por varios años en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán, debido a que la vegetación de Yucatán cuenta con una gran diversidad de plantas y muchas poseen compuestos secundarios y son consumidas por los animales (Fig. 1).

En el caso específico de la búsqueda de nutracéuticos con efecto antihelmíntico, Hoste *et al*. (2008) agregan a su definición que los nutracéuticos pueden ser administrados por períodos prolongados para lograr el mejor efecto de aporte de nutrientes y la prevención o tratamiento en contra de nematodos gastrointestinales en pequeños rumiantes.

La incesante aparición de resistencia de los parásitos hacia los antihelmínticos convencionales ha impulsado la búsqueda de opciones para el control de NGI. Las plantas con propiedades antihelmínticas han sido evaluadas en diferentes regiones, tanto en clima templado como en clima tropical, en estudios *in vivo* e *in vitro*, en estudios de cafetería y en pastoreo/ramoneo, en animales rumiantes y monogástricos. A pesar de la existencia de una amplia cantidad de estudios donde son utilizadas varias especies plantas con propiedades nutracéuticas, en esta revisión únicamente se incluye el estudio de polifenoles, específicamente los taninos condensados.

Estudios in vitro. Es complejo establecer los agentes causantes del efecto de los nutracéuticos en los estudios *in vitro*. Para esto último se emplean extractos de las plantas que son consideradas cómo nutracéuticos tanto para evaluar sus efectos como para determinar los componentes bioactivos. Por ejemplo, extractos de *Acacia pennatula*, *Lysiloma latisiliquum*, *Piscidia piscipula* y *Leucaena leucocephala* fueron evaluados *in vitro* mediante las técnicas de inhibición de la migración larval y el desenvaine larval y las cuatro plantas mostraron efecto antihelmíntico en contra del parásito *Haemonchus contortus*. Lo relevante del estudio es que fue validado el papel de los taninos condensados sobre los NGI en rumiantes (Alonso-Díaz *et al*. 2008).

Estudios in vivo. Existe una gran variedad de trabajos realizados con plantas para explorar su posible uso como nutracéuticos (Fig. 2). Se han utilizado en diferentes formas: hojas, harina de hojas, vainas, frutos y subproductos agroindustriales, por mencionar algunos ejemplos. Así, Martínez-Ortíz-de-Montellano *et al*. (2010) evaluaron la actividad nutracéutica del follaje de *L. latisiliquum,* previamente utilizada en pruebas *in vivo*, en ovejas infectadas artificialmente. Este follaje demostró un efecto sobre el tamaño y los huevos *in útero* de los parásitos. Otro experimento, utilizando ovejas de pelo alimentadas con follaje de *Havardia albicans* infectadas con el parásito *H. contortus*, demostró que a pesar de reducir la digestibilidad del grupo alimentado con el follaje, hubo una reducción del 58.8 % de los NGI y este efecto fue atribuido a la presencia de los polifenoles (Méndez-Ortiz *et al*. 2012).

En regiones de clima templado se han utilizado plantas para demostrar el efecto antihelmíntico en ovejas y cabras. Por ejemplo, en un estudio se evaluó el efectos antihelmíntico del heno de *O. viciifolia* en ovejas encontrando una reducción de las cargas de *H. contortus* (Arroyo-López *et al*. 2014). Por su parte, Shaik *et al*. (2006) ofrecieron heno de *S. lespedeza* a cabras con una infección mixta de los parásitos *H. contortus*, *Teladorsagia circumcinta* y *Trichostrongylus columbriformis*, esta suplementación tuvo dos efectos positivos sobre las cabras: a) una reducción en la cantidad de huevos por gramo de heces y b) un incremento en el hematocrito, estos efectos no se encontraron en las cabras sin suplementación.

Consideración final

El área de investigación de los nutracéuticos es amplia y con múltiples aplicaciones aún por desarrollar. Las plantas tropicales tienen un gran potencial que deber ser estudiado y protegido. Se requieren más estudios encaminados a cuantificar de manera simultánea el valor nutricional y el valor farmacológico de las plantas tropicales.

Figura 1. Vegetación de la Selva Baja Caducifolia de Yucatán con gran variedad de plantas con potencial nutracéutico. Fotografía de Javier Ventura Cordero ©

Figura 2. Evaluación de cuatro plantas con potencial nutracéutico concabras Criollas en una prueba de cafetería. Fotografía de Javier Ventura Cordero ©

Agradecimientos

Al Proyecto CONACYT ciencia básica ¨Relación herbívoro-tanino-parásito. II. Adaptaciones fisiológicas y conductuales de los pequeños rumiantes (ovinos y caprinos) y sus parásitos expuestos a vegetación rica en taninos. Clave CB-2013/221041

Referencias

Andlauer W y Fürst P. 2002. Nutraceuticals: a piece of history, present status and outlook. Food Research International. 35: 171-176.

Alonso-Díaz MA, Torres-Acosta JFJ, Sandoval-Castro CA, Aguilar-Caballero AJ y Hoste H. 2008. *In vitro* larval migration and kinetics of exsheathment of *Haemonchus contortus* larvae exposed to four tropical tanniniferous plant extracts. Veterinary parasitology. 153: 313-319.

Arroyo-Lopez C, Manolaraki F, Saratsis A, Saratsi K, Stefanakis A, Skampardonis V, Voutzourakis N, Hoste H y Sotiraki S. 2014. Anthelmintic effect of carob pods and sainfoin hay

when fed to lambs after experimental trickle infections with *Haemonchus contortus* and *Trichostrongylus colubriformis*. Parasite. 21:71.

FAO/WHO. 2002. Joint FAO/WHO (Food and Agriculture Organization/World Health Organization) working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food. London, Ontario, Canada. Guidelines for the evaluation of probiotics in food. Joint working group report on drafting. London, Ontario. 2002: 1–11.

Gaggìa F, Mattarelli P y Biavati B. 2010. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. International Journal of Food Microbiology. 141: S15-S28.

Gibson GR y Roberfroid MB. 1995. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. The Journal of Nutrition. 125: 1401-1412.

Githiori JB, Höglund J y Waller PJ. 2005. Ethnoveterinary plant preparations as livestock dewormers: practices, popular beliefs, pitfalls and prospects for the future. Animal Health Research Reviews. 6: 91-103.

Higgins S E, Higgins JP, Wolfenden AD, Henderson SN, Torres-Rodriguez A, Tellez G y Hargis B. 2008. Evaluation of a *Lactobacillus*-based probiotic culture for the reduction of *Salmonella Enteritidis* in neonatal broiler chicks. Poultry Science. 87: 27-31.

Hoste H, Torres-Acosta, JFJ, Alonso-Díaz MA, Brunet S, Sandoval-Castro C y Adote SH. 2008. Identificaction and validation of bioactive plants for the control of gastrointestinal nematodes in small ruminants. Tropical Biomedicine. 25: 56-72.

Huggett AC y Verschuren PM. 1996. The safety assurance of functional foods. Nutrition Reviews. 54: S132-S140.

Martínez-Ortíz-de-Montellano C, Vargas-Magaña JJ, Canul-Ku HL, Miranda-Soberanis R, Capetillo-Leal C, Sandoval-Castro CA, Hoste H y Torres-Acosta JFJ. 2010. Effect of a tropical tannin-rich plant *Lysiloma latisiliquum* on adult populations of *Haemonchus contortus* in sheep. Veterinary parasitology. 172: 283-290.

Méndez-Ortíz FA, Sandoval-Castro CA y Torres-Acosta JFJ. 2012. Short term consumption of Havardia albicans tannin rich fodder by sheep: Effects on feed intake, diet digestibility and excretion of Haemonchus contortus eggs. Animal Feed Science and Technology. 176: 185-191.

Miguel JC, Rodriguez-Zas SL y Pettigrew JE. 2004. Efficacy of a mannan oligosaccharide (Bio-Mos®) for improving nursery pig performance. Journal of Swine Health and Production. 12: 296-307.

Mwenya B, Santoso B, Sar C, Gamo Y, Kobayashi T, Arai I y Takahashi J. 2004. Effects of including β1–4 galacto-oligosaccharides, lactic acid bacteria or yeast culture on methanogenesis as well as energy and nitrogen metabolism in sheep. Animal Feed Science and Technology. 115: 313-326.

Quigley JD, Kost CJ y Wolfe TA. 2002. Effects of spray-dried animal plasma in milk replacers or additives containing serum and oligosaccharides on growth and health of calves. Journal of dairy science. 85: 413-421.

Rahmann G y Seip H. 2007. Bioactive forage and phytotherapy to cure and control endo-parasite diseases in sheep and goat farming systems–a review of current scientific knowledge. Landbauforschung Völkenrode. 3: 285-295.

Rai V, Yadav B y Lakhani GP. 2013. Applications of probiotic and prebiotic in animals production: a review. Enviroment and Ecology. 31: 873-876.

Rajasekaran A y Kalaivani M. 2013. Designer foods and their benefits: A review. Journal of Food Science and Technology. 50: 1-16.

Samanta AK, Jayapal N, Senani S, Kolte AP y Sridhar M. 2013. Prebiotic inulin: Useful dietary adjuncts to manipulate the livestock gut microflora. Brazilian Journal of microbiology. 44: 1-14.

Shaik SA, Terril TH, Miller JE, Kouakou B, Kannan G, Kaplan RM, Burke JM y Mosjidis JA. 2006. Sericea lespedeza hay as a natural deworming agent against gastrointestinal nematode infection in goats. Veterinary Parasitology. 139: 150-157.

Siggers RH, Siggers J, Boye M, Thymann T, Mølbak L, Leser T, Jensen BB y Sangild PT. 2008. Early administration of probiotics alters bacterial colonization and limits diet-induced gut dysfunction and severity of necrotizing enterocolitis in preterm pigs. The Journal of Nutrition. 138: 1437-1444.

Simmering R y Blaut M. 2001. Pro-and prebiotics–the tasty guardian angels?. Applied Microbiology and Biotechnology. 55: 19-28.

Stella AV, Paratte R, Valnegri L, Cigalino G, Soncini G, Chevaux E, Dell'Orto y Savoini G. 2007. Effect of administration of live *Saccharomyces cerevisiae* on milk production, milk composition, blood metabolites, and faecal flora in early lactating dairy goats. Small Ruminant Research. 67: 7-13.

Waller PJ y Thamsborg SM. 2004. Nematode control in 'green'ruminant production systems. Trends in Parasitology 20: 493-497.

Witkowska Z, Michalak I, Korczyński M, Szołtysik M, Świniarska M, Dobrzański Z, Samoraj M y Chojnacka K. 2015. Biofortification of milk and cheese with microelements by dietary feed bio-preparations. Journal of Food Science and Technology. 52: 6484-6492.

Ziemer CJ y Gibson GR. 1998. An overview of probiotics, prebiotics and synbiotics in the functional food concept: perspectives and future strategies. International Dairy Journal. 8: 473-479.

Pasado y presente de la acuacultura en Yucatán

*Gaspar Román Poot López [1] y Eucario Gasca Leyva [2]

[1]Departamento de Biología Marina, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Autónoma de Yucatán. [2]Departamento de Recursos del Mar, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN. Unidad Mérida.
*gaspar.poot@correo.uady.mx

Resumen

En años recientes, el desarrollo de la acuacultura en el mundo ha contribuido a la producción pesquera. México, con gran potencial para la acuacultura, actualmente produce camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) y tilapia (*Oreochromis* sp.) en sistemas semi-intensivos e intensivos. Yucatán inició en los años 1960s con el cultivo de peces de ornato, en los 1980s con el cultivo de la tilapia y a finales de 1990s con el cultivo de camarón blanco, alcanzando una producción importante a nivel nacional de este último recurso en 2003. Sin embargo, el cultivo del camarón blanco no continuó con el crecimiento que tenía debido a enfermedades que en 2005 ocasionó el cierre de una importante empresa. Los peces de ornato son una industria en Yucatán que exporta a diferentes países y se ha considerado como una de las más productivas en América Latina. El cultivo de la tilapia se ha desarrollando en sistemas semi-intensivos y tiene gran potencial para el crecimiento. En Yucatán, existen universidades y centros de investigación que estudian las principales especies y también están desarrollando nuevas tecnologías con especies nativas, como el pulpo (*Octopus maya*), pepino de mar (*Isostichopus badionotus*) y peces marinos.

Introducción

La acuacultura es uno de los sectores de producción de alimentos con mayor crecimiento a nivel mundial, ya que desde 1990, ha aumentado constantemente su contribución a la producción pesquera, pasando de 20.9% en 1995 a 40.3% en 2010 (FAO 2012). En 2012, la producción acuícola alcanzó un máximo histórico de 66.6 millones de toneladas (mt) de peces comestibles (57.9% de agua dulce) y 23.8 mt de plantas comestibles (FAO, 2014). La producción de alimentos acuáticos ha dejado de basarse principalmente en la captura de peces silvestres. En 2014, la producción acuícola y pesquera mundial alcanzaron 146.3 mt para consumo humano directo (87.5 % de la Producción Acuícola y Pesquera Total) y por primera vez el sector acuícola superó (73.8 mt) el suministro de pescado capturado en el medio natural (72.5 mt) (FAO 2016).

En América Latina y el Caribe, la acuacultura ha mostrado un importante crecimiento. En 1990 se produjeron 191 mil t de productos acuícolas, pero en 2010 la producción fue 920 mil t. En términos relativos, en 1990 la producción acuícola de la región representó el 1.5% de la mundial, proporción que llegó 3.2% en 2010 (Rodríguez-Vázquez y Flores-Nava 2014). En 2014,

Chile alcanzó una producción de un millón 214 mil t, el resto de América Latina produjo un millón 544 mil t y el Caribe 33 mil t, equivalentes al 4.6% de la producción mundial (FAO 2016).

En México, la acuacultura es una de las actividades económicas con mayor potencial y desarrollo en los últimos años, con beneficios que se traducen en una importante fuente de alimentación de alto valor nutricional y costo accesible para la población (Norzagaray-Campos et al. 2012). En 2010, México alcanzó una producción acuícola de 126,240 t, con un incremento significativo de acuicultores al pasar de 18,000 en el año 2000 a más de 30,000 en 2010 (FAO 2012). Sin embargo, a pesar de las cifras anteriores, México no aparece en la lista de los 25 países con mayor producción acuícola en el mundo (FAO 2016).

Dos tipos de acuacultura dominan en México: la comercial y la de recursos limitados. La primera se enfoca a la producción de pescado para su venta y alcanzar el máximo beneficio económico pero el cultivo conlleva a trabajo de tiempo completo y desembolso de capital elevado (Tacon 1989). Esta acuacultura comercial se sub-divide en Acuacultura de Micro y Pequeña Empresa (AMYPE), que es practicada con orientación comercial, genera empleo remunerado, tiene nivel de tecnificación y no supera los límites definidos (Rodríguez-Vázquez y Flores-Nava 2014). Por otro lado, la acuacultura de recursos limitados (AREL) produce pescado para autoconsumo o venta usando recursos locales de bajo costo apoyada con tecnologías extensivas y semi-intensivas apropiadas para la escasa base de recursos que poseen los productores. La AREL limita la tecnificación parcial, complementándose de otras actividades agropecuarias para asegurar la obtención de varios productos (peces, granos, leche, etc.) para ser sostenibile y disminuir el factor riesgo que estas actividades conllevan (Tacon 1989, Edwards 1999, Pillay 1997).

La acuacultura en Yucatán: principales especies

En Yucatán, la acuacultura inición en la década de los 1970s cuando se introdujo la tilapia, *Oreochromis* sp, con el programa de extensionismo rural del Gobierno Federal. Desde 1979 se ha cultivado tilapia, sea por parte de gobiernos federal y estatal o por iniciativa de centros de investigación y universidades. En los últimos 25 años en Yucatán se ha probado el cultivo comercial con varias especies que incluyen tilapia (*Oreochromis niloticus*), peces de ornato (varias especies), rana toro (*Lithobates catesbeianus*), artemia (*Artemia* spp), camarón (*Litopenaeus vannamei*), jaiba (*Callinectes sapidus*) y esmedregal (*Rachycentron canadum*) (Flores-Nava *et al*. 2016), y recientemente el pepino de mar (*Isostichopus badionotus*). La tilapia, el camarón y los peces de ornato han sido los pilares de la acuacultura en Yucatán.

Tilapia (*Oreochromis niloticus*)

El cultivo de tilapia, *O. niloticus,* en Yucatán fue impulsado desde 2002 con 118 tanques de concreto por la Secretaria de Desarrollo Social para la producción de autoconsumo y venta a nivel local (Poot-López 2010, Poot-López *et al*. 2012), bajo un esquema de AREL (Fig. 1b). En 2003-2004, debido a que la infraestructura acuícola no permitía hacer del cultivo de tilapia empresas rentables (Olvera-Novoa *et al*. 2005), con el Programa Nacional de Apoyo a la Acuacultu-

[1] La Producción Acuícola y Pesquera Total en 2014, alcanzó 167.2 mt, donde se incluyen productos pesqueros para usos no alimentarios, como la harina de pescado.

tura Rural incrementaron el número de tanques e infraestructura para el cultivo de tilapia. En 2004-2005, el Gobierno Federal, a través del programa Alianza para el Campo en Yucatán, creó 19 granjas comerciales de tilapia bajo el esquema de AMYPE (Fig. 1b). Sin embargo, los esfuerzos se vieron reflejados hasta 2012 cuando se obtuvo la mayor producción con 180 t, manteniendo una producción por arriba de las 140 t anuales hasta la fecha (Flores-Nava *et al*. 2016).

Figura 1. Unidades de producción de tilapia en Yucatán: a) Unidad bajo el esquema de AREL, b) Unidades bajo el esquema AMYPE. Fotografías de Gaspar Poot López ©.

La tilapia se adapta a diversas condiciones de cultivo por lo que se ha investigado su cultivo en combinación con langosta australiana (*Cherax quadricarinatus*) y su tecnificación para reutilizar el agua a través de la acuaponía (Ponce-Marban et al. 2006, Silva *et al*. 2015) y desarrollar la producción de vegetales comestibles en la misma granja (Fig. 2). La acuaponía surge como una alternativa para diversificar la producción y disminuir el uso del agua en la acuicultura de Yucatán (Silva *et al*. 2015).

Camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*)

Después de varios intentos sin éxito, en 1997 inició operaciones en Sisal, Yucatán, la primera granja comercial (Pecis) de camarón blanco del Pacífico (*Litopenaeus vannamei*). En su primera etapa tuvo un laboratorio para la producción de postlarvas de camarón y 30 estanques de engorda final de 1.5 ha cada uno (Coronado-Alcocer 2003). Esta granja llegó a producir alrededor de 19.5 t de camarón por hectárea, bajo sistemas intensivos; sin embargo, cerró en 2005 debido causas inciertas. Asimismo, en 2003 inició operaciones comerciales la empresa Granjas Acuícolas del Carmen, entre Sisal y Chuburná Puerto, Yucatán, que posteriormente se convirtió en la granja LAMARCA, con una extensión de 19.2 ha de estanques y una capacidad de producción de 370 t anuales de camarón blanco. Yucatán alcanzó una producción histórica de más de 2,116 t en 2003. Sin embargo, después del cierre de la empresa Pecis, la producción disminuyó drásticamente a

Figura 2. Producción vegetal en acuaponía con tilapia: a) y b) Pak-choi, *Brassica chinensis*; c) y d) Cilantro, *Coriandrum sativum* en CINVESTAV-Mérida. e) y f) Lechuga, *Lactuca sativa* en el Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Yucatán. Fotografías de Gaspar Poot López©.

menos de 300 t anuales en 2006 (Fig. 2). Asimismo, en 2013 se construyó la granja Bubul-Ha en Tahmek Yucatán, con un sistema intensivo para *L. vannamei*. La granja se encuentra a 60 km de la costa, por lo que obtiene agua marina (24 ppm) extraída de pozos profundos y puede alcanzar a producir 280 t anuales (Com. Pers. Francisco Molina Combaluzier). Por otra parte, en Sisal, Yucatán, se instaló un laboratorio de postlarvas de camarón (Inpesmar), que ofrece postlarvas de camarón aclimatadas para su cultivo en agua dulce o cualquier rango de salinidad, lo que ha permitido el resurgimiento de la camaronicultura en Yucatán, con potencial de desarrollo en el interior del estado (Fig. 3).

El camarón *L. vannamei* tiene la capacidad de adaptarse a condiciones de baja salinidad, ya que tolera rangos de 1-40 ppm (Nunes *et al*. 2004, Frías-Espericueta *et al*. 2011), lo cual ha motivado a que se busquen nuevas alternativas de producción, como su cultivo a baja salinidad en sitios tierra adentro. En Yucatán, se ha cultivado experimentalmente camarón aclimatado en agua de pozo a cero salinidad (0-3 ppm), lo que abre la posibilidad de producir esta especie en terrenos

tierra adentro (Araneda *et al*. 2008). En cultivos con agua de pozo, se han probado densidades de 90 hasta 330 camarones/m^2 con una supervivencia que va de 63 a 87%, y tallas de cosecha de hasta 11.6 g en 210 días (Araneda 2010).

Figura 3. Reproductor de camarón (*Litopenaeus vannamei*) en Inpesmar Marinos. Fuente: https://www.facebook.com/INPESMAR?fref=ts

Peces de ornato (*varias especies*)

Desde 1964, se instaló la primera granja de producción de peces de ornato (Emmanuel) en Hunucmá, Yucatán (Fig. 4). Al paso de los años, la empresa se ha consolidado como la más grande de su tipo en América Latina, contando con 80 variedades de peces de ornato, 70 de plantas acuáticas, cinco especies de caracoles y cinco de camarones. La producción máxima de peces de ornato alcanzó los 12 millones de organismos en 2009, Posteriormente, presentó un descenso

Figura 4. Acuario Emmanuel. Fuente: http://sipse.com/milenio/yucatan-produce-peces-ornato-criadero-hunucma-81788.html

hasta estabilizarse en poco más de seis millones de organismos producidos. Actualmente, en Yucatán existen tres unidades de producción de peces de ornato (Flores-Nava *et al*. 2016).

Especies con potencial de cultivo en Yucatán

Las instituciones académicas locales han realizado estudios para desarrollar la tecnología de cultivo para especies con potencial, por su valor económico o ecológico. La Unidad Académica Sisal de la Universidad Nacional Autónoma de México ha avanzado en la tecnología para la producción de róbalo (*Centropomus undecimalis*), pargo canane (*Ocyurus chrysurus*), camarón rosado (*Farfantepenaeus* sp) y cuenta con un paquete tecnológico para la producción de juveniles de pulpo maya (*Octopus maya*), que incluye un análisis de viabilidad técnica económica en un sistema piloto experimental (Rosas *et al*. 2006). Además, se cultiva organismos ornamentales, incluyendo caballito de mar, camarón limpiador y otros invertebrados (medusas, corales, anemonas). Respecto al robalo y pargo canané, la UNAM tienen desarrollada la biotecnología para la producción de crías cuyo crecimiento se ha evaluado de manera experimental en tanques y jaulas (http://www.sisal.unam.mx/).

El Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN (CINVESTAV), Unidad Mérida, ha desarrollado estudios experimentales sobre el cultivo de mojarra (*Cichlasoma urophtalmus),* alga (*Kappaphycus alvarezii*) y se ha trabajado en la optimización de la producción de tilapia (Aldana-Aranda *et al*. 1994, Martínez-Palacios *et al*. 1994, Muñoz *et al*. 2004, Zacarías-Soto *et al*. 2013). Actualmente, se están consolidando los paquetes de reproducción y cultivo del pepino de mar (*Isostichopus badionotus*) y el caracol rosado (*Strombus gigas*), que una vez validados, se transferirán al sector productivo. Con el alga *Kappaphycus* se han hecho pruebas a nivel piloto comercial en aspectos técnico-biológicos y análisis bioeconómico en Dzilam de Bravo. Los estudios han mostrado que esta alga tiene potencial para su cultivo en comunidades costeras y generar beneficios económicos importantes (Valderrama *et al*. 2015).

Una especie con potencial de cultivo en Yucatán es el tambor rojo (*Scianops ocellatus*) (Aguilar 2010). Este pez se distribuye en zonas costeras del Golfo de México desde Florida hasta Veracruz, México. Actualmente, se produce a nivel comercial en Campeche con éxito en cultivo en jaulas para exportación a EUA (http://www.mayafish.net/about.php). Los principales productos son filetes frescos o congelados, aunque también se vende entero. Esta es una especie factible para cultivo enjaulas en mar abierto y tanques en tierra, pero es necesario hacer pruebas para validar la biotecnología (http://www.marista.edu.mx/p/452/bioeconomia-de-la-produccion-acuicola).

Conclusiones

En Yucatán, el cultivo de peces de ornato (varias especies), camarón (*Litopenaeus vannamei*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) han mostrado casos de éxito, aunque las dos últimas también ha presentado casos de fracaso. El cultivo experimental de róbalo (*Centropomus undecimalis*), pargo canane (*Ocyurus chrysurus*), tambor rojo (*Scianops ocellatus*), pulpo (*Octopus maya*), y pepino de mar (*Isostichopus badionotus*) presentan potencial de desarrollo en la entidad. Sin embargo, es necesario que las universidades y centros de investigación cuenten con financiamiento para desarrollar infraestructura para la validación de tecnología.

Referencias

Aguilar S. 2010. Producción y modelación del crecimiento del tambor rojo (*Sciaenops ocellatus*) bajo condiciones intensivas y de agua dulce (Licenciatura, Universidad Marista de Mérida). 78 pp.

Aldana-Aranda D, Patiño-Suarez BT. 1994. Ingestion and digestion of eight unicellular by *Strombus gigas* larvae (Mollusca, Gastropoda). Studied by studied by epifluorescence microscopy. Aquaculture 126: 151-158.

Araneda M. 2010. Análisis de la producción intensiva del camarón blanco *Penaeus vannamei* en agua dulce: un enfoque bioeconómico. Tesis de Doctorado. CINVESTAV-Mérida. 170 pp.

Araneda M, Pérez E, Gasca-Leyva E. 2008. White shrimp *Penaeus vannamei* culture in freshwater at three densities: Condition state based on length and weight. Aquaculture 283: 13-18.

Coronado-Alcocer MJ. 2003. Diseño e implementación del sistema de costos para la granja Maricultivo Intensivo de Camarón Yucatán. Tesis de Maestría. Universidad del Mayab. 223 pp.

Edwards P. 1999. Towards increased impact of rural aquaculture. Discussion paper prepared for the First Meeting of the APFIC Ad Hoc Working Group of Experts on Rural Aquaculture, FAO Regional Office for Asia and the Pacific (RAP), Bangkok, Thailand, 20-22 October.

FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 231 pp.

FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 253 pp.

FAO. 2016. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 224 pp.

Flores-Nava A, Villanueva-García BV, Vidal-Martínez V, Olvera-Novoa MA, Alonso-Alemán M, Arreguín-Sánchez F, Poot-López GR, Alonzo-Marrufo E, Maldonado-Repetto A. 2016. Diagnóstico de los sectores de la pesca y la acuacultura en el estado de Yucatán. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Gobierno del Estado de Yucatán/Secretaria de Desarrollo Rural. Proyecto UTF/MEX/117. Mérida, Yucatán. 122 pp.

Frías-Espericueta MG, Aguilar-Juárez M, Osuna-López I, Abad-Rosales S, Izaguirre-Fierro G, Voltolina D. 2011. Los metales y la camaronicultura en México. Hidrobiológica 21(3): 217-228.

Martínez-Palacios CA, Hernández S, Rana K. 1994. Biología reproductiva y tecnología de producción masiva de crías. pp. 53–71. En: Martínez-Palacios, C. A., Ross L. G. (Eds). Biología y cultivo de la mojarra latinoamericana *Cichlasoma urophthalmus*. CONACyT, México, D.F.

Muñoz J, Freile-Pelegrín Y, Robledo D. 2004. Mariculture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) color strains in tropical waters of Yucatán, México. Aquaculture 239: 161-177.

Norzagaray-Campos M, Muñoz-Sevilla P, Sánchez-Velasco L, Capurro-Filograsso L, Llánes-Cárdenas O. 2013. Acuacultura: estado actual y retos de la investigación en México. Revista AquaTIC. 37: 20-25.

Nunes A, Santana J, Borba J, Waldige V. 2004. Fundamentos da engorda de camarões marinhos purina do Brasil Sao Lourenço da Mata, PE Fevereiro. Tecnología Mundial Purina. 3 pp.

Olvera-Novoa MA, Carmona C, Gasca-Leyva E, Trava E, Rivas R, Rodríguez M. 2005. Programa Maestro del Sistema Producto Tilapia Yucatán. CONAPESCA/CINVESTAV. 101 pp.

Pillay TVR. 1997. Economic and social dimensions of aquaculture management. Aquaculture Economics and Management 1: 3-11.

Ponce-Marbán D, Hernández JM, Gasca-Leyva E. 2006. Simulating the economic viability of Nile tilapia and Australian redclaw crayfish polyculture in Yucatan, Mexico. Aquaculture. 261: 151-159.

Poot-López GR. 2010. Análisis bioeconómico y social del cultivo de tilapia en Yucatán. Tesis de Doctorado. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N. 115 pp.

Poot-López GR, Hernández JM, Gasca-Leyva E. 2010. Input management in integrated agriculture–aquaculture systems in Yucatan: Tree spinach leaves as a dietary supplement in tilapia culture. Agricultural Systems. 103: 98-104.

Rodríguez-Vázquez H, Flores-Nava A. 2014. Acuicultura de pequeña escala y recursos limitados en América Latina y el Caribe. Hacia un enfoque integral de políticas públicas. Red De Acuicultura de las Américas Organización de las Naciones Unidas Para La Alimentación y la Agricultura. Chile. 94 pp.

Rosas C, Caamal C, Cázares R, Rodríguez D, Romero M, Chay D. 2006. Manual preliminar para el cultivo del pulpo *Octopus maya*. Universidad Nacional Autónoma de México. Secretaria de Desarrollo y Pesca, Gobierno de Yucatán. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca. 36 pp.

Silva L, Gasca-Leyva E, Escalante E, Fitzsimmons KM, Valdés-Lozano D. 2015. Evaluation of biomass yield and water treatment in two aquaponic systems using the dynamic root floating technique (DRF). Sustainability. 7:15384-15399

Tacon AGJ. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados manual de capacitación. Documento de Campo No 4. FAO-ITALIA. Brasil. 572 pp.

Valderrama D, Cai J, Hishamunda N, Ridler N, Neish IC, Hurtado AQ, Msuya FE, Krishnan M, Narayanakumar R, Kronen M, Robledo D, Gasca-Leyva E, Fraga J. 2015. The economics of *Kappaphycus* seaweed cultivation in developing countries: a comparative analysis of farming systems. Aquaculture Economics and Management. 19 (2): 251-277.

Zacarías-Soto M, Olvera-Novoa MA, Pensamiento-Villarauz S, Sánchez-Tapia I. 2013. Spawning and larval development of the four-sided sea cucumber, *Isostichopus badionotus* (Selenka 1867), under controlled conditions. Journal of the World Aquaculture Society. 44 (5): 694-705.