

Índice

Editorial	5
Caracterización del sistema agrosilvopastoril en la Depresión Central de Chiapas.....	7
<i>Ramírez-Marcial, N.; Rueda-Pérez, M. L.;</i> <i>Ferguson, B. G. y Jiménez-Ferrer, G.</i>	
Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda.....	23
<i>Tepper, R.; González, C.; Figueroa, R.;</i> <i>Araque, H. y Sulbarán, L.</i>	
Cultivo de las microalgas dulceacuícolas <i>Kirchneriella obesa</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> y <i>Chlorococcum infusorium</i> empleando tres medios de cultivo	35
<i>Ortega-Salas, A. A. y Reyes-Bustamante, H.</i>	
Estructura y función de la cadena productiva de carne de bovino en la ganadería ejidal de Tecpatán, Chiapas, México	45
<i>Calderón, J.; Nahed, J.; Sánchez, B.;</i> <i>Herrera, O.; Aguilar, R. y Parra, M.</i>	
Análisis de componentes del sistema productivo de aguacate, con incidencia probable de <i>Phytophthora</i> en Cesar, Colombia.....	63
<i>Tofiño, A.; Cabal, D. y Gil, L. F.</i>	
Crecimiento del ostión <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México	91
<i>Góngora-Gómez, A. M.; García-Ulloa, M.;</i> <i>Hernández-Sepúlveda, J. A. y Domínguez-Orozco, A. L.</i>	
Indicaciones para los autores	105

Index

Editorial	5
Agro-silvopastoral system characterization in the Central Depression of Chiapas	7
<i>Ramírez-Marcial, N.; Rueda-Pérez, M. L.;</i> <i>Ferguson, B. G. y Jiménez-Ferrer, G.</i>	
Effect food with alternative resources on the pigs in deep bedding.....	23
<i>Tepper, R.; González, C.; Figueroa, R.;</i> <i>Araque, H. y Sulbarán, L.</i>	
Cultivation of freshwater microalgae <i>Kirchneriella obesa</i> , <i>Scenedesmus quadricauda</i> and <i>Chlorococcum infusorium</i> using three culture media	35
<i>Ortega-Salas, A. A. y Reyes-Bustamante, H.</i>	
Structure and function of the agricultural production chain for meat in ejidal livestock raising in Tecpatan, Chiapas, Mexico	45
<i>Calderón, J.; Nahed, J.; Sánchez, B.;</i> <i>Herrera, O.; Aguilar, R. y Parra, M.</i>	
Assessment of avocado crop system factors, with probable incidence of <i>Phytophthora</i> in Cesar, Colombia	63
<i>Tofiño, A.; Cabal, D. y Gil, L. F.</i>	
Growth of the oyster <i>Crassostrea gigas</i> (Thunberg, 1795) cultured in estuary La Piedra, Sinaloa, Mexico	91
<i>Góngora-Gómez, A. M.; García-Ulloa, M.;</i> <i>Hernández-Sepúlveda, J. A. y Domínguez-Orozco, A. L.</i>	
Instructions for authors.....	105

En el editorial anterior (número 1, enero-abril de 2012, volumen 16), se habló acerca del concepto de *biodiversidad* o *diversidad biológica*, haciendo referencia al frijol conocido como ayocote (*Phaseolus coccineus* L.); al respecto, y siguiendo esa línea editorial, ahora se alude a otra planta nativa; en esta ocasión, de la región tropical conocida como bonete, así como otra gama de nombres comunes: *K'uun che'* (maya), *kunché*, “coahuayote”, “cuaguayote” (náhuatl), orejona, papaya montés, papaya orejona. Su nombre científico es *Jacaratia mexicana* A. D. C., misma que presentamos como portada de este número.

La fotografía muestra las características de los frutos, los cuales son alargados —cónicos, colgantes, quintiangulados con cinco protuberancias longitudinales o alas— con la cáscara verde (que se torna amarilla, naranja, o rojiza al madurar), con numerosas semillas; en nuestra actual portada, inclusive, se nota la jugosidad del fruto y su característico aspecto lechoso; se considera que tiene un aroma similar al de la papaya, dada su pertenencia a la misma familia. La imagen se obtuvo durante una actividad con ganaderos, realizada en el municipio de Minatitlán, Colima.

El término bonete hace referencia a diferentes acepciones; entre ellas, al gorro de los eclesiásticos y seminaristas, el cual (por lo regular) es de cuatro picos; antiguamente lo usaron los graduados y colegiales, tiene como sinónimo birrete. También se considera un gorro cilíndrico de poca altura, de fieltro o lana, a veces forrado por dentro. En otro sentido, hace referencia al segundo de los cuatro estómagos de los rumiantes, conocido también como redecilla o retículo. Todos estos conceptos, de alguna manera, reflejan la simbología que popularmente da nombre a los elementos que se tienen alrededor; en este caso, no es la excepción, puesto que las alas, la forma cilíndrica y el interior del fruto confluyen en la percepción dada por los pobladores del medio rural.

Este árbol (*J. mexicana* A. D. C), pertenece al bosque tropical caducifolio; es longevo y, ocasionalmente, del subdosel del bosque tropical subperennifolio, considerada como una planta nectarífera. Se distribuye en Nicaragua, El Salvador y México; en nuestro país se ubica en los estados de Chiapas, Colima, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, además en localidades aisladas de los estados de Campeche, Puebla, Veracruz y Yucatán; se ubica en altitudes que llegan hasta los 1,400 msnm, en donde es una especie que se observa en condiciones silvestres, puesto que el cultivo de la misma no se realiza de manera sistemática.

En el aspecto culinario es una especie reconocida desde épocas prehispánicas, conocimiento que se mantiene entre nuestros pobladores en las comunidades rurales y que durante los meses de marzo a mayo es utilizado como alimento; inclusive, se genera un mercado local interesante ligado al aspecto religioso, relacionado con la cuaresma. Se considera que el bonete tierno puede utilizarse como fruta de consumo humano, quitando la parte externa, en donde sólo se utiliza la pulpa y las semillas, acompañándolo con sal, limón y chile para su consumo en fresco (crudo) y también como agua fresca, licuando la pulpa con azúcar al gusto. Asimismo, en versión cocida y guisada; en la primera, se consumen solos en agua hirviendo y sal; en la segunda, combinándolos ya sea con huevo, frijol, nopales o carne. Cabe señalar que en algunos lugares se mezclan con azúcar y se preparan en conserva.

Sobre los aspectos de uso medicinal, se menciona de forma tradicional que las semillas se utilizan para el tratamiento de úlceras de la mucosa bucal (aftas) y apostemas, así como contra problemas digestivos; asimismo, cabe mencionar su acción contra parásitos intestinales; en este sentido, en el sureste de México antiguamente se masticaban sus semillas para matar parásitos y su resina la utilizaban como remedio contra las lombrices, además de su actividad desinflamatoria y laxante.

Dentro de esta información tradicional, esta especie sobresale por ser un recurso vegetal tanto comestible como medicinal; por lo mismo, cabe remarcar los estudios científicos realizados para la industria farmacéutica, en donde es valorada por la presencia, en particular, de enzimas protelíticas. El bonete posee una proteasa conocida como mexicana, de gran actividad cisteínica, monomórfica, de gran estabilidad al pH y a la temperatura, particularmente importante por ser de interés para la industria medicinal por su capacidad de romper enlaces peptídicos.

Finalmente, es importante señalar que en la actualidad existe una disminución de este tipo de árboles; esto se debe, probablemente, por desconocimiento de los propios dueños de las parcelas o traspacios al eliminarlos o sustituirlos por otro tipo de plantas de tipo convencional, así como la falta de siembra de las mismas. Todo ello son aspectos que hacen necesaria la difusión de la información tanto a la ciudadanía en general como a los productores en lo particular, para la valoración y recuperación de nuestros recursos naturales que conforman esa valiosa parte del ecosistema regional, precisamente en virtud de su extraordinaria biodiversidad.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

Caracterización del sistema agrosilvopastoril en la Depresión Central de Chiapas

Agro-silvopastoral system characterization
in the Central Depression of Chiapas

Ramírez-Marcial, N.;^{1*} Rueda-Pérez, M. L.;¹
Ferguson, B. G.² y Jiménez-Ferrer, G.²

¹Departamento de Ecología y Sistemática Terrestres
El Colegio de la Frontera Sur
Carretera Panamericana y Periférico sur s/n (C. P. 29290)
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

²Departamento de Agroecología
El Colegio de la Frontera Sur
Carretera Panamericana y Periférico sur s/n (C. P. 29290)
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México.

*Correspondencia: nramirezm@ecosur.mx

Resumen

A través de talleres participativos, se analizó la importancia de algunos árboles para el manejo de los sistemas productivos en una comunidad zoque, del municipio de Ocozocuatla de Espinosa, Chiapas (México). En cinco unidades de producción se establecieron al azar tres parcelas concéntricas de 10, 100 y 1,000 m², para cuantificar, respectivamente, el número de plántulas (individuos menores de un m de altura), juveniles (individuos < 10 cm de DAP) y árboles (> 10 cm DAP). De 59 especies de árboles presentes en la localidad, se identificaron 28 de ellas en los sistemas silvopastoriles y hasta ocho tipos de uso, siendo la leña el más importante y *Acacia pennatula* la especie más utilizada. La densidad de plántulas en los potreros fue de 1.05 ± 0.45 ind/m², la de juveniles (333 ± 11 ind/ha) y la de árboles adultos (71 ± 6 ind/ha). Para la alimentación del ganado se promueven varios zacates, siendo el *brizantha* (*Brachiaria brizantha*) el más extendido (92%). En función de la disponibilidad de forraje, los productores permiten el acceso del

Abstract

We describe the importance of trees for the management of production systems in a zoque community in the Central Depression of Chiapas, Mexico. In five production units three concentric plots of 10, 100 and 1,000 m² were established to quantify respectively, the number of seedlings (individuals less than 1 m in height), juveniles (individuals < 10 cm DBH) and trees (> 10 cm DBH). A total of 28 out of 59 local species were identified as useful tree species, in which *Acacia pennatula* was the most commonly used tree by the farmers. The density of seedlings in the pasture was 1.05 ± 0.45 ind/m², small trees (333 ± 11 ind/ha), and adult trees (71 ± 6 ind/ha). Various grasses were promoted for feeding livestock, being *brizantha* (*Brachiaria brizantha*) the most widespread (92%). Depending on the availability of fodder, farmers allow livestock access to forested areas where they further extract firewood, timber and compost. The greater dominance of *A. pennatula* in pastures is explained by the dispersal from livestock

ganado a áreas arboladas de donde, además, extraen leña, madera y abono. La mayor dominancia de *A. pennatula* en los potreros se explica por la dispersión del ganado de las semillas de esta especie que, al ser colonizadora de hábitats abiertos, puede establecerse con relativa facilidad y con la menor inversión de mano de obra y en condiciones de baja presión de pastoreo, lo cual acelera el proceso de regeneración del bosque tropical caducifolio.

Palabras clave

Acacia pennatula, árboles forrajeros, bosques secos, leña, sucesión secundaria.

of this species' seeds, which when colonizing open habitats may be established with relative ease and with the least investment of labor, and combined with low grazing pressure may accelerate the process of regeneration of the tropical deciduous forest.

Key words

Acacia pennatula, firewood, fodder trees, secondary succession, tropical dry forest.

Introducción

En la Depresión Central de Chiapas se encuentran fragmentos de bosque tropical caducifolio (BTC) junto a hábitats secundarios, áreas de cultivos, plantaciones, zonas urbanas y potreros, creando un mosaico dinámico y complejo (Rocha-Loredo *et al.*, 2010). La transformación del BTC se debe, en gran parte, a la extracción forestal y la conversión de estas áreas para pastoreo (Burgos y Maas, 2004; Griscom *et al.*, 2007). Actualmente, estas zonas se encuentran en un estado de regeneración secundaria, producto de la diversificación de actividades productivas, que ha llevado a la suspensión del uso del fuego en el manejo de los potreros, lo cual permite el establecimiento de vegetación espontánea. Este manejo diversificado del paisaje forma parte del modo de vida campesino y, al mismo tiempo, representa una oportunidad para evaluar el potencial de restauración de estos ecosistemas (Vieira y Scariot, 2006).

En este sentido, hoy en día se busca integrar el uso y la conservación de los recursos naturales con las necesidades productivas de la población (Maas *et al.*, 2005). Para implementar nuevas alternativas en las comunidades campesinas, debe considerarse el conocimiento sobre sus sistemas de producción, los cuales incorporan relaciones de tipo económico, social y cultural (Parra-Vázquez *et al.*, 1993). Entre ellas, la agroforestería es una alternativa viable, al integrar y combinar el manejo de árboles o arbustos, cultivos y ganado, tomando en cuenta algunas prácticas de manejo local (Musálem, 2002).

En diversas localidades del centro de Chiapas, el ganado doméstico (principalmente bovinos, ovinos y caballo) se maneja en un contexto integral que incluye áreas forestales, acahuales y zonas agrícolas; éstos, definen los sistemas agrosilvopastoriles (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2007); este manejo ha generado una asociación fuerte entre sistemas ganaderos y forestales, lo que ha permitido la regeneración natural de algunas especies características de la vegetación original. Sin embargo, aún no es claro si la conformación del paisaje actual (en la que se aprecia el retorno de los árboles en los sistemas agropecuarios) ha sido producto de una decisión consciente y deliberada por parte de los produc-

tores, o sólo ha sido una consecuencia ante la posibilidad de intensificar la producción de otros cultivos y el manejo del ganado. Por ejemplo, un grupo indígena zoque del centro de Chiapas realiza un sistema silvopastoril basado en el uso y aprovechamiento de *Acacia pennatula* —“quebracho”— (Martínez, 1994) y no se conoce con claridad si la presencia de estos árboles en potreros ha sido producto de la deliberada introducción de esta especie o si es el resultado de que, ante una baja intensidad de pastoreo, se ha desencadenado un proceso de regeneración natural de esta especie.

Con base en lo anterior, se realizó una evaluación de las unidades de producción silvopastoriles de una comunidad zoque del centro de Chiapas, para describir cómo el manejo está determinado por el contexto ecológico y perfil socioeconómico de los productores. Se partió de la premisa de que los productores locales mantienen actividades productivas múltiples, lo que involucra a la agricultura, ganadería y manejo del bosque tropical caducifolio.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el ejido Ocuilapa de Juárez, municipio de Ocozacoatlán de Espinosa, Chiapas, localizado entre los 16° 53' 52" y 16° 50' 47" de Latitud Norte, 93° 27' 28" y 93° 24' 17" de Longitud Oeste, con intervalos altitudinales entre los 820 y 1,100 msnm. El clima es cálido-sub-húmedo con lluvias de verano; la precipitación media anual es de 865 mm y la temperatura media anual de 24.7°C (Escobar-Ocampo *et al.*, 2009). La localidad forma parte de la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote y colinda con el Parque Educativo Laguna Bélgica (Escobar-Ocampo y Ochoa-Gaona, 2007). Del total de las 2,807 ha del ejido, el censo agropecuario señala que aproximadamente el 40% de la superficie corresponde a cultivos anuales y perennes, 30% a vegetación secundaria, 18% a pastizales inducidos, 9% a selva baja y mediana subcaducifolia y el resto (3%), a poblados y caminos. La agricultura es de temporal, principalmente maíz y frijol, cultivos perennes como el café, cítricos, plátano, piña y una ganadería extensiva de bovinos (Vásquez-Sánchez, 2005).

Mediante la exposición de motivos del presente estudio, ante una asamblea comunitaria del ejido (realizada en noviembre de 2008), se identificó a la población de campesinos que declararon dedicarse a la actividad ganadera ($n = 20$). Posteriormente, en enero de 2009, se realizó un taller participativo, con las 20 personas para identificar los principales problemas relacionados con el manejo del ganado en la localidad. Un grupo de 13 productores reconoció, sobre mapas topográficos del polígono del ejido, sus áreas productivas y la extensión de terreno para cada actividad; luego, se realizó un cuadro comparativo del porcentaje de cobertura de cada tipo de uso de suelo en diferentes años (1973, 1990, 2009). Se consideraron estos años por haberse reconocido como momentos importantes para la comunidad (en 1973 se incorporaron como productores organizados de café ante el INMECAFÉ, en 1990 se registró la caída de precios del café que los obligó a buscar otras alternativas productivas y 2009 representa el presente).

Con este ejercicio se ubicaron las zonas de producción agrícola y ganadera, además de las zonas declaradas como bosques de reserva. El mapa y el cuadro de actividades productivas se presentaron ante todos los asistentes para rectificación y consenso. Una

vez ubicadas las áreas destinadas para la ganadería, se entrevistaron a 13 productores y se hicieron recorridos de campo y reconocimiento de las condiciones de los potreros en cinco unidades de producción. La selección de estas áreas fue por decisión de los propios campesinos que mostraron mayor disposición de participar, dando el acceso a sus áreas de manejo. Los sitios presentaron diferencias de cobertura arbórea (acahuales en regeneración hasta potreros con individuos dispersos de *Acacia pennatula*).

En cada unidad de producción se establecieron, al azar, tres parcelas circulares concéntricas de 10, 100 y 1,000 m² (modificado de Ramírez-Marcial *et al.*, 2010), para cuantificar, respectivamente, el número de plántulas de *A. pennatula* (individuos menores de un m de altura), juveniles (individuos mayores a un metro de altura y < 10 cm de DAP) y árboles adultos (> 10 cm DAP). El muestreo de juveniles y adultos también se realizó en seis parcelas de las mismas dimensiones (excepto plántulas) en fragmentos de selva para tener un punto de referencia de la riqueza de especies en la localidad. La cobertura arbórea se registró en la parcela de 1,000 m² con un densiómetro convexo (Lemmon, 1956), tomando el promedio de cinco lecturas por parcela y se comparó con los niveles de cobertura registrados en el interior de los bosques, mediante un análisis de varianza.

La información de composición y abundancia de especies en los potreros se relacionó con la información de las entrevistas realizadas a 13 productores, con el fin de detectar consistencias o no, respecto del contexto ecológico y social en el manejo de sus potreros. Las superficies destinadas a cada actividad de producción se relacionaron mediante un análisis de correlación y a cada productor se le preguntó si los árboles que tenía en su potrero eran especies plantadas por él, o regeneradas de forma espontánea y los usos que le daba a las distintas especies.

Resultados

El grupo de 20 participantes en el taller y en las entrevistas fueron personas adultas, entre 50 y 75 años, que poseen hatos ganaderos propios. La mayoría se reconocen como agricultores a pesar de poseer ganado, y siete de ellos pertenecen a la Unión de Ejidos San Fernando y Sociedad Benito Juárez, dedicadas a la comercialización de café.

Desde el año 2007 se han beneficiado del programa de estímulos a la productividad ganadera (PROGAN), el 78.5% recibe este apoyo y algunos (28.6%) se encuentran conformando un GGAVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología) que les provee de apoyo técnico e intercambio de experiencias con otros ganaderos. Reciben otros apoyos relacionados con la actividad agrícola, como el PROCAMPO y Fomento cafetalero (85.7% y 100%, respectivamente) y complementan sus ingresos con otras actividades económicas, como la comercialización local de productos agropecuarios (café, maíz, plátano, piña y venta de ganado y sus derivados), comercios establecidos (tortillerías y tiendas de abarrotes) y oficios como la carpintería, albañilería y panadería. La extensión promedio de las unidades productivas es de 23.9 ± 16.6 ha.

Cada unidad de producción se encuentra dividida en zonas para potrero, cultivo y bosque. Las áreas de potrero ocupan mayor extensión en el 85% de los casos y tres productores reportaron no poseer áreas con bosque o acahual (cuadro 1). No se detectó una

relación significativa entre el área total de cada unidad productiva y la superficie dedicada a la agricultura, pastoreo o bosque ($P > 0.3$); sin embargo, sí se detectó una relación negativa entre la superficie destinada a potreros y a cultivos ($r^2 = -0.91, P < 0.001$).

En las áreas dedicadas a cultivos hay una subdivisión del terreno debido al tipo y variedad de condiciones físicas de los mismos. El 100% de los entrevistados siembra café e intercalan plátano y/o árboles con algún aprovechamiento, como el cedro (*Cedrela odorata*); el segundo cultivo de importancia es el maíz de temporal (78.6%), seguido por la piña y el frijol (ambos con 14.3%). Los acahuales sirven de reservas para la extracción de leña, postes, madera para muebles, para construcción y/o reparación de viviendas, para la obtención de abonos y, en temporada de seca, son utilizados para el ramoneo de ganado, dándole así un manejo integral de los bosques y potreros (figura 1).

Cuadro 1
Extensión de terreno y uso del suelo (%) en Ocuilapa de Juárez, Chiapas.

No. de ejidatario	Extensión total (ha)	Tipos de aprovechamiento		
		Cultivos (%)	Potrero (%)	Acahual/Bosque (%)
1	20	70	20	10
2	10	30	60	10
3	30	27	53	20
4	10	10	90	0
5	20	30	50	20
6	16	19	69	12
7	20	40	60	0
8	53	13	83	4
9	16	19	75	6
10	22	9	68	23
11	16	62.5	37.5	0
12	13	15.4	69.2	15.4
13	65	7.7	76.9	15.4
Promedio	23.9	27.12	62.4	10.0

N=13 ejidatarios.

Los entrevistados mencionaron un total 21 especies útiles y hasta ocho formas de uso (cuadro 2). La especie con mayor número de usos declarados (5 de 8) fue *Acacia pennatula*. La mayoría de los productores mantienen estas especies en sus áreas de acahual y son fomentadas y(o) toleradas a partir de la regeneración natural (por ej., *A. pennatula*, *Byrsonima crassifolia*, *Diphysa robinoides*, *Myrsine coriacea*, *Nectandra coria-*

cea, *Ternstroemia tepezapote* y *Trichospermum mexicanum*). En cambio, especies presentes en los potreros, como *Cedrela odorata* y *Cordia alliodora*, son plantadas para madera. Varios productores indicaron que usan los acahuals o el bosque como fuente de abono para fertilización de cultivos o cafetales, siendo el humus de *A. pennatula*, *Leucaena* spp. y *D. robinoides* de los más apreciados.

Figura 1
Vista frontal de un acahual de quebracho (*Acacia pennatula*),
utilizado para extracción de leña y pastoreo
en Ocuilapa de Juárez, Ocozocoautla, Chiapas.



Los potreros están cubiertos predominantemente (92%) por el pasto brizantha (*Brachiaria brizantha*), aunque se registraron otras especies menos frecuentes: pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*, 53%), jaragua (*Hyparrhenia rufa*, 31%), zacate cubano (*Penisetum* spp., 23%), zacate Guinea (*Panicum maximum*, 15%), pata de gallo (*Cynodon dactylon*, 15%), llanero (*Andropogon gayanus*, 7%) y remolina (*Paspalum virgatum*, 7%). La raza de ganado suizo americano es la más común (72%), el 7% posee cruce de suizo cebú y el 21% maneja ambos tipos. La mayor parte de los entrevistados considera que tienen poca experiencia en el manejo del ganado y que han mantenido sus

hatos por tradición familiar, de cuando en las pasadas dos décadas la actividad ganadera tenía mayor importancia económica.

Para ellos, la ganadería representa un ahorro y otra alternativa que les genera ingresos en momentos de necesidad, añadiendo que esta actividad permite capitalizar los sistemas productivos al tener un mercado cercano en la capital del estado (Tuxtla Gutiérrez) y la cabecera municipal. Los ganaderos cuentan en promedio con 0.81 ± 0.5 animales/ha; estas densidades de ganado pueden beneficiar al establecimiento y crecimiento de diferentes especies de árboles en tanto los potreros no sean quemados.

El manejo del pastoreo del hato ganadero varía, ya que depende de la extensión y la ubicación del terreno. La disponibilidad de agua es uno de los factores que propicia el movimiento estacional del hato de tres a seis meses, dependiendo de la duración de la temporada de sequía. Solamente seis campesinos entrevistados realizan este tipo de movimiento estacional, mientras que el resto divide el potrero y rota el ganado en periodos de 15 a 30 días, de acuerdo a la disponibilidad de forraje y agua en cada sección.

Cuadro 2
Especies arbóreas de mayor importancia y sus principales usos en el ejido Ocuilapa de Juárez.

<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Principales usos*</i>
Quebracho	<i>Acacia pennatula</i> (Schltdl. & Cham.) Benth.	1,2,4,5,8
Popiste	<i>Blepharidium mexicanum</i> Standley	1,2,8
Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	2,3,4
Nanchi	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	2,3,7
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.)	1,2,4
Guachipilín	<i>Diphysa robinoides</i> Benth.	1,4,5
Mulato	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	4,3
Roble	<i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham.	2,3
Pimienta	<i>Pimenta dioica</i> L.	5,7
Cedrillo	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i> Krug & Urb.	1, 2
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	5,6
Trique	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. subsp. coriacea	1,2
Jolozín	<i>Trichospermum mexicanum</i> (DC.) Baill.	1,2
Humo	<i>Nectandra coriacea</i> Griseb.	1,2
Ramón	<i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.	1,5
Bojón	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	1,6
Zapotillo	<i>Sideroxylon</i> sp.	1
Piñón	<i>Jatropha curcas</i> L.	3
Trompito	<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schltdl. & Cham.	1
Duraznillo	<i>Tapirira mexicana</i> Marchand	2
Chirimuya	<i>Rollinia mucosa</i> Baill.	2

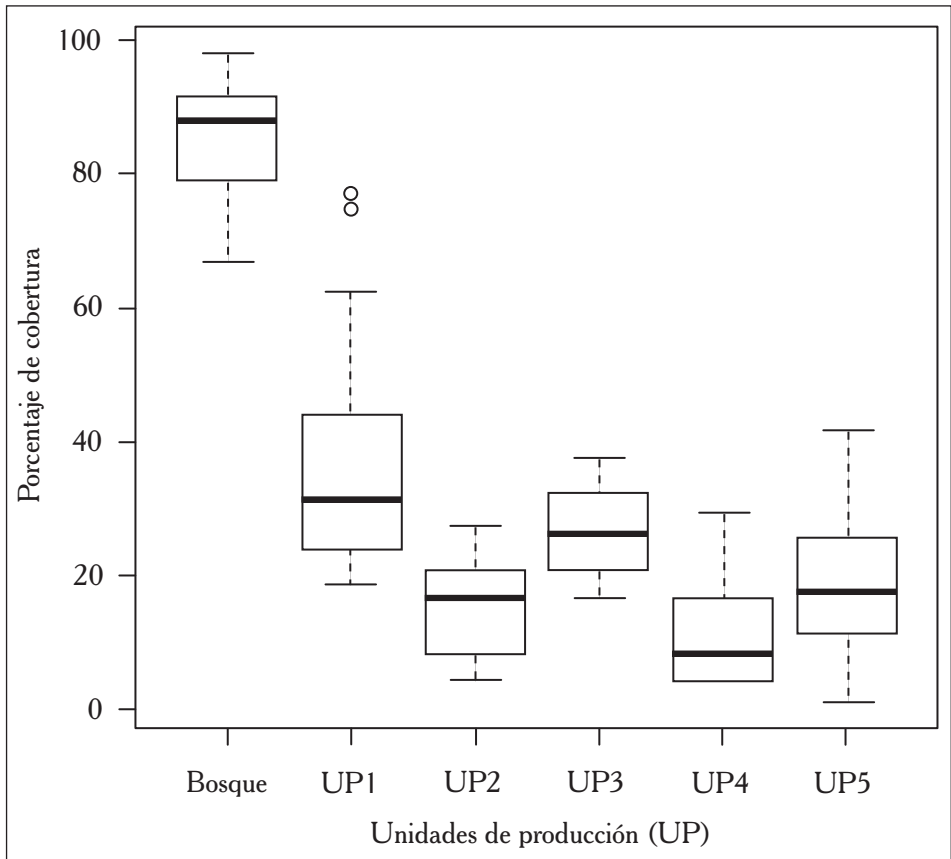
*Información obtenida de las entrevistas realizadas a ganaderos del ejido. Las especies fueron clasificadas en ocho usos principales: 1) leña, 2) postes, 3) cerco vivo, 4) forraje, 5) sombra, 6) fabricación de muebles, 7) comestible, 8) construcción.

Los potreros evaluados mantienen —en promedio— entre un 10.8 y 37.1% de cobertura arbórea, significativamente más bajo de lo registrado en el bosque (figura 2; $F_{5,96} = 145.02$, $P < 0.001$); aunque en los potreros puede haber rodales forestales con cobertura mayor al 75%, ya que dentro de cada pastizal hay mucha heterogeneidad de relieve y es común que se promueva la permanencia de árboles a lo largo de los cauces temporales de agua. Por el contrario, otros productores mantienen al mínimo la presencia de árboles en sus potreros y esto depende de la condición del sitio para el crecimiento del zacate y de la disponibilidad de mano de obra para el chapeo frecuen-

te. Algunos productores prefieren invertir en la creación de acahuales en sitios de baja calidad para el crecimiento del zacate y reconocen que los árboles contribuyen a la restitución de la fertilidad del suelo, pero que el incremento de la sombra de los árboles reduce el crecimiento del pasto.

Figura 2

Valores del porcentaje de cobertura de la vegetación arbórea registradas en cinco unidades de producción (n = 75 lecturas) y en el bosque tropical caducifolio (n = 27 lecturas) en Ocuilapa de Juárez, Chiapas.



La evaluación de la composición y abundancia de árboles en los potreros y su comparación con los fragmentos del bosque tropical caducifolio, permitió reconocer 67 especies en el ejido. De ellas, 28 están presentes en los potreros, lo cual representa casi el 42% de la riqueza regional (cuadro 3) y supera la cifra de 21 especies que los productores reconocen como útiles (descritas en el cuadro 2).

Cuadro 3
Relación taxonómica y densidad de árboles juveniles y árboles adultos
registrada en fragmentos de bosque tropical caducifolio y en potreros
de Ocuilapa de Juárez, Chiapas.

Familia	Nombre científico	Bosque (n = 6)		Potreros (n = 15)		Plántulas
		Juveniles	Adultos	Juveniles	Adultos	
Anacardiaceae	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>		1			
Anacardiaceae	<i>Tapirira mexicana</i>		9			
Anonaceae	<i>Rollinia membranacea</i>			3		
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana amygdalifolia</i>		1			
Araliaceae	<i>Dendropanax arboreus</i>		1			
Araliaceae	<i>Oreopanax geminatus</i>	1	1			1
Asteraceae	<i>Eupatorium daleoides</i>					1
Asteraceae	<i>Eupatorium hebebotryum</i>					1
Asteraceae	<i>Vernonia canescens</i>			1		
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>		1			
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>			2		2
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	1		4		2
Burseraceae	<i>Protium copal</i>	4	4			
Celastraceae	<i>Crossopetalum tonduzii</i>	2	5			
Celastraceae	<i>Wimmeria bartlettii</i>	2	2			
Clusiaceae	<i>Garcinia macrantha</i>			1		
Combretaceae	<i>Terminalia oblonga</i>	1	1	1		
Euphorbiaceae	<i>Bernardia dodecandra</i>	7	3			
Euphorbiaceae	<i>Croton carpostellatus</i>	1	1			
Euphorbiaceae	<i>Croton glabellus</i>	2	9			

Continúa en la pág. 17

Viene de la pág. 16

Euphorbiaceae	<i>Croton reflexifolius</i>	4	2			
Euphorbiaceae	<i>Sebastiania sp.</i>	2	5			
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>			3		2
Fabaceae	<i>Acacia pennatula</i>			17	56	138
Fabaceae	<i>Acaciella angustissima</i>			3		
Fabaceae	<i>Alchornea chiapasana</i>	2	2			
Fabaceae	<i>Alchornea latifolia</i>		1			
Fabaceae	<i>Allophylus camptos-tachys</i>	2	2			
Fabaceae	<i>Diphysa robinioides</i>			7		1
Fabaceae	<i>Leucaena shannonii</i>		1			
Lauraceae	<i>Licaria caudata</i>		2	4	4	
Lauraceae	<i>Nectandra coriacea</i>	2				
Lauraceae	<i>Nectandra reticulata</i>				2	
Lauraceae	<i>Nectandra salicifolia</i>	2	1			
Lauraceae	<i>Persea liebmannii</i>	3	5	2	4	12
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	1	2			
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>				2	
Malvaceae	<i>Trichospermum mexicanum</i>			1		
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>		1			
Moraceae	<i>Ficus tuerckheimii</i>				7	
Moraceae	<i>Ficus yoponensis</i>		1	1		
Moraceae	<i>Pseudolmedia spuria</i>		2			
Myrtaceae	<i>Eugenia acapulcensis</i>	3	6			
Myrtaceae	<i>Eugenia oerstediana</i>			1	1	1
Myrtaceae	<i>Eugenia organoides</i>	2				
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i>	1				

Continúa en la pág. 18

Viene de la pág. 17

Myrtaceae	<i>Pimenta dioica</i>		3			
Myrtaceae	<i>Psidium guineense</i>		2			
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia tepezapote</i>			4		4
Picramniaceae	<i>Picramnia antidesma</i>	1	13	5		7
Piperaceae	<i>Piper diandrum</i>	1				
Polygonaceae	<i>Coccoloba barbadensis</i>		1			
Primulaceae	<i>Ardisia brevis</i>	8	14			1
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i>	1				
Rhamnaceae	<i>Rhamnus sp.</i>			1		1
Rubiaceae	<i>Guettarda combsii</i>			1		
Rubiaceae	<i>Psychotria erythrocarpa</i>	4	4			
Rutaceae	<i>Zanthoxylum kellermanii</i>	2	1			
Salicaceae	<i>Laetia thamnia</i>		2			
Salicaceae	<i>Zuelania guidonia</i>	1	7			
Sapindaceae	<i>Matayba oppositifolia</i>	5	27			
Styracaceae	<i>Styrax argenteus</i>					2
Thymelaeaceae	<i>Daphnopsis americana</i>			1		
Urticaceae	<i>Coussapoa sp.</i>	1	1			
Verbenaceae	<i>Citharexylum hexangulare</i>		1			
Verbenaceae	<i>Lippia myriocephala</i>	1	1			
Violaceae	<i>Orthion malpighiifolium</i>	1				
34 familias	67 especies	71	149	50	107	158

Discusión

La región central de Chiapas ha estado sometida a una continua influencia humana, desde periodos pre coloniales (Zebadúa, 1999) misma que ha dejado impresa la “huella ecológica” en la conformación del paisaje actual. La unidad básica de organización (grupo doméstico) en el ejido de Ocuilapa de Juárez es la familia dedicada a realizar las distintas actividades productivas tanto agrícolas, pecuarias como forestales. En promedio, cada productor dispone de casi 24 ha, destinando el 62% de esta superficie a la ganadería, combinando el resto a la producción con el cultivo de café y aprovechamiento forestal. La temporalidad de las actividades agropecuarias ha permitido a las familias el desarrollo de otros oficios como la alfarería, la carpintería y la migración temporal (asalariados/jornales).

Esta diversificación de actividades productivas representa una estrategia de vida que permite la coexistencia de fragmentos de vegetación arbolada en paisajes agrícolas y pecuarios. La presencia de árboles en los potreros (predominantemente de *Acacia pennatula*) es el resultado de la regeneración natural que puede representar entre el 34-87% de la densidad total de árboles en los potreros.

Los habitantes de esta comunidad zoque realizan el manejo del hato ganadero bajo una estrategia agrosilvopastoril tradicional (Pezo e Ibrahim, 1996), caracterizado por un gradiente de arborización que va desde pastizales extensivos hasta pastizales con cercos vivos, arbustos y árboles dispersos. El ramoneo se da en acahuales, rastros de parcelas de cultivo y las áreas forestales con sotobosque, que se utilizan de forma alterna durante el ciclo anual (Gómez-Castro *et al.*, 2002; Nahed *et al.*, 2009). De esta manera, los sistemas silvopastoriles facilitan la intensificación de los cultivos y la producción ganadera de forma integral y alivian la presión sobre las áreas boscosas, aumentando directa o indirectamente la productividad de la parcela. Adicionalmente, los productores —al continuar con una estrategia de intensificación de alta diversidad biológica— apoyan a la conservación de otras especies (Ferguson y Griffith, 2004) y del paisaje en su conjunto (Barrance *et al.*, 2009).

Esta comunidad aprovecha intensivamente sus áreas de producción; en ese sentido, Soto-Pinto (1990) reportó, para otra localidad del centro de Chiapas, un uso integral de los sistemas agrosilvícolas en los que destaca la preferencia por el uso de *Acacia pennatula* para abastecerse de leña, corroborado —a su vez— por un estudio realizado en Ocuilapa de Juárez (Escobar-Ocampo *et al.*, 2009). En números absolutos, los potreros pueden mantener hasta el 70% de la densidad de árboles presentes en la selva; sin embargo, la dominancia está restringida en una especie, donde *A. pennatula* representó el 87.3% de la densidad total de plántulas, 34% de los juveniles y 52% de los adultos en los potreros (cuadro 3).

Todos coinciden en que la práctica de no quema tiene pocos años (última década) después de los grandes incendios forestales de 1998, registrados en gran parte del estado, lo cual ha favorecido la regeneración de árboles en los potreros.

Hay otras situaciones donde la presencia de árboles no se asocia sólo a la regeneración natural, sino a la intención deliberada de ubicarlos en sitios específicos. Por ejemplo, a pesar de que varios productores reconocieron en las entrevistas la utilidad del “popiste” (*Blepharidium mexicanum*) como una especie maderable y para construcción, no apareció en los inventarios de vegetación, debido a que esta especie es fomentada más bien en los cercos o límites entre predios, tal y como se realiza con el cedro.

Aunque Griscom *et al.* (2009) argumentan que el ganado tiene más efectos negativos que positivos sobre la regeneración natural, al limitar la regeneración de varias especies vegetales e incrementar la compactación del suelo, otros autores reconocen que la magnitud del daño puede variar con cada especie y está en función del nivel de intensificación del pastoreo (Wassie *et al.*, 2009). Los potreros de Ocuilapa son, por lo general, áreas compactas y están sometidas a baja intensidad de pastoreo. En estos sistemas, el pastoreo reduce la densidad de los quebrachales y la cantidad de árboles depende de las necesidades del productor, quien decide entre reducir o incrementar la densidad de *A. pennatula* (Cházaro, 1977).

Otro factor importante que ayuda a entender esta asociación entre árboles y el ganado, es el papel favorable de éste sobre la dispersión de sus semillas. Por ejemplo, se encontró que algunas semillas y plántulas de *A. pennatula* estaban presentes o germinando sobre el estiércol, lo que sugiere que su ingesta previa favorece la germinación de semillas. La abundancia de *A. pennatula* se debe —en gran parte— a que es la especie con mayor uso en Ocuilapa y a la interacción de ésta con el ganado que, al consumir las vainas, se convierten en sus dispersores efectivos (Brown, 1960; Purata *et al.*, 1999; Rubio-Delgado *et al.*, 2002). Con estos resultados, se considera que el manejo y establecimiento de sistemas agroforestales, y en particular la abundancia de *A. pennatula* en Ocuilapa, crean una condición favorable que provee mejores niveles de vida a pequeños productores a través de la diversificación productiva y, simultáneamente, que contribuye con los procesos de recuperación de la vegetación del bosque tropical caducifolio, al ser usados como una fase inicial en la regeneración de este ecosistema forestal (Miceli-Méndez *et al.*, 2008; Vieira *et al.*, 2009).

Conclusiones

Los “quebrachales” (potreros con dominancia de *Acacia pennatula*) son elementos comunes de un paisaje silvopastoril en Ocuilapa de Juárez, Chiapas. Los campesinos zocques de esta comunidad se benefician de la presencia de esta especie pionera de rápido crecimiento y realizan un manejo integral del que obtienen diversos recursos forestales (leña y madera) y forraje para el ganado en épocas críticas. Este manejo consiste en mantener 11-37% de cobertura de árboles multipropósito dentro de los potreros para no reducir el crecimiento de los diferentes zacates. En este sistema es posible mantener representada hasta el 42% de la riqueza de especies leñosas presentes en el bosque tropical caducifolio, y la densidad de árboles en los potreros representa hasta el 28% de las densidades registradas en el bosque.

Agradecimientos

A los habitantes de la comunidad de Ocuilapa de Juárez, por su disposición en el trabajo realizado; en especial, a los Sres. Ángel Ovando, Ovidio Chanona y Roberto Ramírez. A dos árbitros anónimos que aportaron útiles observaciones al texto inicial. Al CONACYT por la beca otorgada a MLRP (registro 253162); a la Unión Europea, a través del proyecto ReForLan (INCO-DEV-3, Framework Programme 6, contrato No. 032132) y al Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT-CONACYT), a través del Convenio 116306: Innovación socioambiental para el desarrollo en áreas de alta pobreza y biodiversidad de la frontera sur de México.

Literatura citada

- Barrance, A.; Schreckenberg, K. y Gordon, J. (2009). *Conservation through use: lessons from the Mesoamerican dry forest*. Overseas Development Institute. Reino Unido, 124 pp.
- Brown, W. L. (1960). Ant, acacias, and browsing animals. *Ecology* 41: 587-592.
- Burgos, A. y Maas, J. M. (2004). Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of Western Mexico. *Agric. Ecosys. Environ.* 104: 475-481.
- Cházaro, B. M. J. (1977). El huizache, *Acacia pennatula* (Schlecht & Cham.) Benth. Una invasora del centro de Veracruz. *Biótica* 2: 1-18.
- Escobar-Ocampo, M. C. y Ochoa-Gaona, S. (2007). Estructura y composición florística de la vegetación del parque educativo Laguna Bélgica, Chiapas, México. *Rev. Mex. Biodiv.* 78: 391-419.
- Escobar-Ocampo, M. C.; Niños-Cruz, J. A.; Ramírez-Marcial, N. y Yépez-Pacheco, C. (2009). Diagnóstico participativo del uso, demanda y abastecimiento de leña en una comunidad zoque del centro de Chiapas, México. *Ra Ximhai* 5: 201-223.
- Ferguson, B. G. y Griffith, D. (2004). Tecnología agrícola y conservación biológica, el caso de El Petén, Guatemala. *Man. Integr. Plag. Agroecol.* 72: 72-85.
- Gómez-Castro, H.; Tewolde, M. A. y Nahed-Toral, J. (2002). Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10: 175-183.
- Griscom, H. P.; Kalko, E. K. V. y Ashton, M. S. (2007). Frugivory by small vertebrates within a deforested, dry tropical region of Central America. *Biotropica* 39:278-282.
- Griscom, H. P.; Griscom, B. y Ashton, M. S. (2009). Forest regeneration from pasture in the dry tropics of Panama: Effects of cattle, exotic grass, and forested riparia. *Restor. Ecol.* 17: 117-126.
- Jiménez-Ferrer, G.; López, P. H.; Soto, P. L.; Nahed, T. J.; Hernández, L. L. y Torre De la, J. C. (2007). Livestock, nutritive value and local knowledge of fodder trees in fragment landscapes in Chiapas, México. *Interciencia* 32: 274-280.
- Lemmon, P. E. (1956). A spherical densitometer for estimating forest overstory density. *For. Sci.* 2:314-320.
- Maas, M. J.; Balvanera, P.; Castillo, A.; Daily, G. C.; Mooney, H. A.; Ehrlich, P.; Quesada, M.; Miranda, A.; Jaramillo, B. J.; García-Oliva, F.; Martínez-Yrizar, E.; Cotler, H.; López-Blanco, J.; Pérez-Jiménez, A.; Búrquez, A.; Tinoco, C.; Ceballos, G.; Barraza, L.; Ayala, R. y Sarukhán, J. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society* 10(1): 17. (on line) url: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art17/>
- Martínez, M. (1994). *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Fondo de Cultura Económica, México, D. F., 760 pp.
- Miceli-Méndez, C. L.; Ferguson, B. G. y Ramírez-Marcial, N. (2008). Seed dispersal by cattle: natural history and applications to neotropical forest restoration and agroforestry. En: R. Myster (editor). *Post-agricultural succession in the Neotropics*. Springer, New York. pp. 165-191.
- Musálem, M. A. (2002). Sistema agrosilvopastoriles: Una alternativa de desarrollo rural sustentables para el trópico mexicano. *Rev. Chapingo*, ser. Cien. For. Amb. 8: 91-100.

- Nahed, T. J.; Calderón, J. P.; Aguilar, R. J.; Sánchez-Muñoz, B.; Ruíz-Rojas, J. L.; Mena, Y.; Castel, J. M.; Ruíz, F. A.; Jiménez-Ferrer, G.; López-Méndez, J.; Sánchez-Moreno, G. y Salvatierra, I. B. (2009). Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avanc. Invest. Agrop.* 13: 45-58.
- Parra-Vázquez, M. R.; Nahed-Toral, J.; Soto-Pinto, L.; García-Aguilar, M. C. y García-Barrios, L. (1993). El sistema ovino tzotzil de Chiapas. Dinámica del manejo integral. *Agrociencia* 3: 79-97.
- Pezo, D. A. e Ibrahim, M. (1996). Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. En: *Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales*. 1er. Foro Internacional. Veracruz, Ver. Fira-Banco de México. México, D. F. 35 pp.
- Purata, S. E.; Greenberg, R.; Barrientos, V. y López-Portillo, J. (1999). Economic potential of the huizache, *Acacia pennatula* (Mimosidae) in Veracruz, México. *Econ. Bot.* 53: 15-29.
- Ramírez-Marcial, N.; Martínez-Ic6, M. e Ishiki-Ishihara, M. (2010). Evaluación y monitoreo de la vegetación. En: León Cortés, J. L. y Naranjo, E. (Eds.). *Manual para el reconocimiento, evaluación y monitoreo de la diversidad biológica*. El Colegio de la Frontera Sur, San Crist6bal de Las Casas, Chiapas. pp. 9-27.
- Rocha-Loredo, A. G.; Ram3rez-Marcial, N. y Gonz3lez-Espinosa, M. (2010). Riqueza y diversidad de 3rboles del bosque tropical caducifolio en la Depresi3n Central de Chiapas. *Bol. Soc. Bot. M3x.* 87:99-113.
- Rubio-Delgado, L.; Ram3rez-Marcial, N. y Castellanos-Albores, J. (2002). Distribuci3n y regeneraci3n de *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth. en bosques perturbados del norte de Chiapas, M3xico. *Brenesia* 57-58: 67-84.
- Soto-Pinto, L. (1990). Plantas 3tiles de cuatro comunidades de Chiapas: Perspectivas en el uso sostenible de la tierra. *Rev. Fitotec. Mex.* 13:149-168.
- V3squez-S3nchez, M. A. (coordinador) (2005). *Programa estatal de ordenamiento territorial, fases III y IV*. Gobierno del Estado de Chiapas. Tuxtla Guti3rrez, M3xico. 340 pp.
- Vieira, D. L. y Scariot, A. (2006). Principles of natural regeneration of tropical dry forests for restoration. *Restor. Ecol.* 14: 11-20.
- Vieira, D. L.; Holl, K. y Peneireiro, F. M. (2009). Agro-successional restoration as a strategy to facilitate tropical forest recovery. *Restor. Ecol.* 17: 451-459.
- Wassie, A.; Sterck, J. F.; Teketay, D. y Bongers, F. (2009). Effects of livestock exclusion on tree regeneration in church forests of Ethiopia. *For. Ecol. Manage.* 257:765-77.
- Zebad3a, E. (1999). *Breve historia de Chiapas*. Fondo de Cultura Econ3mica. M3xico, D. F. 185 pp.

Recibido: Abril 26, 2011
Aceptado: Marzo 5, 2012

Efecto de la alimentación con recursos alternativos sobre la cría de cerdos en cama profunda

Effect food with alternative resources on the pigs in deep bedding

Tepper, R.; González, C.;* Figueroa, R.; Araque, H. y Sulbarán, L.

Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela
Maracay, Venezuela.

*Correspondencia: Carlos.r.gonzalez@ucv.ve / gonzalezc@agr.ucv.ve

Resumen

Para determinar el desempeño productivo de cerdos en crecimiento y engorde, alojados en una instalación con cama profunda y con el uso de alimentos alternativos como dieta base, se desarrolló un experimento con 32 cerdos mestizos, bajo un diseño completamente aleatorizado, con cuatro dietas experimentales y cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron: DC: dieta convencional con base de maíz y soya; 50RB: 50% de harina de raíz de batata (*Ipomoea batatas*); RBFM: 50% de RB + 8% de follaje de morera (*Morus alba*) en la etapa de crecimiento o 24% en la etapa de engorde; RBFN: 50% de RB + 8% de follaje de nacedero (*Trichanthera gigantea*) en la etapa de crecimiento o 24% en la etapa de engorde. Se evaluó consumo total de alimento (CT), ganancia diaria promedio (GDP), peso final (PF), peso inicial (PI), incremento de peso (IP) y conversión de alimento (CA). Se obtuvo un efecto marcado de la dieta ($P < 0,01$) sobre las variables PF, IP, GDP, CT en las dos etapas. Los cerdos en 50RB presentaron valores similares en todas las variables evaluadas en comparación a DC. En el tratamiento RBFM y RBFN, se observaron diferencias en las variables productivas PF, IP, GDP y CA a favor de DC y 50RB. La raíz de batata puede ser incorporada en dietas para cerdos sin afectar sus

Abstract

An experiment was made to determine the productive performance of growing and fattening pigs housed in a facility with deep bedding and the use of alternative feeds as basal diet. 32 crossbreed pigs were used under a completely randomized design with four replications and four experimental diets. The treatments applied were; DC: conventional diet based on corn and soybean; 50RB: 50% of sweet potato (*Ipomoea batatas*) root meal (RB); RBFM: 50% of RB + 8% of mulberry (*Morus alba*) leaves at the growth stage or 24% at the fattening one; RBFN: 50% of RB + 8% of nacedero (*Trichanthera gigantea*) leaves in the stage of growth or 24% in the fattening stage. Total food consumption (TC), average daily gain (ADG), final (PF), weight (PI), weight gain (IP) and feed conversion (CA) were assessed. A marked effect from the diets was observed ($P < 0.01$) on the PF, IP, GDP and CT variables in the two stages. Pigs on 50RB showed similar values in all variables compared to DC. Differences were found in treatments RBFM and RBFN in the production variables: PF, IP, GDP and CA in favor of DC and 50RB. Sweet potato root can be incorporated in pig diets without affecting their productive parameters, while the addition of mulberry or

parámetros productivos, pero la adición de follajes de morera o nacedero en dicha dieta puede perjudicar el desempeño de los animales.

Palabras clave

Dietas para cerdos, *Ipomoea batatas*, *Morus alba*, *Trichanthera gigantea*, pequeña escala.

Trichanthera leaves in the diet could impair animal performance.

Key words

Pig diet, *Ipomoea batatas*, *Morus alba*, *Trichanthera gigantea*, Small scale.

Introducción

La producción de cerdos en Venezuela tradicionalmente se ha desarrollado en sistemas de estabulación convencional, con uso excesivo de agua en el lavado de las excretas, dentro de las instalaciones. La alimentación ha estado basada en cereales y soya como materias primas principales, rubros con grandes limitaciones agroecológicas para la producción eficiente en el trópico, sin considerar que los cereales tienen competencia de uso en la alimentación humana, lo que limita en gran parte su incorporación en las dietas para animales; esto representa un importante desafío en la búsqueda de nuevas alternativas para la alimentación de los cerdos (González, 1994).

Existen posibilidades de desarrollar explotaciones porcinas con menor inversión inicial, que integren al sector agrícola dentro del proceso productivo, con una buena participación de recursos alimenticios generados en el país y de menor impacto ambiental, en comparación con los ya establecidos. Tal es el caso de las explotaciones estabuladas en galpones con piso de cama profunda, los cuales, poseen algunas ventajas en comparación con el sistema estabulado convencional; esto, porque requieren menor inversión inicial, mejoran el bienestar de los animales, no generan efluentes líquidos que contaminen las fuentes de agua, reducen el uso de agua dentro de la explotación, disminuye la población de moscas, los malos olores y permiten reciclar las excretas a través de la fertilización de cultivos o como recurso alimenticio para animales rumiantes por las características de su composición química y microbiológica (De Oliveira y Diesel, 2000; Krieter, 2002; Cruz *et al.*, 2009a; b; 2010).

Si se combina esta modalidad de alojamiento con un sistema alimenticio alternativo donde se incorporen recursos tropicales (González *et al.*, 1999; Araque *et al.*, 2005) en una proporción adecuada, según los requerimientos del animal y lo que pueda proporcionar dicha materia prima local, se podría obtener un sistema de producción sostenible desde el punto de vista productivo, ambiental y económico; sobre todo, para aquellos productores de pequeña y mediana escala.

Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo determinar el comportamiento productivo de cerdos en las etapas de crecimiento y engorde alimentados con dietas elaboradas con recursos alternativos, alojados en un galpón con cama profunda.

Materiales y métodos

El ensayo se realizó en el Laboratorio Sección de Porcinos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, ubicado a 450 msnm, con una precipitación y temperatura promedio anual de 950 mm y 27°C, en el estado Aragua, Venezuela. Se utilizó un galpón de 180 m² dividido en 20 corrales de 9 m² cada uno, con piso de tierra sobre el cual se colocó una cama de heno de *Cynodon dactylon*, adquirido en forma de pacas de manera comercial, y colocado sobre el piso con un espesor de 60 cm; éste se dejó de manera permanente, para lo cual se incorporó, semanalmente, un aproximado de siete kg de heno por animal, de manera que se garantizara dicho espesor; asimismo, se controló el exceso de humedad con la remoción periódica de la cama.

Cada puesto dispuso de un comedero tubular para ración seco-húmeda y un bebedero tipo chupón para el consumo de agua *ad libitum*. En dicho galpón se alojaron un total de 32 cerdos (4.5 m²/animal) mestizos, provenientes de cruces entre razas mejoradas de la PIC International Group, dispuestos en parejas de hembras y machos castrados por puesto, con peso inicial promedio de 25 ± 2 kg y edad promedio de 75 días; los cuales, a su vez, conformaron la unidad experimental hasta alcanzar el peso de beneficio de 90 kg.

Las dietas se diseñaron de acuerdo a los requerimientos recomendados por la NRC (1998) y se formularon a través del programa Nutrion (2002). A partir de ello, se integraron cuatro dietas experimentales, DC: dieta convencional con base de maíz y soya; 50RB: dieta que contenía 50% de harina de raíz de batata (RB), *Ipomoea batatas* + aceite de palma africana (AP), *Elaeis elaguinensis*; RBFM: dieta que contenía 50% de RB + 8% de follaje de morera (FM), *Morus alba*, en la etapa de crecimiento y 24% en la etapa de finalización + AP; RBFN: dieta que contenía 50% de RB + 8% de follaje de nacedero (FN), *Trichanthera gigantea*, en la etapa de crecimiento y 24% en la etapa de finalización + AP. La formulación y el análisis proximal de las dietas experimentales se muestran en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1
Proporción de los ingredientes sobre base digestible, utilizados
en las dietas experimentales para cada etapa de producción.

<i>Ingredientes</i>	<i>Tratamientos</i>							
	<i>Etapa de crecimiento</i>				<i>Etapa de finalización</i>			
	<i>DC</i>	<i>50RB</i>	<i>RBFM</i>	<i>RBFM</i>	<i>DC</i>	<i>50RB</i>	<i>RBFM</i>	<i>RBFN</i>
Harina de maíz amarillo	74.96	18.78	11.90	11.48	81.90	18.16	-	-
Harina de raíz de batata	-	50.00	50.00	50.00	-	50.00	50.00	50.00
Harina de soya 46%	18.21	20.75	18.29	18.72	11.90	20.33	13.48	14.66
Harina de pescado	5.00	5.00	5.00	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Harina de follaje de morera	-	-	8.00	-	-	-	24.00	-
Harina de follaje de nacedero	-	-	-	8.00	-	-	-	24.00
Fosfato tricálcico	0.33	0.20	0.58	1.24	1.10	1.20	1.28	1.30
Carbonato de calcio	0.60	0.70	0.00	0.00	0.20	0.40	0.00	0.00
Aceite de palma	0.00	3.52	5.04	4.37	0.00	5.00	6.18	5.00
Premezcla de Vit. Min.	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50
Sal	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
DL- Metionina	-	0.10	0.14	0.14	-	0.01	0.16	0.14
L-Lisina	-	0.05	0.15	0.15	-	-	-	-
<i>Total (%)</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>	<i>100.00</i>

En la elaboración de las dietas se usó, en forma de harina, la raíz de batata, follaje de morera, y de nacedero, además de aceite de palma (como materias primas alternativas), maíz y soya (como recursos tradicionales) y demás componentes de vitaminas y minerales necesarios para el balanceo de la dieta, de acuerdo al estado fisiológico del animal. La raíz de batata se obtuvo de cultivos comerciales del estado Cojedes, Venezuela; los follajes de nacedero y morera (constituidos por láminas y pecíolos), se obtuvieron

de las siembras ubicadas en la Unidad de Porcinos; las cosechas de estos últimos se hicieron en cortes con intervalos de aproximadamente 90 días. La raíz y los follajes fueron deshidratados y molidos en las instalaciones de la Unidad; se usó, para este último, un equipo de martillo que permitió obtener las harinas e incorporarlas a las dietas. El aceite crudo de palma se adquirió de una planta procesadora ubicada en el estado Yaracuy.

Para la inclusión de los niveles de nacedero y morera se consideraron trabajos previos que evaluaron estos follajes, los cuales describen un efecto significativo sobre la productividad del cerdo, donde su inclusión no debe ser superior al 10% en la etapa de crecimiento y 24% en la etapa de finalización (González *et al.*, 2006a; González *et al.*, 2006b; Araque *et al.*, 2005; Jiménez *et al.*, 2005; Ly *et al.*, 2001).

En cuanto al manejo alimenticio, a partir del primer día de evaluación se suministró una ración equivalente al 6% del peso vivo, con ajustes posteriores en función del consumo anterior; ello, para garantizar un consumo a voluntad durante todo el periodo de evaluación, el cual consistió en dos etapas: crecimiento (que abarcó 30 días de evaluación) y la etapa de finalización (hasta que los cerdos alcanzaron los 90 kg de sacrificio).

Cuadro 2
Análisis proximal de las dietas según la etapa productiva.

Nutrientes	Análisis Proximal							
	Etapa de crecimiento				Etapa de engorde			
	DC	50RB	RBFM	RBFN	DC	50RB	RBFM	RBFN
Energía (Kcal/kg)	3.491	3.500	3.635	3.684	3.591	3.457	3.560	3.505
Materia Seca (%)	90.07	87.66	88.81	89.93	90.32	88.96	88.34	90.63
Proteína cruda (%)	13.56	16.16	13.62	15.22	14.76	14.31	16.13	13.67
Fibra detergente neutro (%)	16.65	19.67	21.70	21.25	16.13	18.37	22.66	22.91
Calcio (%)	1.96	2.60	2.77	3.74	1.52	2.59	3.01	3.71
Fósforo (%)	0.84	0.97	1.03	1.15	0.80	0.94	0.90	0.96

Para ello, se utilizó un diseño completamente aleatorizado con cuatro dietas experimentales y cuatro repeticiones para un total de 16 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se realizó el análisis de varianzas y en aquellas variables que resultaron con diferencias significativas se realizaron pruebas de medias, a través de mínimas diferencias significativas (Steel *et al.*, 1997). Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SAS (2002). Se midieron las siguientes variables de comportamiento productivo: consumo total de alimento (CT), determinado diariamente por diferencia entre el alimen-

to ofrecido y rechazado, ganancia diaria promedio (GDP), determinada a través de la diferencia entre el peso final (PF) y el peso inicial (PI), entre el número de días, incremento de peso en el periodo evaluado (IP), la conversión de alimento (CA), como la relación entre el alimento consumido y la ganancia de peso para cada periodo.

Resultados

En el cuadro 3 se muestran los resultados, producto del análisis de varianza para cada una de las variables consideradas, de acuerdo a la etapa de evaluación. En ese sentido, se encontró una influencia marcada de la dieta ($P < 0,01$) sobre las variables PF, IP, GDP, CT tanto para crecimiento como finalización. Por su parte, la dieta tuvo un mayor efecto sobre la CA en la fase de crecimiento ($P < 0,01$) que en la etapa de finalización ($P > 0,05$); caso contrario se presentó en el PI.

Cuadro 3
Valores de F y de significancia producto del análisis de varianzas para cada una de las características en evaluación.

Fuente de Variación	GL	F					
		Crecimiento					
		PI	PF	IP	GDP	CT	CA
Tipo de dieta	3	0.72	7.35	11.27	11.27	6.96	16.01
<i>Probabilidad</i>	-	0.5576	0.0047	0.0008	0.0008	0.0057	0.0002
		Finalización					
Tipo de dieta	3	7.35	14.56	7.11	7.11	6.17	2.07
<i>Probabilidad</i>	-	0.0047	0.0003	0.0053	0.0053	0.0088	0.1573

PI: Peso inicial; PF: Peso final; IP: Incremento de peso; GDP: Ganancia diaria de peso; CT: Consumo total; CA: Conversión de alimento.

Los valores medios obtenidos en cada uno de los tratamientos durante las etapas de crecimiento y finalización, se muestran en el cuadro 4. En ambos periodos se observa que los cerdos que consumieron la dieta con harina de raíz de batata (50RB) mostraron valores similares en todas las variables evaluadas al compararlos con los cerdos, que consumieron la dieta convencional (DC), demostrando el potencial de la raíz de batata como recurso energético en dietas para cerdos, durante las fases de crecimiento y engorde; sobre todo, en situaciones de limitaciones en la oferta de granos para alimentación animal.

Al analizar la información arrojada por los cerdos, a los cuales se le suministró forraje como parte de la dieta, se encontró que existen detrimentos importantes en las variables productivas PF, IP, GDP y CA, lo cual puede estar relacionado directamente con

el consumo; ya que éste disminuyó notablemente a medida que se incorporaron los follajes, posiblemente relacionado al mayor volumen de la dieta, por ser recursos con alto contenido de fibra.

Por otro lado, la fibra, por su característica higroscópica, tiende a aumentar su volumen en el tracto digestivo, provocando una restricción fisiológica que impide al animal alcanzar el consumo de ración necesaria que permita cubrir sus requerimientos nutricionales. Adicionalmente, la fibra produce una aceleración en la velocidad de tránsito de la digesta, lo que pudiese limitar la absorción del resto de los nutrientes.

Cuadro 4
 Parámetros productivos de cerdos alimentados con cuatro tipos de dietas alojados en un galpón con cama profunda.

Dieta	Crecimiento					
	PI (kg)	PF (kg)	IP (kg)	GDP (kg)	CT (kg)	CA
DC	24.03 ± 2.55	51.19 ± 1.09a	27.17 ± 2.63a	0.970 ± 0.09a	54.73 ± 3.55a	2.02 ± 0.07a
50RB	24.49 ± 2.96	50.11 ± 3.19a	25.62 ± 1.10a	0.915 ± 0.08a	47.23 ± 1.43ab	1.85 ± 0.14a
RBFM	22.27 ± 3.52	43.19 ± 7.12b	20.92 ± 1.98b	0.745 ± 0.14b	36.97 ± 8.45c	1.76 ± 0.16a
RBFN	22.34 ± 1.18	39.67 ± 2.16b	17.33 ± 0.54b	0.620 ± 0.04b	43.62 ± 6.31bc	2.51 ± 0.22b
Finalización						
	PI (kg)	PF (kg)	IP (kg)	GDP (kg)	CT (kg)	CA
DC	51.19 ± 1.09a	102.04 ± 2.90a	50.85 ± 2.95a	0.835 ± 0.05a	175.08 ± 7.36a	3.46 ± 0.33
50RB	50.11 ± 3.19a	101.98 ± 8.84a	51.87 ± 5.68a	0.850 ± 0.09a	170.32 ± 10.20a	3.30 ± 0.18
RBFM	43.19 ± 7.12b	84.50 ± 7.80b	41.32 ± 5.15b	0.675 ± 0.08b	156.52 ± 14.79ab	3.82 ± 0.42
RBFN	39.67 ± 2.16b	76.33 ± 5.97b	36.66 ± 7.47b	0.600 ± 0.12b	142.66 ± 13.32b	3.98 ± 0.66

PI: Peso inicial, PF: Peso final, IP: Incremento de peso, GDP: Ganancia diaria de peso, CT: Consumo total, CA: Conversión de alimento. Letras diferentes en la misma columna indican diferencias $P < 0.01$.

Discusión

Los resultados mostraron que la incorporación de 50% de harina de raíz de batata no afectaron las variables productivas de los animales; éstos, por el contrario, se asemejaron en forma importante a las de los animales que consumieron la dieta convencional. Esto indica que recursos tropicales ricos en almidones y por consiguiente, energéticos, pueden formar parte de la dieta para cerdos, lo cual concuerda con lo establecido previamente (Ly, 2009; 2010), quien describió las bondades desde el punto de vista nutricional del uso de harina de batata como materia prima en dietas para cerdos. Contrario a ello, los recursos foliares (morera y nacedero), caracterizados por su alto contenido de proteína (Ly *et al.*, 2001), mostraron detrimentos en los parámetros productivos, por lo que debe tenerse especial cuidado al momento de incorporar altos porcentajes de dichas materias primas en dietas para cerdos.

Con relación a ello, Chiv *et al.* (2010) compararon en dietas para cerdos, en crecimiento y finalización, la inclusión de follaje de morera y de batata como fracción proteica combinado con la harina de arroz como fracción energética; así, se encontró que los animales que consumieron la dieta que contenía morera mostraron menores ganancias de peso, una mayor conversión de alimento y menor peso final, en comparación con la dieta que disponía de follaje de batata.

Otras investigaciones que han evaluado la harina de raíz de batata y los follajes, como parte de la alimentación de cerdos (pero en instalaciones tradicionales), han obtenido resultados similares a los conseguidos en este estudio. González *et al.* (1995), con la incorporación de 50% de raíz de batata en la dieta, obtuvieron ganancias de peso y conversión de alimento: de 643 g y 3.00 kg/kg, respectivamente, en la etapa de engorde; García *et al.* (1999) incorporaron 15% de follaje y 50% de raíz de batata en raciones para cerdos en crecimiento y engorde, obteniendo valores de 692 y 653 g en ganancia de peso y 3.00 y 3.80 kg/kg en conversión de alimento, respectivamente; estos resultados estuvieron por debajo de los valores de ganancia y conversión reportados en la dieta tradicional por los mismos autores. Asimismo, Araque *et al.* (2005) determinaron que la incorporación de follajes en las dietas afecta el consumo y la conversión de alimento.

En función de ello, es indudable que los recursos alternativos, tanto alimenticios como de instalación, poseen un potencial para alimentar y alojar cerdos en la etapa de crecimiento y engorde; no obstante, un solo recurso no es suficiente para dar sostenibilidad al sistema de producción, es necesario tener presente que combinar instalaciones económicas y arreglos alimenticios (con varias materias primas autóctonas que cumplan con los requerimientos nutricionales de los animales), pueden generar un animal de buena calidad y competitivo en el mercado; más aún en los actuales momentos, en los que las necesidades de alimento están generando una alta dependencia de sectores particulares de la producción primaria, como lo son los cereales y la soya, cuyas reservas mundiales tienden a disminuir por la incipiente y creciente demanda de los mismos para la producción de biocombustible y el uso de dietas elaboradas con recursos alternativos, es

una tecnología que puede ser implementada por pequeños y medianos productores para la alimentación de cerdos.

Conclusiones

El uso de recursos alimenticios alternativos locales son una opción viable en la elaboración de dietas para cerdos, ya sea en la etapa de crecimiento o finalización; para ello, es necesario tener presente que se deben manejar con precaución los niveles de inclusión de dichas materias primas; ya que aquellas catalogadas como energéticas (como la harina de raíz de batata), pueden participar en proporciones importantes sin desmejorar los parámetros productivos de los animales. El inconveniente se presenta al utilizar las materias primas consideradas como proteicas (morera y nacedero), donde el desempeño de los cerdos en cualquiera de las etapas se perjudica con bajos valores en ganancia de peso, incremento de peso y peso final, lo cual representa una desventaja de dichos recursos.

Agradecimientos

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el financiamiento otorgado para llevar a cabo esta investigación, a través del proyecto 2002000022, coordinado por el Dr. Carlos González Araujo.

Literatura citada

- Araque, H.; González, C.; Pok, S. y Ly, J. (2005). Comportamiento productivo de cerdos en etapa de finalización alimentados con harinas de hojas de morera y trichantera. *Rev. Científ. FCV- LUZ* 15 (6): 517-522.
- Chiv, Ph. (2010). Effect of fresh mulberry leaves and sweet potato vines on growth performance of pigs fed a basal diet of broken rice. *Livestock Research for Rural Development*. Volumen 22(3). En: <http://www.lrrd.org/lrrd22/3/phn2203.htm> (Consultada el 30 de octubre de 2011).
- Cruz, E.; Almaguel, R.; Mederos, C. y González, C. (2009a). Sistema de cama profunda en la producción porcina a pequeña escala. *Rev. Científ. FCV- LUZ*. 19(5):495-499.
- Cruz, E.; Mederos, C.; González, C. y Ly, J. (2009b). Rasgos de comportamiento de cerdos de engorde alojados en cama profunda de bagazo y alimentados con dietas basadas en mieles enriquecidas de caña de azúcar. *Livestock Research for Rural Development*. 21(145). En: <http://www.lrrd.org/lrrd21/9/cruz21145.htm> (Consultada el 26 de octubre de 2011).
- Cruz, E.; Mederos, C. y Ly, J. (2010). Caracterización de composta obtenida de la cama profunda utilizada en la ceba de cerdos. *Livestock Research for Rural Development*. Volumen 22(10). En: <http://www.lrrd.org/lrrd22/10/cruz2210.htm> (Consultada el 26 de octubre de 2011).
- García, C.; González, C.; Díaz, I. y Vecchionacce, H. (1999). Rasgos de comportamiento en cerdos alimentados con raíz y follaje de batata. *Rev. Fac. Cienc. VET. UCV* 40(3): 177-185.
- González, C. (1994). *Utilización de la batata (Ipomea batatas L.) en la alimentación de cerdos confinados y a pastoreo*. Tesis de Doctorado. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, estado Aragua, Venezuela. 234 pp.
- González, C.; Díaz, I. y Vecchionacce, H. (1995). Efecto de la sustitución en cerdos de la fuente energética tradicional por raíz fresca de batata (*Ipomoea batatas*, L.) a partir de iniciación sobre las variables productivas. *Rev. Argent. de Prod. Anim.* 15 (2): 734-736.

- González, C.; Díaz, I.; Vecchionacce, H. y Novoa, L. (1999). Potencialidad de la producción de cerdos a campo en Venezuela. V Encuentro de Nutrición y Alimentación de Monogástricos. Venezuela. En: <http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/gonzalezzeivone.htm> (Consultada el 05 de noviembre de 2010).
- González, D.; González, C.; Ojeda, A.; Machado, W. y Ly, J. (2006a). Comportamiento productivo de cerdos en crecimiento alimentados con jugo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y harina de follaje de morera (*Morus alba*). *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 14 (2): 42-48.
- González, C.; Tepper, R. y Ly, J. (2006b). An Approach to the Study of the Nutritive Value of Mulberry Leaves and Palm Oil in Growing Pigs. *Rev. Científ. FCV- LUZ.* 11 (1):67-71.
- Jiménez, R.; González, C.; Ojeda, A.; Vecchionacce, H. y Ly, J. (2005). Performance Traits of Finishing Pigs Fed Graded Levels of Cassava Roots and a Mixed Foliage Meal of Cassava and *Trichanthera* Leaves. *Livestock Research for Rural Development.* Volume 17(2). En: <http://www.lrrd.org/lrrd17/2/jime17014.htm> (Consultada el 24 de noviembre de 2011).
- Krieter, J. (2002). Evaluation of different pig production systems including economic, welfare and environmental-aspects. *Archiv fur Tierzucht* 45(3): 223-235.
- Ly, J. (2009). Boniatos o camotes (*Ipomoea batatas* Lam L.) para alimentar cerdos. Características de la composición química y de los factores antinutricionales. *Rev. Comput. Prod. Porc.* 16(3): 159-171.
- Ly, J. (2010). Boniatos o camotes (*Ipomoea batatas* Lam) para alimentar cerdos. Consumo de alimento y digestibilidad de nutrientes. *Rev. Comput. Prod. Porc.* 17(1): 1-25.
- Ly, J.; Chhay, T.; Chiv, Ph. y Preston, T. (2001). Some Aspects of the Nutritive Value of Leaf Meal of *Trichanthera gigantea* and *Morus alba* for Mong Cai Pigs. *Livestock Research for Rural Development.* 13 (1). En: <http://www.lrrd.org/lrrd13/1/ly131.htm> (Consultada el 24 de noviembre de 2011).
- National Research Council (Nrc). (1998). Nutrient Requirements of Swine. Subcommittee on swine nutrition. 10th revised edition. Washington, D. C.: pp. 110-117.
- NUTRION (2002). Comercializadora de software, S. A. de C. V. México. En: <http://www.nutritionsoftware.com> (Consultada el 30 de agosto de 2008).
- Oliveira de, P. A. y Diesel, R. (2000). Edificação para a producto agroecológica de suínos: Fases de crescimento e terminação. *Embrapa Suínos e Aves. Comunicado Técnico 245*, pp. 1-2.
- SAS (2002). The SAS system for Windows V8. SAS Institute. INC., Cary, Nc, USA.
- Steel, G.; Torrie, H. y Dickey, D. (1997). *Principles and procedures of statistics. A Biometrical Approach.* Third Edition. McGraw-Hill Series. Pp. 141-155.

Recibido: Junio 7, 2011

Aceptado: Febrero 29, 2012



Título: *Fu-Ego*
Técnica: Grafito sobre papel
Autor: Adoración Palma García (2manoS)
Medidas: 18 x 26 cm
Año: 2012

Cultivo de las microalgas dulceacuícolas *Kirchneriella obesa*, *Scenedesmus quadricauda* y *Chlorococcum infusorium* empleando tres medios de cultivo

Cultivation of freshwater microalgae *Kirchneriella obesa*, *Scenedesmus quadricauda* and *Chlorococcum infusorium* using three culture media

Ortega-Salas, A. A.* y Reyes-Bustamante, H.

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología-UNAM
Calzada Joel M. Camarena s/n
Mazatlán, Sinaloa (C. P. 82040)
A. P. 811, México.

*Correspondencia: ortsal@ola.icmyl.unam.mx

Resumen

Se cultivaron las microalgas dulceacuícolas *Kirchneriella obesa* (G. S. West) Schmidle 1893, *Scenedesmus quadricauda* (Chodat, Turpin) Bréb 1835 y *Chlorococcum infusorium* (Schrank) Meneghini 1842, con el propósito comparar las tasas de crecimiento y su rendimiento en tres medios de cultivo, el F/2 de Guillard, Fert I y Fert II. El agua utilizada se pasó en filtros de cinco, uno y 0.45 μm , y se trató con luz ultravioleta. La temperatura varió de 24 a 25°C. Se cultivaron en un sistema de volumen creciente a partir de recipientes de 62.5 mL, duplicando el medio de cultivo cada 24 h, con el fin de completar 32 L en nueve días. Cada 24 h se obtuvieron tres muestras de 1 a 10 mL del cultivo, se preservaron en una solución de lugol y se calculó la concentración de las microalgas cada 24 h. El número total de células de las tres especies aumentó de manera exponencial hasta el final de los experimentos en los medios de cultivo F/2 y Fert I; esto no fue así con el medio Fert II, en el cual la tasa de

Abstract

Freshwater microalgae *Kirchneriella obesa* (G. S. West) Schmidle 1893, *Scenedesmus quadricauda* (Chodat, Turpin) Bréb 1835 and *Chlorococcum infusorium* (Schrank) Meneghini 1842, were cultivated to compare growth rate and yield using three cultured media: F/2 of Guillard, Fert I and Fert II. The water used was filtered through a mesh of 5, 1 and 0.45 μm diameter and treated under ultraviolet light. The temperature varied from 24 to 25°C. The microalgae culture was prepared increasing the volume in steps, from 62.5 mL recipients, duplicating the culture medium daily until 32 L in nine days. Three samples of 1 to 10 mL were taken daily and preserved in a lugol solution; the microalgae were counted every 24 h. The total number of cells in the three species increased exponentially until the end of the experiments with F/2 and Fert I culture media; the duplication rate and total number of divisions were lower with Fert II. F/2 and FI mediums offered better results than FII. Fert I

duplicación y el número total de divisiones fueron más bajas. El medio F/2 y el Fert I ofrecieron mejores resultados que el Fert II. Los medios Fert I y Fert II tienen un valor económico más bajo que el medio F/2. El crecimiento y el rendimiento fueron mejores con el medio F/2, seguido por FI y FII.

Palabras clave

Alimento vivo, crecimiento, rendimiento.

and Fert II had lower economic value than F/2 medium. Growth and yield of microalgae was better with F/2, followed by FI and FII.

Key words

Live food, growth, yield.

Introducción

El desarrollo del cultivo comercial de muchos organismos marinos y de agua dulce se ha visto limitado por la inconsistente producción de larvas. A su vez, se debe a la dificultad de producir grandes cantidades de alimento vivo de alta calidad; especialmente, microalgas (Fulks y Main, 1991; Conceição *et al.*, 2010).

Nutricionalmente, las microalgas son fuente de macronutrientes, vitaminas y elementos traza; en el caso de las comunidades acuáticas, son la fuente más importante de proteínas, carbohidratos y, sobre todo, de ácidos grasos. Además, son importantes para el cultivo comercial de las etapas larvarias de crustáceos y bivalvos en todo su ciclo de vida; también son importantes en la alimentación de algunas especies de peces y en el cultivo larval de camarón (Smith *et al.*, 1993; Liao y Lin, 1993). *Kirchneriella obesa* se utilizó como fuente de alimento para cladóceros (Ortega-Salas, 1998).

Las técnicas de la acuicultura tienen que procurar la obtención de los mejores rendimientos a los menores costos; una alternativa consiste en utilizar, para los medios de cultivo, productos químicos baratos de grado industrial o fertilizantes (Uribe, 1994).

De acuerdo con Donaldson (1991), la producción de las microalgas en E. U. tiene un costo equivalente al 18% de su precio; por lo cual, actualmente uno de los objetivos principales de las investigaciones sobre el cultivo de microalgas es intentar maximizar los beneficios de los cultivos, bajando los costos de operación. El factor más estudiado es el del precio elevado de los productos químicos empleados para la producción de los medios de cultivo para microalgas (Nieves *et al.*, 1996).

El propósito del presente trabajo fue comparar las tasas de crecimiento y el rendimiento del cultivo de tres especies de microalgas dulceacuícolas en el medio tradicional F/2, y en otros dos medios de menor costo, con base de fertilizantes agrícolas.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la sección de Nutricultivos del Laboratorio de Acuicultura de la Facultad de Ciencias del Mar, de la Universidad Autónoma de Sinaloa, México. El lugar que se utilizó para el cultivo de microalgas cuenta con un sistema de aeración constante e iluminación adecuada. El agua fue esterilizada: se filtró a través de cartuchos de cinco, uno y 0.45 μm de diámetro; posteriormente, se trató con luz ultravioleta. La temperatura varió de 24 a 25°C. Las tres especies de microalgas dulceacuícolas *K. obesa*, *S. quadricauda* y *C. infusorium* fueron aisladas de depósitos de agua localizados en las márgenes del río Presidio, en el estado de Sinaloa (23° 11' 44.3" N y 106° 13' 28.5" W), México, siguiendo las técnicas de De Pauw y Persoone (1988) y Coutteau (1996).

Los medios de cultivo utilizados para la producción de las microalgas fueron el F/2 de Guillard (1973), y los medios Fert I y Fert II (cuadro 1). Estos medios de cultivo se prepararon de acuerdo a lo que aconsejan Lim (1991) y Sato (1991). Las microalgas se cultivaron en un sistema de volumen creciente, a partir de recipientes de 62.5 mL, duplicando el medio de cultivo diariamente, con el fin de completar 32 L; sólo se cosechó hasta el final del experimento.

Se obtuvieron tres muestras de uno a diez mL del cultivo de las microalgas diariamente, preservándolas en una solución de lugol; para cuantificarlas se usó un microscopio compuesto y un hematocitómetro tipo Neubauer.

Se calculó la concentración de las microalgas cada 24 h, aplicando la ecuación de Odum (1972): $N_t = N_0 2^{\mu t}$ en donde: N_t y N_0 representan el número de células registradas en los cultivos en tiempos sucesivos (t), el número 2 es la base de los logaritmos utilizados y μ representa la tasa de duplicación; de esta forma, el índice (k) μ puede calcularse a partir de dos mediciones del tamaño de la población inicial y final (N_0 y N_t) en dos tiempos durante la fase de crecimiento. La ecuación queda como sigue:

$$\mu = \log_2 (N_t / N_0) / t$$

Donde: N_0 es la concentración inicial y N_t es la concentración final después del tiempo (t) (Guillard, 1973).

Cuadro 1
Composición química de los medios de cultivo.

<i>Ingrediente</i>	<i>FERT I (ppm)</i>	<i>FERT II (ppm)</i>
Nitrógeno (N)	2.4x10 ⁵	2 x 10 ⁵
Fósforo (P ₂ O ₅)	1.7x10 ⁵	3 x 10 ⁵
Potasio (k ₂ O)	1.3x10 ⁵	1 x 10 ⁵
Azufre (S)	2 x 10 ³	480
Hierro (Fe)	1 x 10 ³	250
Calcio (Ca)	2.5x10 ³	65
Zinc (Zn)	1 x 10 ³	350
Magnesio (Mg)	2.5x10 ³	65
Manganeso (Mn)	500	125
Cobre (Cu)	2.5x10 ³	65
Cobalto(Co)	100	12
Molibdeno (Mo)	25	6
Boro (B)	40 x10 ³	65
Clorhidrato de tiamina	trazas	
Ácido Indol Acético	trazas	
Fito hormona		3 ppm
Dosis: 30 g/1000 L de medio de cultivo		

Resultados

K. obesa: al utilizar los medios de cultivo F/2 y Fert I, se tuvo un incremento diario en la concentración celular, implicando una tasa de reproducción vegetativa superior a una división diaria (figura 1 A). Esto no sucedió con el medio Fert II, con el cual la tasa de duplicación y el número total de divisiones fueron más bajas (cuadro 2). El valor más alto de las tasas de crecimiento promedio (ke) fue de 0.84 (DS ± 0.14) obtenida con el medio F/2; y la más baja, de 0.81 (DS ± 0.18) con el tratamiento Fert II. La suma de divisiones celulares en el periodo de diez días de cultivo fue de 11.0 para el medio F/2; 10.7 con el medio Fert I y de 7.45 para el medio Fert II. Los valores máximos de la tasa de crecimiento correspondieron al medio F/2. El número total de células, al tiempo de la cosecha, se obtuvieron con el medio F/2, con 574.150 millones de cél./mL en un vo-

lumen de 32 L; y los registros más bajos corresponden al medio Fert II, con 419.683 millones cel./mL.

S. quadricauda: (figura 1 B) aumentó el número de células en forma constante hasta un máximo de 157,833 millones de células / mL en 32 L, con tasas de duplicación cercanas a una división diaria en los medios de cultivo F/2 y Fert I e inferiores a este valor, con el medio de cultivo Fert II (cuadro 2); con el cual, la producción fue de 88,900 cél./mL por recipiente de 32 L. El valor más alto de las tasas de crecimiento promedio (k_e) fue de 0.72, obtenida con el medio F/2 y la más baja de 0.64, con el tratamiento Fert II. La suma de divisiones celulares en el periodo de diez días de cultivo fue de 9.1, para el medio F/2, 8.8 para el medio Fert I, y de 8.3 para el medio Fert II. El número total de células, al tiempo de la cosecha, se obtuvieron con el medio F/2, 157,833 millones de cél./mL en 32 L; los valores más bajos corresponden al medio Fert II, con 88,900 millones de cél./mL.

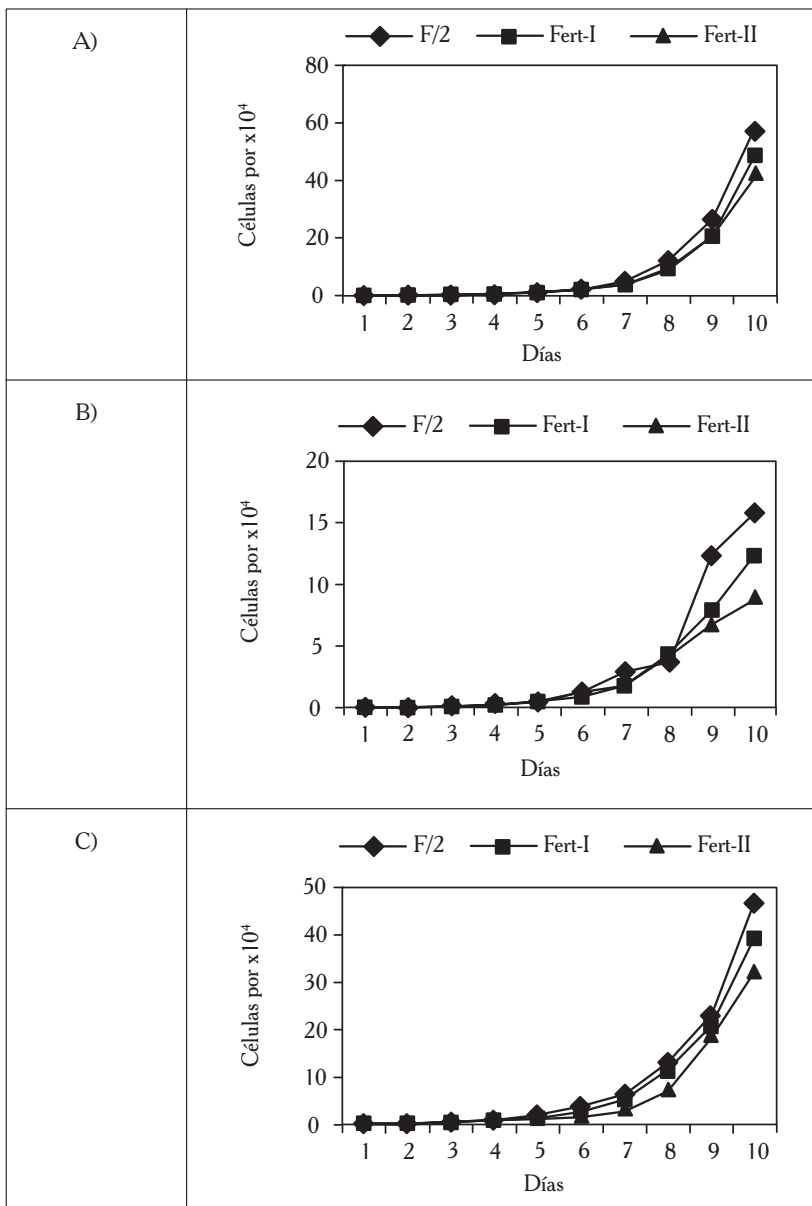
C. infusorium: (figura 1 C) obtuvo el valor más alto del número de células, en el medio F/2, con tasas de duplicación cercanas a una división por día; con los medios de cultivo Fert I y Fert II; éstas fueron más bajas, sin embargo, las diferencias no fueron significativas. El valor más alto de las tasas de crecimiento promedio (K_e) fue de 0.72, obtenido con el medio de cultivo F/2 (cuadro 2), y la más baja fue 0.68, con el tratamiento Fert II. La suma de divisiones celulares en el periodo de días de cultivo fue de 9.4 para el medio F, de 9.2 para Fert I y de 8.9 para el medio Fert II. Los valores máximos de la tasa de crecimiento correspondieron al medio F. El número total de células, al tiempo de la cosecha con el medio F/2, de 468,433 millones cél./mL en 32 L; los valores más bajos corresponden al medio Fert II, con 320,517.

Cuadro 2

Promedios del crecimiento poblacional en millones de cél./mL en 32 L,
 porcentaje del crecimiento diario, tasa de crecimiento diario (k_e),
 tiempo de duplicación poblacional diario (T. D. P.),
 número de divisiones celulares diarias.

	Crecimiento poblacional	% Crecimiento diario	k_e	T. D. P.	No. divisiones
<i>K. obesa</i>					
F/2	574.150	135	0.84	0.83	11.00
F I	486.067	132	0.82	0.85	10.75
F II	419.683	130	0.81	0.94	7.45
<i>S. quadricauda</i>					
F/2	157.833	118	0.72	1.44	9.16
F I	122.633	104	0.68	1.14	8.00
F II	88.900	98	0.64	1.33	8.34
<i>C. infusorium</i>					
F/2	468.433	109	0.72	0.98	9.45
F I	390.800	105	0.70	1.02	9.19
F II	320.517	102	0.68	1.10	8.90

Figura 1
Crecimiento poblacional de las microalgas.



A) *K. obesa*; B) *S. quadricauda*; C) *C. infusorium* utilizando los diferente medios de cultivo.

Los costos para producir 1,000 L de cultivo de microalgas: Fert I (\$0.18 US) y Fert II (\$0.18 US) tienen un valor económico más bajo que F/2 (\$8.23 US).

Discusión

En los experimentos realizados tanto la luz, como la agitación por burbujeo y la temperatura arrojaron valores que se aproximaron a los mencionados por Odum (1972) y Fogg (1975).

Geldenhuis (1987), aplicó urea (65 mg/l=29.9 mg N/l) y superfosfato (40 mg/l=4.5 mg P/L) en el cultivo de *K. obesa* y *S. quadricauda* y concluyó que la producción de microalgas fue cuantitativamente proporcional a la cantidad de nutrientes bien balanceados del medio.

Chen (1991), Sato (1991) y Voltolina *et al.* (1991) concluyeron que el medio F/2, generalmente, produce densidades por arriba de otros medios; se debe, posiblemente, a que los medios Fert I y Fert II fueron producidos como fertilizantes para la agricultura y no contienen sustancias secuestrantes —como el EDTA-Fe— que, al cambiar las condiciones del medio, varios metales pueden precipitarse como sales insolubles y es posible que no se encuentren disponibles en cantidades suficientes para ser utilizados por las microalgas en la formación de las ferredoxinas, en la biosíntesis de los citocromos y en la activación de varios cofactores; éstos, juegan un papel primordial en el proceso de fotosíntesis, lo cual disminuye el crecimiento de la población.

Los rendimientos mayores del medio Fert I, con respecto al medio Fert II, quizá se deben a una mayor disponibilidad de nitrógeno, que está presente en el primero, en proporción N:P (átomo a átomo) de 7.3:1, en comparación con los 3.3:1 del segundo y quizá del potasio; el nitrógeno, junto con el fósforo, participa directamente en la formación de proteínas y ácidos nucleicos y el potasio, por su papel en el equilibrio del potencial de las membranas biológicas. En condiciones limitantes de nitrógeno, los procesos enzimáticos son más lentos que el proceso de fotosíntesis en la primera fase (proceso fotoquímico); y, de hecho, González-Rodríguez y Maestrini (1984) han demostrado que existe una relación inversa entre la tasa de crecimiento y la cantidad de nitrógeno celular. Fábregas *et al.* (1985) afirman que la deficiencia de nitrógeno en las células de *Isochrysis galbana* reduce la tasa de crecimiento.

Conclusiones

Los valores más altos de las tasas de crecimiento (k_e) así como la suma de divisiones celulares en diez días y las tasas de duplicación y el máximo de células, al tiempo de cosecha, se obtuvieron con los medios de cultivo F/2 y F1; los valores más bajos se alcanzaron con el medio Fert II en el tiempo de cultivo de las tres especies: *K. obesa*, *S. quadricauda* y *C. infusorium*, en donde Fert I y Fert II tuvieron menor costo.

Agradecimientos

Se agradece el apoyo técnico de Arturo Núñez Pastén, Luis A. Rendón Martínez y Sergio Rendón Rodríguez.

Literatura citada

- Chen, J. F. (1991). Commercial production of microalgae and rotifers in China. En: Fulks, W. y Main K. L. (Eds.). *Rotifer and micro-algae culture system*. Proc. US-Asia Works. Ocean. Inst. Hawaii, USA. Pp. 105-112.
- Conceição, L.; Yúfera, M.; Makridis, P.; Morais, S. y Dinis, M. T. (2010). Live feeds for early stages of fish rearing. *Aquac. Res.* 41(5):613-640.
- Coutteau, P. (1996). Microalgae. En: Lavens, P. y Sorgeloos, P. (Eds.). *Manual on the production and use of live food for aquaculture*. FAO Fisheries Tech. Paper No. 361. Rome, Fao. Pp. 7-47.
- De Pauw, N. y Persoone, G. (1988). Micro-algae for aquaculture. En: Borowitzka, M. A. y Borowitzka, L. J. (Eds.). *Micro algal Biotechnology*. Cambridge University Press, Cambridge, U. K. Pp.197-221.
- Donaldson, J. (1991). Commercial production of microalgae at Coast Oyster Company. En: Fulks, W. y Main, K. L. (Eds.). *Rotifer and micro-algae culture system*. Proc. US-Asia Works, Ocean Inst. Hawaii, USA: 229-236.
- Fábregas, J.; Herrero, C. y Abalde, C. (1985). Growth, chlorophyll a and protein of the marine microalga *Isochrysis galbana* in batch cultures with different salinities and high nutrient concentrations. *Aquaculture*, 50: 1-11.
- Fogg, G. E. (1975). *Algal cultures and phytoplankton*. Ecology. Univ. Wisconsin Press. 175 pp.
- Fulks, W. y Main, K. L. (1991). The design y operation of live feeds production system. En: Fulks, W. y Main, K. L. (Eds.). *Rotifer and micro-algae culture system*. Proc. US-Asia Works. Ocean Inst. Hawaii, USA. Pp. 3-52.
- Geldenhuis, D. J. (1987). An investigation of fertilizer tap water medium for mass algal production, in outdoor plastic enclosed system. *Biotechnol. Bioing.* 30 (2): 153-156.
- González-Rodríguez, E. y Maestrini, S. Y. (1984). The use of some agricultural fertilizers for the mass production of marine microalgae. *Aquac.* 36:245-256.
- Guillard, R. R. L. (1973). Methods for microflagellates and nannoplakton. En: Stein, J. R. (Ed.). *Handbook of phycollogical methods-culture methods and growth measurements*. Cambridge Univ. Press, N.Y. 70 pp.
- Liao, I.; Su, H. y Lin, J. H. (1993). Larval foods for penaeid prawns. En: *CRC Handbook of mariculture*. Vol. 1. Crustacean Aquaculture, 2nd. Edition. Mcvey, J. P. (Edition). CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, USA: 29-59.
- Lim, C. L. (1991). An overview of live feeds production system in Singapore. En: Fulks, W. y Main, K. L. (Eds.). *Rotifer and micro-algae culture system*. Proc. US-Asia Works. Ocean Inst. Hawaii, USA. Pp. 203- 220.
- Louis, A. y Petes, J. (1979). *Fluctuations écologiques et algologiques dans les estuaires belges* (Oostende, Blankenberge et Nieuwpoort): 1. Données de base. *Studia Algologica Lovaniensia*, 7. Story-Scientia: Louvain. XXXVI, 355 pp.
- Mora-Navarro, M. R.; Vázquez-García, J. A. y Vargas-Rodríguez, Y. L. (2004). Ordenación de comunidades de fitoplancton en el lago de Chapala, Jalisco-Michoacán, México. *Hidrobiol.* 14 (2): 91-103.
- Nieves, M.; Voltolina, D.; Sapiens, M. T.; Gerhardus, H.; Robles, A. L. y Villa, M. A. (1996). Culturing microalgae with agricultural fertilizers. *Riv. Ital. Aquacult.* 31: 81- 84.
- Odum, P. E. (1972). *Ecología*. Editorial Interamericana, 3^a edición. México, D. F. 640 pp.
- Ortega-Salas, A. A. y Reyes-Bustamante, H. (1998). Crecimiento poblacional de *Daphnia magna* Strauss bajo condiciones de cultivo. *Rev. Ciencia y Mar de la Universidad del Mar*, Oaxaca, México. 2(6): 3-6.
- Sato, V. (1991). Development of a phytoplankton production system as a support base for finfish larval rearing research. En: Fulks, W. y Main, K. L. (Eds.). *Rotifer and micro-algae culture system*. Proc. US-Asia Works, Ocean Inst. Hawaii, USA. Pp. 257-274.
- Smith, L.; Fox, J. M. y Granvil, D. R. (1993). Intensive algae culture techniques. En: Mcvey, J. P. (Ed.). *CRC Handbook of mariculture*. Vol. 1 *Crustacean Aquaculture*, 2nd. Edition. CRC Press, Inc., Boca Ratón Florida, USA. Pp. 105-109.
- Uribe, T. E. (1994). Cultivo de microalgas. En: *Cultivo de peces marinos* FACIMAR, Universidad Católica del Norte Coquimbo, Chile. Pp. 95-137.

Voltolina, L. D.; Trujillo, V. M. y González, L. M. (1991). *Colección de cepas de microalgas del Departamento de Acuicultura del CICESE*, Com. Acad. CICESE. México. 51pp.

Recibido: Junio 10, 2011
Aceptado: Marzo 24, 2012

Estructura y función de la cadena productiva de carne de bovino en la ganadería ejidal de Tecpatán, Chiapas, México

Structure and function of the agricultural production chain for meat in ejidal livestock raising in Tecpatan, Chiapas, Mexico

Calderón, J.;¹ **Nahed, J.;**^{1*} **Sánchez, B.;**²
Herrera, O.;¹ **Aguilar, R.;**¹ **y Parra, M.;**¹

¹El Colegio de la Frontera Sur
Carretera Panamericana y Periférico Sur S/N
San Cristóbal de Las Casas, Chiapas, México (C. P. 29290).

²Universidad Autónoma de Chiapas
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Campus II
Rancho San Francisco, km. 8, Delegación Terán
Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

*Correspondencia: jnahed@ecosur.mx

Resumen

El objetivo de la presente investigación fue analizar la estructura y el funcionamiento de la cadena productiva de carne bovina en el municipio de Tecpatán, Chiapas, México. Se aporta información cualitativa y cuantitativa orientada a comprender y consolidar las alianzas entre actores de la cadena productiva. Los resultados muestran la existencia de los eslabones de producción de bovinos en pie, comercialización, transformación y venta de carne. Los servicios de apoyo están dados por tres asociaciones ganaderas (AG), dos rastros municipales y un rastro tipo inspección federal. Existen cuatro circuitos de comercialización bien diferenciados en cuanto a número y tipo de actores que participan en la relación de producción-compra-venta, producto comercializado y mercado final de destino. El circuito que involucra mayor cantidad de animales en pie es el que comercializa becerros destetados para engorda. En todos los circuitos, el mayor margen de comercialización lo obtienen los intermedia-

Abstract

The objective of this study was to analyze the structure and functioning of the productive chain for beef in the municipality of Tecpatan, in the state of Chiapas, Mexico. Qualitative and quantitative information oriented toward understanding and consolidating alliances among actors in the productive chain are provided. The results show the existence of distinct levels of live cattle production, marketing, and transformation, and in the sale of meat. Support services are provided by three ranchers' associations (RA), two municipal butcher operations, and a federal inspection-type butcher operation which includes packing and refrigeration. Four marketing circuits exist which are well-differentiated in terms of number and type of actors participating in the relationships of production-purchase-sale, marketed product, and final destination market. The circuit which purchases the largest quantity of live animals is that in which weaned calves are marketed for fattening. In all

rios que participan en el eslabón de comercialización. Los beneficiarios son principalmente acopiadores mayoristas regionales y nacionales del circuito más corto. En el aspecto organizacional, los productores cuentan con AG locales y regionales, mientras que los agentes de la comercialización no cuentan con ningún tipo de organización. Se requiere una política de apoyo permanente para consolidar alianzas entre los actores, así como una estrategia de competitividad orientada a diferenciar los productos. De esta forma, la cadena productiva actual podría transitar poco a poco hacia una cadena de valor.

Palabras clave

Circuitos de producción-comercialización-transformación, márgenes de comercialización, eslabones de la cadena productiva, intermediarismo.

circuits, the greatest profit margin is obtained by intermediaries who participate at the marketing level. The beneficiaries are principally regional and national wholesale buyers of the shortest circuit. With respect to organization, producers have three local ranchers' associations, while marketing agents do not have any type of organization. The circuit which purchases the largest quantity of live animals is that in which weaned calves are marketed for fattening. In this way, the current productive chain could gradually transition toward a chain of value.

Key words

Production-marketing-transformation circuits, marketing margins, levels or segments of the productive chain, intermediaries.

Introducción

Las cadenas productivas son sistemas constituidos por actores interrelacionados a través de una sucesión de operaciones, de producción, transformación y comercialización de un producto en un entorno determinado (ASOCAM, 2005). Las cadenas productivas son estructuras que existen desde hace mucho tiempo y pueden renovarse a partir de nuevas conceptualizaciones y relaciones de mercado.

La década de los 90's (del siglo XX) se caracterizó por el inicio de una época donde las barreras proteccionistas se comenzaron a reducir y el factor de competitividad se convirtió en la clave para producir y comercializar productos (Iglesias, 2002; Villareal y Villareal, 2002). Esta situación ha conducido a que los países estén cada vez más interesados en conocer las ventajas comparativas de las cadenas productivas.

La competitividad de las cadenas productivas puede lograrse: 1) obteniendo los máximos niveles de producción y la mayor rentabilidad, sin importar la calidad de los productos ni el efecto sobre los recursos naturales; o bien, 2) favoreciendo la máxima calidad de los productos y la conservación del entorno ambiental para ser comercializados en nichos de mercados alternativos (Nahed *et al.*, 2007). Al igual que en muchos países, en México predomina la primera tendencia, con la desventaja de que está posicionado como un país abierto, poco competitivo y globalizado de manera desventajosa en función de su nivel de integración económica, social y tecnológica con el resto del mundo, y la relación que muestra entre globalización, corrupción, equidad y libertad (Villareal y Villareal, 2002).

Según Hobbs *et al.* (2000), la diferencia entre una cadena productiva y una cadena de valor radica en que en la cadena productiva el flujo de información es poca o nula, el

enfoque principal es el de costo-precio, la estrategia consiste en obtener un producto básico, la orientación está liderada por la oferta, la estructura organizacional es de actores independientes y predomina la filosofía de competitividad de la empresa. En la cadena de valor el flujo de información es extensivo, el enfoque principal es el de valor-calidad, la estrategia busca obtener un producto diferenciado, la orientación está liderada por la demanda, la estructura organizacional es de actores interdependientes, y la filosofía está encausada a la competitividad de la cadena. Según Bourgeois y Herrera (1996), Holmann (1997), Iglesias (2002), Cristi (2003), Guerra (2004) y Lundy *et al.* (2004), el estudio de cadena de valor debe abordar los siguientes cinco niveles de análisis: 1) estructura del sistema agroalimentario, 2) funcionamiento del sistema agroalimentario, 3) relaciones con la economía internacional, 4) relaciones con la economía nacional y regional, y 5) síntesis y análisis de la competitividad.

Partiendo de esta premisa, el objetivo de la presente investigación fue analizar la estructura y el funcionamiento de la cadena productiva de carne bovina en los sistemas ganaderos ejidales del municipio de Tecpatán, en el trópico húmedo de Chiapas, México; esto, para contribuir con elementos útiles en la toma de decisiones de los diferentes actores (productores, transformadores, comerciantes, organizaciones e instituciones gubernamentales). La importancia de generar datos consistentes radica en que mejora el acceso a la información por parte de los actores involucrados, permite orientar las estrategias de intervención, y coadyuva al empoderamiento y consolidación de las alianzas entre actores de la cadena (Lundy, 2003; ASOCAM, 2005).

De acuerdo con el INEGI (2007), en el estado de Chiapas existía, en dicho año, un millón 406 mil cabezas de ganado bovino, destinadas principalmente al desarrollo o engorda y a la producción de leche. La ganadería ocupó, en el mismo año, una superficie de un millón 427 mil ha, correspondientes a pastos naturales, agostaderos o tierras enmontadas; cuyos sistemas predominantes son los extensivos de producción bovina y ovina. Sin embargo, las fincas ganaderas muestran distintos grados de tecnificación de los procesos productivos. Estos sistemas ganaderos contribuyen con importantes niveles de producción de animales en pie. En el año 2008 produjeron poco más de 196 mil toneladas de bovinos en pie y la producción de leche, en el mismo año, rebasó los 372 millones de litros, para abastecer principalmente la demanda local y nacional (SIAP, 2008).

En particular, la ganadería del municipio de Tecpatán tiene un importante grado de aproximación al modelo de producción orgánica (Calderón, 2008; Nahed *et al.*, 2009) y, actualmente, se está promoviendo su certificación. No obstante, en algunas regiones de Chiapas la producción ganadera se encuentra limitada por el escaso control de calidad de la leche, los quesos y la carne que se producen. Lo anterior imposibilita su comercialización en el mercado formal y hace que los precios sean significativamente menores que los esperados (Nahed *et al.*, 2008). En estas circunstancias, la información estadística de SIAP (2008), muestra que los productores de ganado de Tecpatán vendieron con acopiadores externos cuatro mil 765 toneladas de ganado bovino en pie, principalmente becerros para engorda y animales de desecho. Se vendieron, también, arriba de 40 millones de litros de leche a las empresas PRADEL, Nestlé y a queseros artesa-

nales y micro-industriales. No obstante que los sistemas de producción ganadera de doble propósito de Tecpatán, Chiapas, tienen un alto grado de aproximación al modelo de producción orgánica, se desconocen las limitaciones, potencialidades y oportunidades de las cadenas productivas de los productos agroalimentarios ganaderos.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en el municipio de Tecpatán, Chiapas, localizado al sureste de México, en las montañas del Noroeste del estado de Chiapas, entre las coordenadas 94° 05' y 91° 23' de longitud Oeste y entre 17° 16' de longitud norte. Se ubica en la Cuenca Media del Río Grijalva y dentro del Corredor Biológico Mesoamericano (figura 1). De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada por García (1973), el clima es cálido húmedo con abundantes lluvias en verano Af (m) w'' (i ') g. La precipitación pluvial total anual es de 1,932 mm, la altitud promedio es de 320 msnm; predomina la vegetación de selva mediana y la topografía es accidentada. La población originaria pertenece al grupo étnico Zoque.

Figura 1
Mapa de localización del municipio de Tecpatán, Chiapas.



Fuente: elaborado en el Laboratorio de Información Geográfica y Estadística (LAIGE), de ECOSUR.

El análisis de la estructura y el funcionamiento de la cadena productiva de carne bovina se desarrolló en el ciclo productivo 2009-2010, con base en las metodologías señaladas por Lundy (2003), ASOCAM (2005), Angulo (2007) y Nahed *et al.* (2007). Se identificaron los eslabones de: 1) producción (productores y volúmenes de producción); 2) comercialización (acopiadores o intermediarios minoristas locales, mayoristas regionales y nacionales); 3) transformación y venta al consumidor final (tablajeros locales y regionales, así como tiendas departamentales; y 4) los servicios de apoyo estratégicos (asociaciones ganaderas, rastros municipales y rastros TIF (Tipo Inspección Federal), transporte de animales vivos y carne en canal y su almacenamiento). Se identificaron también los circuitos de comercialización, el ingreso del productor, los márgenes de comercialización por eslabón, y las organizaciones que inciden en el funcionamiento de la cadena productiva.

Los márgenes de comercialización se calcularon por diferencia entre el precio de compra y venta de una unidad de producto por los agentes de comercialización (Caldentey, 1979; García *et al.*, 1990).

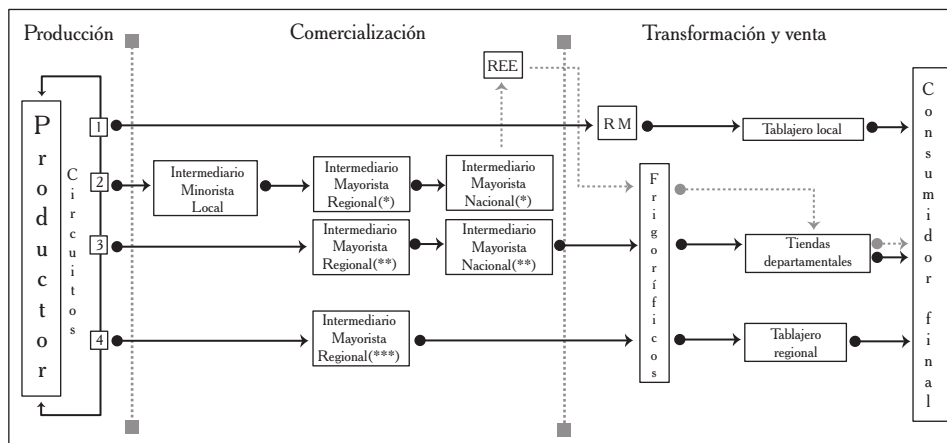
La información se obtuvo de la siguiente forma: 1) consulta de los registros (archivos) de tres asociaciones ganaderas del municipio de Tecpatán, Chiapas (Asociación Ganadera Local del Grijalva de las comunidades de Luis Espinosa y Emiliano Zapata; Asociación Ganadera Local de la comunidad de Malpaso; y Asociación Ganadera Local de la comunidad de Tecpatán); de éstos, se obtuvo información cualitativa y cuantitativa sobre peso y destino de los animales vendidos, finalidad (sacrificio, repasto, engorda), proceso de verificación, permisos obligatorios y embarque de animales; 2) mediante observaciones directas en las explotaciones ganaderas; y 3) mediante la aplicación de dos cuestionarios: el primero se aplicó a 75 productores (correspondiente al 100% de productores activos de las sociedades de producción rural; Grijalva = 35, Pomarroza = 22 y Malpaso = 18) para indagar aspectos económicos básicos de producción (17 reactivos); el segundo se aplicó a 17 tablajeros (acopiadores minoristas, carniceros o detallistas, cuya muestra estuvo constituida por todos los tablajeros que decidieron proporcionar información) con la finalidad de obtener información sobre el proceso de comercialización (12 reactivos). Además, se entrevistaron a otros actores inmiscuidos en la cadena productiva de carne, aunque algunos de ellos no son comerciantes propiamente, como conductores de tráileres, trabajadores de los embarcaderos, médicos veterinarios encargados de la verificación sanitaria, acopiadores mayoristas y verificadores en rastros municipales, entre otros. Estos informantes proporcionaron datos valiosos sobre precios y destino de los animales comercializados.

El análisis de la información se realizó mediante métodos tabulares y gráficos de la estadística descriptiva (promedio, error estándar y rango). Además, se elaboró un modelo conceptual (Aracil, 1999) de la cadena productiva de carne (bosquejo esquemático de las relaciones que establecen los elementos de un sistema). La información se sistematizó en una base de datos y se examinó en el programa estadístico SPSS (Statistical Package for Social Sciences) versión 15.0.

Resultados

En la figura 2 se presentan los eslabones de la cadena productiva de carne bovina y los cuatro circuitos de comercialización identificados en el municipio de Tecpatán, Chiapas.

Figura 2
Eslabones de la cadena productiva y circuitos de comercialización de carne bovina en el municipio de Tecpatán, Chiapas.



*Compra becerros en pie menores a 300 kg.; **Compra novillos y novillonas mayores a 300 kg.; ***Compra toros finalizados mayores a 450 kg. REE = Ranchos especializados en engorda de ganado bovino-Centro y Norte de México. RM = Rastro municipal.

El análisis de la cadena productiva inicia con la descripción de los eslabones identificados.

Eslabones de la cadena productiva de carne

El primer eslabón de análisis está constituido por los productores y los sistemas de producción bovina. Históricamente, la producción ganadera del municipio de Tecpatán se ha basado en el pastoreo extensivo, cuyas características principales son el uso diversificado de los recursos y un calendario de manejo adaptado a la variabilidad de las condiciones ambientales. Los animales se alimentan casi exclusivamente en unidades de pastoreo con un gradiente de arborización amplio. El tamaño del hato de las unidades de producción ganaderas (UPG) se encuentra en un rango de nueve a 197.5 UA, compuesto por cuatro a 107 vacas en reproducción. Los productores venden de nueve a 18 becerros anualmente.

Con base en la orientación productiva (tipo de producto ofertado) de las UPG, se identificaron tres subsistemas de producción de carne bovina: 1) UPG orientadas a la pro-

ducción y venta de becerros al destete; 2) UPG orientadas a la engorda de becerros destetados (tanto producidos en la explotación como comprados) para pre-finalización y venta; 3) UPG orientadas a la engorda de becerros destetados (el 100% de los animales son comprados en otras explotaciones ganaderas) para finalización y venta.

El segundo eslabón de la cadena productiva corresponde al de comercialización, y en éste se encuentran los acopiadores o intermediarios (locales, regionales, y nacionales), quienes se encargan de la compra-venta de becerros, novillos, vaquillas, toros y vacas de desecho en pie. Con base en el tipo de productos o animales que comercializan, en la región de estudio se distinguieron principalmente dos tipos de intermediarios, los especializados y los no especializados. Los primeros se enfocan en la compra de animales que cumplen con características específicas de peso y edad, los cuales son distribuidos en mercados regionales y nacionales especializados. En contraste, los no especializados son intermediarios oportunistas; es decir, aprovechan las coyunturas que se presentan para comprar animales a precios muy bajos, sin importar peso y edad (como novillos, vaquillas, y vacas de desecho), para distribuirlos en el mercado local.

El tercer eslabón es el de transformación y venta. En éste, intervienen los tablajeros (carniceros o detallistas), cuyas actividades consisten en: 1) la transformación de los animales en pie a carne en canal; y 2) la transformación de la canal en diferentes cortes de carne y subproductos cárnicos (embutidos, carne salada, carne adobada, entre otros) para venta al consumidor final. Se distinguieron dos tipos de tablajeros: tablajeros locales y tablajeros regionales. Los tablajeros locales comercializan los productos en los ejidos y comunidades del municipio de Tecpatán, y los tablajeros regionales en ciudades importantes del estado de Chiapas (entre ellas, Tuxtla Gutiérrez, San Cristóbal de Las Casas y Chiapa de Corzo). El 100% de los tablajeros entrevistados cuentan con una antigüedad superior a seis años en la actividad, y venden —al menos— media canal diariamente. El 36.4% de los tablajeros entrevistados vende las vísceras de los animales y, en ningún caso, se realiza empaquetado y/o etiquetado de la carne. Además, el 36.4% de los tablajeros vende embutidos, como chorizo y longaniza. Ninguno de los tablajeros locales cuenta con un vehículo adecuado para el transporte de la carne en canal hacia los expendios, de tal forma que el transporte de las canales se realiza en las mismas camionetas utilizadas para transportar a los animales en pie. A nivel local, no existe ninguna organización formal o informal de tablajeros.

En el cuarto eslabón —correspondiente a servicios de apoyo estratégicos en la cadena productiva— se identificaron las asociaciones ganaderas y los rastros. Entre los principales servicios brindados por la asociación ganadera, se encuentran: realizar la inspección física y sanitaria de los animales, verificar su origen, procedencia, y peso, autorizar y expedir la documentación requerida para el transporte de los animales (factura, guía de tránsito, constancia de baño contra ectoparásitos, avalar el dictamen que certifica que los animales se encuentran libres de brucelosis y tuberculosis, principalmente).

Las asociaciones ganaderas del área de estudio son: 1) Asociación Ganadera Local del Grijalva, ubicada en el ejido Luis Espinoza, con 325 socios. 2) Asociación Ganadera Local de Raudales Malpaso, ubicada en el poblado Raudales Malpaso, con 116 so-

cios; y 3) Asociación Ganadera Local Los Volcanes, ubicada en la cabecera del municipio de Tecpatán, con 450 socios. Estas asociaciones ganaderas locales cuentan con instalaciones (corrales de acopio, embarcaderos, patio de maniobras, báscula e inspectores sanitarios) apropiadas para el proceso de verificación y embarque. Los servicios de apoyo, arriba señalados, se realizan antes de que el inspector pecuario coloque el sello de garantía (fleje) en la puerta del vehículo que transportará a los animales. El sello debe ser abierto sólo hasta que los animales hayan llegado a su destino final. Todos los servicios de apoyo que ofrece la asociación ganadera tienen un costo aproximado de \$25.00 por animal, monto que es cubierto por el acopiador.

Otro componente del eslabón de servicios estratégicos lo constituyen los rastros. Éstos tienen como objetivo proporcionar las instalaciones adecuadas para el sacrificio de animales mediante los procedimientos más convenientes para obtener carne con un apropiado control higiénico sanitario. En el municipio de Tecpatán se identificaron dos rastros municipales: (1) el primero se encuentra ubicado en la cabecera municipal de Tecpatán, y (2) el segundo, en el poblado de Raudales Malpaso. Cabe destacar que no todos los animales son sacrificados en los rastros, puesto que algunos lo hacen “artesanalmente” en los domicilios de los mismos productores de los ejidos.

Por otra parte, a escala regional existe únicamente un rastro TIF (Tipo Inspección Federal) ubicado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez y es el único con esta categoría en Chiapas, según el listado de SENASICA (2008).

Circuitos de comercialización de la cadena productiva de carne

Desde el punto de vista de la cadena productiva, el circuito de comercialización que siguen los productores está guiado, entre otros factores, por el producto ofrecido (becerros destetados, novillos, novillonas, toros o vacas de desecho), por las necesidades económicas del productor y su familia, y por las oportunidades de venta que se presentan.

Se identificaron cuatro circuitos de comercialización (figura 2). Cada circuito difiere en cuanto a número y tipo de actores que participan en la relación de compra-venta, producto comercializado y mercado final de destino. En el aspecto organizacional, los productores cuentan con asociaciones ganaderas locales y regionales; mientras que los acopiadores o agentes de la comercialización no cuentan con ningún tipo de organización.

El circuito de comercialización 1, es el más corto y el más diversificado (no especializado) en cuanto a tipo de animales que el productor destina a la venta. Se caracteriza, principalmente, por la compra-venta de novillos y novillonas de 380 a 450 kg de peso en pie, y de vacas de desecho de 400 a 500 kg. El precio promedio de los animales en pie es de \$8.00 (vacas de desecho) y \$14.00 (novillos), por kg de peso vivo. Estos precios pueden variar en función de la condición corporal de los animales, de tal forma que las vacas de desecho, con buena condición corporal, pueden venderse a \$10.00/kg/PV, y los novillos hasta \$15.00/kg/PV. Asimismo, los productores mencionaron que cuando en la familia se presenta una necesidad urgente de dinero en efectivo, llegan a vender los animales a precios inferiores al precio promedio.

En el circuito uno, los productores venden los animales de forma directa con los tablajeros locales, quienes cumplen simultáneamente las funciones de compra y transporte de los animales en pie hacia el rastro municipal, pago por el sacrificio de los animales, transporte, almacenamiento y transformación (preparación de distintos cortes, embutidos, etcétera) de la canal y, posteriormente, venta al consumidor final en el mercado local. En promedio, los precios de los diferentes cortes fueron de \$48.00/kg de pulpa (en trozo y en filete), y \$28.00/kg de carne con hueso (extremidades, espalda y costillas).

Por su parte, el circuito de comercialización dos, es el más largo y se caracteriza, principalmente, por la compra-venta de becerros de destete con menos de 300 kg de peso vivo (figura 2). Este circuito está integrado por los productores, acopiadores, ranchos especializados de engorda de ganado, frigoríficos, rastros y tiendas departamentales, los cuales ofrecen la carne al consumidor final en diferentes cortes, e incluso carnes marinadas (condimentadas o sazonadas), todas provenientes de sus centros de distribución nacionales.

En este circuito, los productores venden los becerros a los intermediarios minoristas locales, quienes compran “al bulto” (este término se refiere a que los animales se compran sin ser pesados, más bien el precio se asigna de acuerdo con el tamaño y condición corporal del animal) en aquellas explotaciones con difícil acceso y que no cuentan con báscula para el pesaje del ganado. El precio promedio de venta de cada becerro es de \$2,941.00 ± 253.10 y el mecanismo de fijación de precio es por acuerdo mediante “regateo” (definido como el monto que el productor incrementa con relación al precio ofrecido inicialmente por el comprador) entre vendedor y comprador. Posteriormente, el intermediario minorista local transporta los animales al embarcadero de la asociación ganadera, para venderlos con un intermediario mayorista regional.

El intermediario mayorista regional se especializa en la compra de becerros con características similares en edad y peso. El precio de los becerros se fija de acuerdo con el peso vivo y con el precio vigente por kilogramo de peso. Una vez que el intermediario mayorista regional ha asegurado el acopio de aproximadamente 200 becerros, contacta al intermediario mayorista nacional para venderle los becerros acopiados y, con ello, obtener importantes ganancias. En este proceso, ambos intermediarios acuerdan una fecha para la compra-venta de los animales, y el embarque se realiza en las instalaciones de la asociación ganadera. El intermediario mayorista regional se encarga de gestionar, ante la asociación ganadera para el traslado de los becerros, los trámites necesarios para la venta y movilización de los animales los siguientes aspectos: verificación sanitaria, guía de tránsito, guía zoonosanitaria, factura y certificado de las pruebas de brucelosis y tuberculosis.

Con base en datos de entrevistas a productores, intermediarios y a personal de las asociaciones ganaderas, se consensuó que el intermediario mayorista nacional traslada los becerros a ranchos especializados en engorda de ganado bovino, ubicados en los estados de Veracruz, Jalisco, Puebla, Morelos, Hidalgo, Estado de México, Tabasco, Nuevo León y Oaxaca. En estos ranchos, los becerros son mantenidos con alimentos balanceados para que alcancen el peso deseado en el menor tiempo posible. Posteriormente, algunos son sacrificados en rastros TIF y otros en rastros municipales, y la carne se distribuye primordialmente en carnicerías locales y tianguis, así como en tiendas departa-

mentales para venta, al consumidor final. Los principales cortes que ofrecen las tiendas departamentales son arrachera, sirloin (solomillo), espaldilla y aguayón.

En el circuito de comercialización tres, los productores venden novillos y novillonas en pie con un peso mínimo de 300 kg y máximo de 400 kg, directamente al intermediario mayorista regional (figura 2). El precio de cada novillo o novillona se fija en función del peso vivo y del precio vigente en la región (\$/kg de peso vivo), cuyo monto promedio durante el periodo de estudio fue de $\$14.20 \pm 0.30/\text{kg/PV}$ ($\$5,250.00 \pm 250.00$ por animal). Al igual que en el circuito dos, cuando el intermediario mayorista regional asegura el acopio de 90 a 120 novillos y/o novillonas, contacta al intermediario mayorista nacional para venderle los animales acopiados. Posteriormente, se sigue el mismo procedimiento y destino de los animales descrito en el circuito dos.

En el circuito de comercialización cuatro, los productores venden toros en pie (mayores a 450 kg de peso) al intermediario mayorista regional (figura 2). El precio promedio durante el periodo de estudio fue de $\$12.50 \pm 0.10/\text{kg/PV}$ ($\$6,000.00 \pm 35.10$ por animal). Enseguida, el intermediario mayorista regional realiza los trámites correspondientes ante la asociación ganadera y comercializa los animales con tablajeros regionales. Los animales se sacrifican en el frigorífico de Tuxtla Gutiérrez, y en rastros municipales de San Cristóbal de Las Casas, y Chiapa de Corzo, entre otros (figura 2).

La carne se comercializa en expendios de tablajeros regionales ubicados en dichas ciudades. Entre los cortes que los tablajeros regionales ofrecen al público destacan: (1) carne con hueso (paleta, pecho, costillar, chamberetes, chuletas, entre otros), (2) carne en pulpa (falda, bola, cuete, aguayón, lomo, entre otros), y (3) vísceras y extremidades (pancita, cayo, librillo, hígado, bazo, riñones, pulmones, corazón, cabeza y patas, entre otros). Actualmente, la piel, la grasa y la sangre de los animales sacrificados dentro del municipio de Tecpatán tienen un precio bajo por su escasa demanda en el mercado local. El precio promedio de la carne en pulpa es de $\$59.50 \pm 0.50/\text{kg}$, y $\$38.90 \pm 00.30/\text{kg}$ de carne con hueso.

Márgenes de comercialización de la cadena productiva de carne

En el cuadro 1 se presenta el ingreso bruto que obtienen los productores (eslabón 1) por animal vendido, y los márgenes de comercialización por animal en el resto de los eslabones (2, 3, y 4) de la cadena productiva de carne en el municipio de Tecpatán, Chiapas.

Cuadro 1
Márgenes de comercialización promedio de los diferentes agentes que participan en la cadena productiva de carne bovina, en el municipio de Tecpatán, Chiapas.

Eslabones	Producción			Comercialización			Servicios de apoyo y estratégicos			Transformación y venta		
	Productor			Intermediario			Rastros y asociaciones ganaderas			Tablajero		
	minorista local	minorista regional	mayorista nacional	minorista local	minorista regional	mayorista nacional	local	regional	departamentales	local	regional	departamentales
Circuito 1												
Precio de venta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,447.50 ^{6,7}	-	-
Margen de comercialización	-	-	-	-	-	-	80.00 ⁵ /25.00 ⁹	-	-	2,686.30	-	-
Circuito 2												
Precio de venta	2,941.00 ²	3,250.00	3,550.00	3,700.00	3,700.00	3,700.00	*	*	*	-	-	*
Margen de comercialización	-	309.00	300.00	150.00	150.00	150.00	*	*	*	-	-	*
Circuito 3												
Precio de venta	5,250.00 ³	-	5,600	5,755	5,755	5,755	-	-	-	-	-	*
Margen de comercialización	-	-	350.00	175.00	175.00	175.00	-	-	-	-	-	*
Circuito 4												
Precio de venta	6,000.00 ⁴	-	6,240.00	-	240.00	-	220.00 ¹⁰	-	-	9,582.20 ^{6,8}	-	-
Margen de comercialización	-	-	240.00	-	-	-	-	-	-	3,122.20	-	-

¹Precio promedio de novillos y vacas de desecho; ²Precio promedio por becerro de destete en pie; ³Precio promedio de novillos y novillonas; ⁴Precio promedio de toros; ⁵Costo por la faena o sacrificio de cada bovino en rastro municipal; ⁶Peso promedio de la canal= 190 kg. Para su cálculo se consideró un rendimiento de la canal del 60% (este alto rendimiento se debe a que los datos son principalmente de novillonas de talla grande y buena condición corporal, de la raza Cebú cruzada con las razas Simmental, Suiza, Holstein); ⁷Precio promedio de carne en pulpa = \$48.0/kg, y de carne con hueso = \$28.0/kg; ⁸Precio promedio de carne en pulpa = \$60.0/kg y de carne con hueso = \$40.0/kg; ⁹Pago a la asociación ganadera para la movilización de ganado bovino (documentación obligatoria); ¹⁰Costo aproximado por la faena o sacrificio de cada bovino en rastro TIF. *Ruta que sigue el becerro en pie hasta el consumidor final.

En el circuito de comercialización uno, el productor obtienen un ingreso bruto promedio de \$4,681.00±105.80 por la venta de un animal en pie; en tanto que el tablajero local, quien gestiona todos los procedimientos necesarios en la cadena productiva para transformar los animales en pie, a carne para venta en los expendios locales, obtiene un ingreso bruto de \$7,447.50 y un margen de comercialización de \$2,686.30.

En el circuito de comercialización dos, el productor obtiene un ingreso bruto promedio de \$2,941.00±253.10 por la venta de un becerro destetado. Por su parte, los intermediarios obtienen un margen de comercialización entre \$150.00 y \$309.00 por animal comercializado. De esta forma, al acopiar 200 becerros destetados, el intermediario mayorista regional puede obtener un margen de comercialización de \$60,000.00, y el intermediario mayorista nacional de \$30,000.00.

En el circuito de comercialización tres, el productor obtiene un ingreso bruto promedio de \$5,250.00±250.00 por la venta de un novillo o novillona en pie, en tanto que los márgenes de comercialización promedio, por animal comercializado, fueron de \$350.00, para el intermediario mayorista regional, y de \$175.00, para el intermediario mayorista nacional. De esta forma, al acopiar 120 novillos o novillonas, los intermediarios pueden llegar a obtener un margen de comercialización de \$42,000.00 (intermediario mayorista regional) o de \$21,000.00 (intermediario mayorista nacional).

Finalmente, en el circuito de comercialización cuatro, el productor obtiene un ingreso bruto promedio de \$6,000.00±35.10 por la venta de un toro finalizado en pie. En este circuito el intermediario mayorista regional obtiene un margen de comercialización promedio por animal vendido de \$240.00. Por su parte, el tablajero regional obtiene un margen de comercialización por canal vendida de \$3,342.20.

Discusión

La comercialización de ganado bovino en el municipio de Tecpatán, estado de Chiapas, está influenciada por las particularidades de la producción. Entre otros factores, están la dispersión espacial de las explotaciones ganaderas, la baja escala de la producción, así como la precaria infraestructura carretera y medios de transporte. Esta situación determina el circuito comercial por el que opta el productor, así como lo favorable o no, de la operación de compra-venta que éste realice, y es similar a lo señalado por García *et al.* (2007) para diversas regiones de España.

Así, el circuito de comercialización —que involucra la mayor cantidad de animales es el circuito dos— donde se compran y venden, principalmente, becerros de destete. Enseguida, está el circuitos tres, mediante el cual se comercializan novillos y novillonas. Posteriormente, está el circuito cuatro, mediante el cual se comercian toros finalizados para su sacrificio; y por último, está el circuito uno, el cual es el más diversificado debido a que en éste se distribuyen bovinos de todo tipo, aunque en menores cantidades. En el municipio de Tecpatán, mensualmente se comercializa un promedio de 1,000 cabezas de bovinos de todas las edades, y la mayor demanda de animales en un ciclo anual ocurre en el periodo de noviembre a mayo (Orantes, 2010).

El número becerros de destete vendidos está estrechamente relacionado con el tamaño de la unidad de producción ganadera; es decir, con la superficie de tierra, el tamaño del hato, y el número de vientres en reproducción.

El mayor ingreso bruto, por animal vendido, lo obtienen los productores que participan en el circuito de comercialización cuatro (venta de toros finalizados), seguido de los productores del circuito de comercialización tres, quienes venden novillos y novillonas pre-finalizados. Sin embargo, estos productores requieren invertir más tiempo, esfuerzo y dinero, en comparación con los productores que venden becerros destetados (circuito de comercialización dos). En este sentido, los ganaderos que prefieren vender novillos, novillonas y toros finalizados, obtienen los mayores ingresos cada 30-42 meses. En contraste, los ganaderos que venden becerros destetados obtienen ingresos cada 13-14 meses. La diferencia entre ambos casos —en cuanto a tiempo invertido— para vender un animal, es casi de tres a uno, más no así en el ingreso bruto por animal vendido. Ello sugiere analizar minuciosamente los costos de producción por cada tipo de animal vendido, con la finalidad de obtener el margen neto de utilidad, y generar propuestas para reducir los gastos operacionales y estructurales.

Por otro lado, los mayores márgenes de comercialización por animal vendido se obtuvieron en los eslabones de transformación y venta al consumidor final a nivel local y regional (con un promedio \$2,904.00/canal), en los circuitos de comercialización uno y cuatro, respectivamente. Es probable que esta tendencia también ocurra en los circuitos dos y tres, la cual no fue posible demostrar por la falta de información sobre transformación y venta de animales, en los diferentes destinos, a nivel nacional. Enseguida, en los eslabones de comercialización con menor margen de comercialización (en promedio \$300.00/animal), están los intermediarios locales y regionales del circuito dos y los intermediarios mayoristas nacionales, ubicados en el circuito de comercialización tres. Los intermediarios que obtienen menor ingreso por animal son los acopiadores nacionales. Sin embargo, estos agentes compran animales en grandes cantidades, lo que les permite obtener un margen de comercialización superior a \$30,000.00 por cada tráiler que embarcan con más de 180 becerros. En todo el municipio de Tecpatán, se cargan y envían dos o tres tráileres de animales por semana a diferentes estados del país.

La diferencia entre el precio inicial de venta —por parte del productor— y el precio final de venta —por parte de los detallistas— es de 157%, lo cual es un margen de comercialización elevado que no beneficia al productor. Esta situación concuerda con lo mencionado por Hobbs *et al.* (2000), Iglesias (2002) y Lundy (2003), quienes señalan que el productor, al no involucrarse en la cadena de comercialización, sólo observa cómo los agentes de comercialización le dan valor agregado a su producto y obtienen grandes ganancias en un periodo de tiempo más corto.

Con relación al alto grado de intermediación en la comercialización de bovinos en pie y de carne, Suárez-Domínguez y López-Tirado (2005) describen que en México existe una cadena de entre cinco a 10 intermediarios de becerros en pie, desde el momento de su acopio con el productor, hasta la engorda y comercialización de la carne —en diferentes cortes— al consumidor final. La participación de estos agentes puede ser de un día

(en el caso de los intermediarios y tablajeros) y hasta de 4-18 meses (en el caso de productores/criadores y engordadores).

Entre otros factores, el bajo nivel socioeconómico de los productores, las precarias características tecnológicas de los sistemas de producción, la escasa infraestructura, la baja reinversión económica, los programas oficiales de apoyo discontinuos y la variabilidad de las condiciones ambientales a lo largo del año, no favorecen a que los propios productores logren que sus animales lleguen a la etapa de finalización o engorda. Ello conduce a que los productores se vean obligados a vender sus animales antes de ser finalizados, y son totalmente dependientes de los diferentes acopiadores. Esta situación pone en desventaja al eslabón de producción frente a los otros eslabones de la cadena productiva. La ventaja que tienen los productores es que, generalmente, reciben el importe de la venta de animales al contado y en una sola exhibición —al momento de la entrega del ganado—; mientras que algunos eslabones intermediarios enfrentan el riesgo de no recibir el pago en tiempo y forma, por la venta animales en pie y de canales, aun bajo previo acuerdo.

El estudio muestra que existen relaciones de interdependencia más que relaciones estratégicas de integración entre los productores, acopiadores comerciantes y transformadores de la carne. Se requiere un verdadero programa de integración permanente, con apoyos financieros, asesoría y capacitación, de los diferentes agentes que participan en los diferentes circuitos de producción-comercialización-transformación de la cadena productiva, para que ésta transite paulatinamente hacia una cadena de valor. Para ello, se requiere atender tres aspectos:

1) una política pública permanente dirigida a resolver los problemas de la cadena productiva, que conduzca a evitar el intermediarismo prevaleciente en la comercialización de la carne, desde la venta del animal en pie, hasta la carne en diferentes cortes. De esta forma, se podrían mejorar las relaciones estratégicas entre los productores, agentes de la comercialización y transformadores.

2) Se requiere una organización bien estructurada que permita que los diferentes agentes adopten estrategias que den oportunidad y justifiquen el empleo de profesionales de la comercialización que den mayor racionalidad a los circuitos de comercialización (García *et al.*, 2007).

3) Se requiere emprender una estrategia de competitividad en la cadena productiva (Lundy *et al.*, 2004).

En el contexto actual, la estrategia de competitividad es de suma importancia para gestionar una cadena de valor. En un mundo globalizado, cualquier cambio en la oferta y demanda de los productos agroalimentarios afecta directamente a los productores primarios, genera condiciones de incertidumbre, pérdidas, e incluso puede generar el abandono de la actividad productiva; sin embargo, también genera nuevas oportunidades y retos para enmarcarse dentro del mundo actual. Por ello, es importante plantear no sólo las posibles trayectorias de los mercados y productos existentes, sino también las oportunidades que se abren en nuevos mercados, y las posibilidades de desarrollar nuevos productos y mercados (Lundy *et al.*, 2004).

Desde esta perspectiva, la producción orgánica representa una oportunidad para los ganaderos de Tecpatán, ya que podría aumentar la competitividad de la cadena productiva en su conjunto. Para ello, se requiere gestionar los criterios de diferenciación del producto; es decir, se requiere que los sistemas de producción bovina cumplan con los indicadores del estándar orgánico, como los que señalan Nahed *et al.* (2009) y Mena *et al.* (2011): 1) manejo alimenticio, 2) manejo sostenible del pastizal, 3) fertilización orgánica del suelo, 4) control ecológico de malezas en pastos y cultivos, 5) control ecológico de plagas en pastos y cultivos, 6) profilaxis y cuidados médicos veterinarios, 7) raza y reproducción, 8) bienestar animal, 9) inocuidad, y 10) gestión ecológica.

En el sistema de producción bovina de doble propósito de Tecpatán, Chiapas, un grupo de productores del ejido Emiliano Zapata ha logrado la certificación orgánica de la producción lechera. Por ello, se considera que la producción de carne pudiera certificarse con relativa facilidad como orgánica. Se espera que la certificación pueda favorecer al productor en la relación compra-venta, y ayude al funcionamiento integral de la cadena productiva.

Conclusiones

El análisis de la estructura y el funcionamiento actual de la cadena productiva de carne bovina de la ganadería ejidal del municipio de Tecpatán, Chiapas, ha permitido conocer sus limitantes, potencialidades y oportunidades de desarrollo.

Las principales limitantes de las operaciones de compra-venta de los productores están relacionadas con la dispersión espacial de las unidades de producción ganaderas, la baja escala de producción, así como la precaria infraestructura carretera y medios de transporte.

Se identificaron cuatro circuitos de comercialización diferenciados por el tipo y cantidad de animales comercializados. El circuito que involucra la mayor cantidad de animales en pie es donde se comercializan principalmente becerros destetados. El mayor margen de comercialización lo obtienen los intermediarios que participan en el eslabón de comercialización, transformación y venta al público. Los beneficiarios son, básicamente, acopiadores mayoristas regionales y nacionales del circuito más corto y diversificado en cuanto al tipo de animales que el productor vende. De esta forma, se refleja la escasa participación de los productores en la cadena productiva.

Se requiere una política de apoyo permanente para consolidar alianzas entre los actores, así como una estrategia de competitividad orientada a la diferenciación del producto. Las unidades ganaderas, cuya leche ha sido certificada como orgánica, tienen un importante potencial para que los animales destinados a la venta y aporte de carne, también puedan certificarse y comercializarse como orgánicos.

Paralelamente, es necesario promover el establecimiento de criterios de clasificación de ganado en pie y de las canales, los cuales deben ser aceptados y respetados por los agentes que participan en todos los eslabones de la cadena, como herramientas de diferenciación del producto, para generar precios diferenciados. Dicha clasificación podría servir de incentivo a la mejora genética y de manejo del ganado enviado al mercado, en cualquiera de sus modalidades existentes localmente. Estas medidas representan oportu-

nidades reales para mejorar el funcionamiento de la cadena productiva actual, y orientarla paulatinamente hacia una cadena de valor.

Agradecimientos

Este trabajo fue posible gracias al apoyo del Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a través del Convenio 116306: Innovación socioambiental para el desarrollo en áreas de alta pobreza y biodiversidad de la Frontera Sur de México.

Literatura citada

- Angulo, J. E. (2007). *Estudios de caso para análisis del financiamiento de las cadenas agrícolas de valor*. En: Serie de Publicaciones Ruta. Documento de Trabajo No. 26. Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA). Programa de apoyo a los servicios financieros rurales (Serfirural). Costa Rica. 90 pp.
- Aracil, J. (1979). *Introducción a la dinámica de sistemas*. Alianza Universidad. Textos No. 58. Madrid. 362 pp.
- ASOCAM (2005). *Agricultura Sostenible Campesina de Montaña. ¿Cómo hacer análisis de cadenas? Metodologías y casos*. Mancero, L. y Crespo, P. (Eds.). Quito, Ecuador. 26 pp.
- Bourgeois, R. y Herrera, D. (1996). *CADIAC: cadenas y diálogo para la acción. Enfoque participativo para el desarrollo de la competitividad en los sistemas agroalimentarios*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Serie Publicaciones Misceláneas/IICA. San José, Costa Rica. 226 pp.
- Caldentey, A. P. (1979). *Comercialización de productos agrarios. Aspectos económicos y comerciales*. 2ª Ed. Editorial Agrícola Española, S. A., Madrid, España. 232 pp.
- Calderón, P. J. C. (2008). *Tendencias de la ganadería bovina y oportunidades para su conversión a sistemas de producción orgánica en el municipio de Tecpatán, Chiapas, México*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 64 pp.
- Cristi, D. L. F. (2003). *Intervención en encadenamientos productivos: La experiencia de FUNDES en América Latina*. FUNDES Internacional. Santiago de Cali, Colombia. 17 pp.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2da. Edición. México, D. F. 264 pp.
- García, M. R.; García, D. y Montero, H. (1990). *Notas sobre mercados y comercialización de productos agrícolas*. Centro de Economía. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México. 437 pp.
- García, A.; Perea, J.; Acero, R.; Valerio, D.; Rodríguez, V. y Gómez, G. (2007). Circuito de comercialización de la leche ecológica en siete comunidades autónomas españolas. *Arch. Zootec.* 56 (sup. 1):693-698.
- Guerra, C. L. (2004). *Modelo sistémico para el desarrollo de la competitividad regional*. Monterrey, N. L. México, EGAP-ITESM. 63 pp.
- Hobbs, J. E.; Cooney, A. y Fulton, M. (2000). *Value Chains in the Agri-Food Sector. Department of Agricultural Economics*. University of Saskatchewan. Canada. 32 pp.
- Holmann, F. (1997). *Reflexiones sobre competitividad de distintos modelos de producción de leche en América Latina tropical*. Trabajo presentado en el VI Congreso Panamericano de la Leche, Federación Panamericana de la leche (FEPALE), 23- 25 de abril de 1997. Buenos Aires, Argentina. 20 pp.
- Iglesias, D. H. (2002). *Cadenas de valor como estrategia: las cadenas de valor en el sector agroalimentario*. Documento de trabajo. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina. 25 pp.
- INEGI (2007). Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. *Anuario estadístico del estado de Chiapas*. INEGI y Gobierno del Estado de Chiapas. Disponible en: <http://www.inegi.gob.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/Aee07/estatal/chs/index.htm> (Consultado el 23 de septiembre de 2010).

- Lundy, M. (2003). Concepto de enfoque de cadena: Diferenciación entre una cadena productiva y una cadena de valor. En: *Seminario Internacional. Cadenas de producción para el desarrollo económico local y el uso sostenible de la biodiversidad*. Apuntes del seminario. 84:2-13.
- Lundy, M.; Gottret, M. V.; Cifuentes, W.; Ostertag, C. F. y Best, R. (2004). *Diseño de estrategias para aumentar la competitividad de las cadenas productivas con productores de pequeña escala*. Manual de campo. CIAT. Cali, Colombia. 90 pp.
- Mena, Y.; Nahed, J.; Ruiz, F. A.; Sánchez-Muñoz, J. B.; Ruiz-Rojas, J. L. y Castel, J. M. (2011). Evaluating mountain goat dairy systems for conversion to the organic model, using a multicriteria method. *Animal*. 6(4): 693-703.
- Nahed, T. J.; Jiménez, F. G.; Mena, G. Y.; Castel, G. J. M. y De Asis, R. F. (2007). Propuesta de evaluación de la ganadería chiapaneca para su conversión a sistemas de producción de leche y carne orgánicos. En: Jiménez, F. G.; Nahed, T. J. y Soto, P. L. (Eds.): *Agroforestería pecuaria en Chiapas, México*. Publicaciones El Colegio de la Frontera Sur. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. pp. 48-53.
- Nahed, T. J.; Parra, V. M. y Ferguson, B. G. (2008). Oportunidades económicas (y sus retos) para la ganadería chiapaneca. En: Alemán, S. T.; Ferguson, B. G. y Medina, J. F. *Ganadería, desarrollo y ambiente: una visión para Chiapas*. ECOSUR/Fundación PRODUCE Chiapas, A. C. México. 122 pp.
- Nahed, T. J.; Calderón, P. J.; Aguilar, J. R.; Sánchez, M. B.; Ruiz, R. J.; Mena, Y.; Castel, J. M.; Ruiz, F. A.; Jiménez, F. G.; López, M. J.; Sánchez, M. G. y Salvatierra, I. B. (2009). Aproximación de los sistemas agrosilvopastoriles de tres microrregiones de Chiapas, México, al modelo de producción orgánica. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 13 (1): 45-58.
- Orantes, Z. M. A. (2010). *Factores limitantes de la productividad en los agroecosistemas con ganado bovino de doble propósito en la región centro de Chiapas, México*. Tesis doctoral. Colegio de Postgraduados. 133 pp.
- SENASICA (2008). *Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria*. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/?id=787> (Consultado en septiembre de 2010).
- SIAP (2008). *Sistema de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera*. Producción pecuaria en México. SAGARPA, México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/> (Consultado el 30 de octubre de 2010).
- Suárez-Domínguez y López-Tirado. (2005). *La ganadería bovina productora de carne en México. Situación actual*. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 16 pp.
- Villareal, R. y Villareal, R. (2002). *México competitivo 2020 un modelo de competitividad sistémica para el desarrollo*. Editorial Océano. México. 356 pp.

Recibido: Junio 23, 2011

Acceptado: Marzo 26, 2012



Título: *Pezecado*
Técnica: Grafito sobre papel
Autor: Adoración Palma García (2manoS)
Medidas: 20 x 26 cm
Año: 2011

Análisis de componentes del sistema productivo de aguacate, con incidencia probable de *Phytophthora* en Cesar, Colombia

Assessment of avocado crop system factors, with probable incidence of *Phytophthora* in Cesar, Colombia

Tofiño, A.;^{1,2*} Cabal, D.¹ y Gil, L. F.³

¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) Estación Experimental Motilonia Km 5 vía a Bucaramanga Codazzi, Cesar (Colombia).

²Universidad de Santander (UDES), Carrera 6#14-27 Valledupar, Cesar (Colombia).

³Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) Estación Experimental Caribia Municipio de Sevilla, Magdalena (Colombia).

*correspondencia: atofino@corpoica.org.co

Resumen

Debido a la disminución del 35% en rendimiento y mortalidad creciente del aguacatero, se realizó un estudio en los municipios Curumaní y La Paz Robles del Departamento del Cesar (Colombia), con el objetivo de identificar los principales factores agroecológicos y de manejo que afectaron la sanidad y productividad, al igual que las zonas con mayores ventajas comparativas para siembra. Para ello, se evaluaron: tejidos radicales, variables del sistema productivo, descriptores físicos, químicos y microbiológicos de suelo, analizados por componentes principales. Se confirmó infección en raíces por *Phytophthora spp* y *Fusarium sp*, con incidencia variable entre municipios. La prueba de Fisher (5%), no mostró relación significativa ($P > 0.05$) entre presencia de patógenos y síntomas en árboles. En Curumaní, las variables de mayor contribución, al 32.70% de la varianza explicada por el primer componente principal, fueron: UFC de bacterias, temperatura, porcentaje de arena y pH; mientras que en La Paz Robles (44.30%), fueron: porcentaje de limo, materia orgánica y número de géneros fúngicos. El análisis de conglomerados indicó

Abstract

Due to the 35% decrease in performance and increased mortality of avocado, a study was conducted in the municipalities of Curumaní and La Paz Robles in the Department of Cesar, in order to identify the major agroecological and management factors that affect health and productivity, as well as those areas of greatest comparative advantages for planting. Root tissues, the production system variables, physical, chemical and microbiological descriptors of soil, were evaluated using principal components analysis. Infection in roots by *Phytophthora* and *Fusarium sp* were confirmed, with variable incidence between municipalities. Fisher's test (5%) showed no significant relationship ($P > 0.05$) between pathogens and symptoms in trees. In Curumaní, variables with higher contribution to 32.70% of the variance explained by the first principal component were UFC of bacteria, temperature, pH and sand; while in La Paz Robles (44.30%) the variables were percentage of silt, organic matter and number of fungal genera. The conglomerate analysis indicated greater heterogeneity in the production system of farms

mayor heterogeneidad en el sistema productivo de fincas de Curumaní, con respecto a La Paz Robles. En ambos municipios, el porcentaje de materia orgánica mostró relación positiva con el número de géneros de hongos identificados y el porcentaje de arcilla afectó el rendimiento de frutos. Se encontró mayor frecuencia de patógenos con respecto a benéficos, y la incidencia de pudrición radical, estuvo influenciada por suelos ácidos, bajos niveles de nutrientes, materia orgánica y prácticas agrícolas inadecuadas. Las veredas promisorias para inversión fueron Paraíso porvenir, Los naranjos, y Las nubes.

Palabras clave

Persea americana, análisis multivariado, rendimiento, agroecología, microorganismos, sanidad vegetal.

in Curumaní with respect to La Paz Robles. In both municipalities, the percentage of organic matter showed positive relationship with the number of genera of fungi identified while the percentage of clay affected the fruit yield and more pathogenic than beneficial factors were found. The incidence of root rot was influenced by acid soils, low nutrient levels, organic matter and inappropriate agricultural practices. The promising trails for investment were Paraíso porvenir, Los naranjos, and Las nubes.

Key words

Persea americana, multivariate analysis, yield, agro-ecology, microorganisms, plants health.

Introducción

Colombia ocupa el sexto lugar en la producción de aguacate a nivel mundial, con una participación de 4.3%, equivalente a 165,175 t/año. De éstas, el departamento del Cesar produjo 13,729 t en 1,728 ha cultivadas (FAOSTAT, 2009). A pesar de que Colombia ocupa el segundo lugar en productividad, con 10.80 t/ha, sólo superada por Israel con 11.20 t/ha —cuando el promedio mundial es 7.80 t/ha— en los últimos nueve años la producción promedio en el Cesar ha disminuido en 23%, debido a factores limitantes tanto de tipo biótico como abiótico del sistema productivo; entre los factores bióticos destaca *Phytophthora cinnamomi*, agente causal de la tristeza del aguacatero, el cual a nivel nacional ocasiona pérdidas que oscilan entre el 30 y 50% de plantas en vivero y en establecimiento temprano, respectivamente (Gobernación del Cesar, 2009; Tamayo, 2007).

La pudrición de las raíces se ha registrado en el Cesar (Mejía *et al.*, 2010). Sin embargo, a pesar que se reporta disminución de 35% en la producción de fruta en las localidades evaluadas, aún no se han determinado los patógenos asociados, ni se han identificado las variables de calidad del suelo y de manejo agronómico con mayor peso sobre la disminución de rendimiento del aguacatero (Gobernación del Cesar, 2009). Por lo que la realización de este tipo de estudios facilitaría la implementación de estrategias para el mejoramiento de la competitividad del sistema productivo, especialmente en el componente fitosanitario.

A la fecha, se han desarrollado recomendaciones de manejo para el aguacatero en monocultivo (Corrales *et al.*, 2007), pero las condiciones de suelo y microclima (Llany *et al.*, 2010), pueden variar con respecto al policultivo con baja tecnificación, predomi-

nante en el Cesar (Lacombe *et al.*, 2009; Zhang *et al.*, 2009). Asimismo, se desconoce la tolerancia a *Phytophthora* y a otros patógenos asociados con la pudrición radical de los árboles criollos establecidos en la región (Rodríguez *et al.*, 2009).

Un manejo exitoso de los fitopatógenos del suelo requiere de la implementación de un programa integral que incluya prácticas culturales, uso de patrones tolerantes, control biológico y químico compatibles (Barrett *et al.*, 2003; Echemendia, 2002; Dobrowolski *et al.*, 2008; Pérez, 2008), para incrementar la productividad del aguacate (Vidales, 2002) y de otros cultivos (Dong *et al.*, 2010). Sin embargo, para la formulación de un programa integral en una zona agroecológica específica, es prioritaria la identificación de los indicadores fisicoquímicos y microbiológicos que favorecen la prevalencia de patógenos, pues a pesar que existen múltiples reportes sobre la interacción entre las variables de fertilidad del suelo y el rendimiento (Álvarez, 2004; Álvarez *et al.*, 2006; Muñoz *et al.*, 2006), es necesaria una comprensión profunda de la misma (Núñez *et al.*, 2011).

Por ello, el presente estudio tiene como objetivos identificar los principales factores agroecológicos y de manejo que afectan la sanidad y productividad del aguacate criollo en policultivo, así como el definir las zonas con mayores ventajas comparativas para la producción del frutal. Los resultados descritos contribuirán a la formulación de un programa de manejo integral eficiente y específico para la región bajo estudio, y la priorización de la financiación estatal de programas de capacitación en manejo técnico, que incrementen la competitividad del aguacate. Los resultados y las recomendaciones planteadas serán aplicables a los aguacateros en el área de influencia del estudio, o aquellos con características agroecológicas y productivas similares, a través de programas de escuela de campo de productores.

Materiales y métodos

1) Área de estudio

El departamento del Cesar, se ubica al norte de la República de Colombia, entre las coordenadas de 10° 52' 17" latitud Norte en el río Surivaca, latitud Sur 7° 40' 38", en la Cordillera de las quebradas Pata de Vaca y Caño de Hoyo. Se extiende entre los 72°53' 08" y 74° 07' 47" de Longitud Occidente, en el Meridiano de Greenwich, con una superficie de 22,905 Km².

Las muestras de suelo y tejido de aguacate en policultivo se tomaron de los municipios Curumaní (veredas Paraíso porvenir, Los naranjos, Caño largo, Los laureles y Las nubes), ubicado en la subregión central del departamento del Cesar; temperatura promedio de 28°C y producción de aguacate de 170 toneladas en 2009; y La Paz Robles (veredas Los deseos y Hondo de ricito) en la subregión norte, con 27°C de temperatura y un aporte de 300 toneladas de aguacate, en 2010. Las veredas, corresponden a la menor división territorial de la zona rural, adscrita a un municipio o localidad.

2) Toma de muestras

a) Muestras de tejido: se analizaron 10 muestras por finca de raíces terciarias, cortadas con pinzas desinfectadas con hipoclorito (0.50%). Se seleccionaron, aleatoriamente, cinco muestras procedentes del conjunto de árboles enfermos por finca, de acuerdo con la inspección visual en las visitas de campo. Se catalogaron como enfermos los árboles que registraron la sintomatología característica de las pudriciones de raíz, que incluyen: decaimiento progresivo, crecimiento disminuido, clorosis foliar y/o marchitez general, defoliación severa y muerte de brotes de arriba hacia abajo. Las raíces terciarias de los árboles enfermos presentaron, además, un color rojizo característico. También se seleccionaron, aleatoriamente, cinco muestras por finca del conjunto de árboles identificados como “escapes”, por presentar ausencia de sintomatología; es decir, árboles vigorosos y con buena productividad, aun en áreas devastadas por el ataque de patógenos.

b) Muestras de suelo rizosférico: debido a la variabilidad en el sistema productivo en la región, se identificaron porcentajes diversos de áreas con árboles de aguacate con respecto al área total de las fincas, cuyo rango por predio osciló entre 5-60 ha. Por lo tanto, se colectaron 500g por hectárea a partir de cinco puntos de muestreo en los lotes de la finca con árboles de aguacate, a una distancia del tallo que coincidiera con la proyección de la copa del árbol, con una profundidad de 15 cm (para el análisis microbiológico) y 30 cm (para el análisis fisicoquímico). En cada lote, se muestreó en forma de X. La muestra compuesta obtenida en cada finca se uniformizó apropiadamente y, al final, sólo se tomaron 1,000g (Prada *et al.*, 2009).

Todas las muestras se empacaron en bolsas herméticas y se transportaron, con refrigeración de 4°C, hasta el laboratorio de la Estación Experimental Caribia de CORPOICA, en Sevilla Magdalena. A cada muestra se le asignó un código de identificación de tres dígitos; el primero indicaba el municipio, número 1 Curumaní y 2 La Paz Robles; el siguiente la comunidad y el último, la finca visitada (cuadro 3). En el caso de muestras de raíces, se asignó un cuarto dígito relativo a los síntomas, 1 para árboles denominados escapes y 2 para árboles enfermos. Adicionalmente, se registró un conjunto de observaciones de campo: coordenadas geográficas (latitud, longitud y altura) mediante el sistema de posicionamiento global por satélite (GPS marca GARMIN OREGON 450, rango de medida 3m), temperatura del suelo, manejo agronómico del policultivo (fertilizantes, insecticidas y herbicidas) y productividad de frutos por árbol/año.

Se utilizó el indicador rendimiento anual, expresado en frutos/árbol debido a las características especiales de densidad de siembra y comercialización, en el departamento del Cesar. En éste, no existen plantaciones comerciales en monocultivo y con densidades de siembra preestablecidas. En las 37 fincas evaluadas, se presentó un número máximo de árboles/ha de 127 y un promedio de 40, cuando la densidad de siembra nacional de árboles por hectárea es de 156. La comercialización del aguacate se realiza principalmente a través de intermediarios, quienes compran el producto de forma directa en las fincas, por unidad no por kg. Adicionalmente, la gran mayoría de las fincas —durante el muestreo— no estaban en época de cosecha; lo cual, aunado con la variabilidad de los

tamaños del fruto en el mercado local (0.750-2.50 kg), impidió el cálculo aterrizado y real del promedio de kg/ árbol/año por finca.

3) *Procesamiento de las muestras*

a) *Detección de fitopatógenos en raíz.* Las raíces de árboles escapes y con sintomatología se incubaron en agar PDA, a temperatura de 28°C durante cinco días, previo tratamiento de desinfección superficial, de acuerdo a la metodología descrita por Hurtado (2010). Las muestras de raíces se cortaron en trozos, se lavaron con agua destilada estéril durante 20 minutos, se desinfectaron con alcohol (30%) por dos minutos e hipoclorito de sodio (0.50%) durante un minuto, y por último, se secaron en cámara de flujo laminar. Transcurrido el periodo de incubación, se observó el crecimiento macroscópico y estructuras microscópicas de los aislamientos del tejido para su identificación hasta género. Se realizaron tinciones con azul de lactofenol y los preparados se observaron con microscopio óptico (objetivo de 40 y 100X) y claves taxonómicas de Barnett y Barry (1998). Los aislados positivos del género *Phytophthora* se sembraron en cultivos monozoospóricos con las mismas condiciones de incubación, hasta observación de micelio en forma de roseta y estructuras reproductivas características de la especie *P. cinnamomi* (Echemendía, 2002).

b) *Recuento de biomasa microbiana, identificación de géneros fúngicos y cálculo de las frecuencias absolutas y relativas.* De cada muestra se realizó el recuento de bacterias, hongos y actinomicetos en unidades formadoras de colonia, por gramo de suelo (UFC/g de suelo), usando la técnica de diluciones seriadas y vaciado en placa de Petri. Los géneros se identificaron mediante observación macro y microscópica, así como con claves taxonómicas sugeridas por Hollyday (1980). Adicionalmente, se registró la frecuencia de observación absoluta y relativa de cada género sobre el número de muestras colectadas por municipio. La frecuencia absoluta corresponde al número de observaciones del género sobre el total de las muestras, y la frecuencia relativa expresa el porcentaje que corresponde a la identificación de un género con respecto al 100% de muestras colectadas.

c) *Análisis fisicoquímico de suelos.* Las muestras se enviaron al laboratorio de suelos de CORPOICA Tibaitatá. Se definió la concentración de cationes de cambio (acetato de amonio 1M, pH 7.0); fósforo disponible (Bray II); azufre disponible (fosfato monocálcico); pH (método del potenciómetro relación suelo-agua 1:2,5); acidez intercambiable (Al + H, KCl 1N) y contenido de materia orgánica (Walkley-Black modificado), de acuerdo con los métodos descritos en el manual de suelos del ICA (1989). También, se estimó la textura (método del hidrómetro); densidad aparente (método del anillo de volumen conocido); porosidad (a través de las densidades real y aparente).

4) *Diseño estadístico*

Para determinar la relación entre síntomas observados y presencia de fitopatógenos en muestras de raíces de aguacate, se aplicó una prueba Fisher (5%); para el estudio de prevalencia de géneros fúngicos por municipio, se utilizó análisis de estadística descriptiva.

Los análisis de componentes principales categóricos se usaron para evaluar las variables fisicoquímicas, microbiológicas del suelo y prácticas de manejo agronómico, que

explicaran la productividad de los predios bajo estudio. La selección de veredas con ventajas comparativas para la inversión estatal —en nuevas áreas de aguacate— se realizó identificando la coherencia entre los indicadores de productividad (número de frutos por árbol) y las variables de mayor influencia sobre la varianza del sistema productivo de las fincas evaluadas, arrojado por el análisis de componentes principales.

Posteriormente, se utilizaron las nuevas variables, para la conformación de grupos de fincas, mediante Análisis de Conglomerados-No Jerárquico. La agrupación de las fincas por conglomerados, en ambos municipios, estuvo dada por las características o indicadores principales con resultados comunes; no implica condiciones de superioridad de algún grupo con relación a otro en orden descendente o ascendente, respecto al potencial productivo del cultivo de aguacate en la zona. Se utilizó este análisis para medir la heterogeneidad del sistema productivo del aguacate en cada vereda. Para facilitar la visualización de las fincas, en el gráfico de dispersión, se numeraron para cada localidad las fincas con dígitos simples; aunque se conservó en este documento la codificación original del proyecto. En Curumaní: 1-5 para la vereda Paraíso Porvenir; 6 Los Naranjos; 7-9 Caño Largo; 10-15 Los Laureles y 16-23 Las Nubes. En La Paz Robles: 1-8 para la vereda Los Deseos y 9-14 para la vereda Hondo Ricito Abajo (cuadro 3).

Resultados

Detección de fitopatógenos en raíz

Se identificaron dos géneros de hongos fitopatógenos. Se observó mayor prevalencia de *Phytophthora* en plantas sintomáticas en Curumaní (89%) y de *Fusarium* en todas las muestras de La Paz Robles (100%). Sin embargo, la prueba de Fisher (5%) no mostró relación significativa ($P > 0.05$) entre la presencia de los patógenos en las raíces y los síntomas de los árboles analizados en cada municipio (cuadro 1).

Cuadro 1
Relación de los síntomas observados y la presencia
de fitopatógenos en raíces de aguacate.

Municipio	Presencia (%) <i>Phytophthora</i>		Presencia (%) <i>Fusarium sp</i>	
	Sintomático	Asintomático	Sintomático	Asintomático
Curumaní	0.89	0.67	0.11	0.38
La Paz Robles	0.20	0.00	0.80	1.00
Probabilidad	0.43		0.33	

Identificación de géneros fúngicos

Se identificaron 10 géneros en los suelos aguacateros de los municipios bajo estudio. Los géneros con mayor frecuencia relativa fueron: *Phytophthora* (100%), en Curumaní; *Fusarium* (90%) en La Paz Robles, y *Aspergillus* (100%) presente en ambos municipios. Con menor frecuencia se identificó: *Monilia* (13%); *Gibberella* en La Paz Robles (7%) y *Rhizopus* (4.20%), en Curumaní. Los microorganismos benéficos *Pae-cilomyces* (21-60%) y *Trichoderma* (90-86%), presentaron una frecuencia baja con relación a los patógenos, con mayor diferencia observable en el municipio de La Paz Robles (cuadro 2).

Cuadro 2
Frecuencia relativa de géneros de hongos de rizósfera en aguacatero, identificados en dos municipios del Cesar, Colombia.

Géneros de hongos	Frecuencia Absoluta		Frecuencia Relativa	
	Curumaní	La Paz Robles	% Curumaní	% La Paz Robles
<i>Phytophthora</i>	23	11	100	80
<i>Aspergillus</i>	23	14	100	100
<i>Trichoderma</i>	21	12	90	86
<i>Fusarium</i>	16	13	70	90
<i>Penicillium</i>	15	7	65	50
<i>Paecilomyces</i>	14	3	60	21
<i>Mucor</i>	5	1	22	7
<i>Rhizopus</i>	1	0	4,2	0
<i>Monilia</i>	3	0	13	0
<i>Gibberella</i>	0	1	0	7
<i>Total</i>	23	14	100	100

Caracterización del sistema productivo, análisis fisicoquímico y recuento microbiano

Se tomaron muestras de suelo rizosférico y tejido radical de aguacate en fincas ubicadas entre los 62 y 1,163 msnm, con temperatura mínima de 13 y máxima de 30.5°C. El cultivo de aguacate en la zona de estudio, se encuentra asociado principalmente a cultivos semestrales o anuales, pues sólo 41 en La Paz Robles y 38% en Curumaní, están acompañados de cultivos perennes. Los cultivos acompañantes del aguacate en el municipio de Curumaní, en orden descendente de frecuencia, corresponden a plátano (*Musa paradisiaca*), café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao*), yuca (*Manihot esculenta*), maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), pasturas (*Panicum maximum*), papaya (*Carica papaya*), melón (*Curcumis melo sp*) y ñame (*Dioscorea spp*) con 30, 20, 15, 10, 8, 5, 4, 3, 3 y 2%, respectivamente; sólo el 1% de las fincas muestreadas presentó aguacate en monocultivo.

En el municipio de La Paz, los cultivos acompañantes del aguacate en las fincas muestreadas fueron —en orden descendente— café, cacao y yuca, con igual porcentaje; al igual que el plátano y maíz; frijol, malanga (*Xanthosoma violaceum*) y cilantro (Co-

riandrum sativum L.); maracuyá (*Passiflora edulis*); guanábana (*Annona muricata* L.), y tomate (*Lycopersicon esculentum* L.), con 20, 10, 5, 3 y 1%, respectivamente. A diferencia del municipio de La Paz Robles, en Curumaní no se observaron monocultivos de aguacate, pero en el 1% de las fincas muestreadas se presentó mortalidad del 100% en árboles de aguacate, debido a pudriciones de raíz.

Los parámetros fisicoquímicos evaluados indicaron suelos con textura generalmente franco-arenosa a arcillosa, pH de 5.0 a 7.5 y porcentaje de materia orgánica entre 1 y 4.1% (cuadro 3). En ambos municipios, el rendimiento osciló entre 0 y 300 frutos/árbol, con un promedio de 88.8 en Curumaní y 109.3 en La Paz Robles. Los niveles de bacterias oscilaron entre 3×10^4 - 5.5×10^6 ; hongos de 10^2 a 9.0×10^4 y actinomicetos de 8×10^2 - 8.5×10^5 UFC/g. La identificación de géneros fúngicos fue de dos a ocho por finca, con cuatro géneros en promedio.

Cuadro 3
Indicadores físico-químicos y microbiológicos de suelos aguacateros de los dos municipios evaluados en el Cesar.

	Localidad					
	Curumaní			La Paz Robles		
	Rango	Promedio	DS	Rango	Promedio	DS
Altura	62-1145	371.50	317.20	605-1163	900.90	197.40
Temperatura	13.00-30.50	21.80	6.00	12.50-22.00	17.10	3.10
pH	5.00-6.40	5.70	0.40	5.80-7.50	6.70	0.60
M.O.	1.00-4.10	2.10	0.80	1.20-4.10	2.70	0.90
Arena (%)	31.60-71.60	48.60	12.00	25.60-69.20	46.10	15.70
Arcilla (%)	2.80-34.40	23.20	8.80	10.80-32.80	19.70	6.60
Limo (%)	12.00-40.00	28.20	6.60	16.00-44.00	34.80	12.20
Frutos/árbol (No.)	0.00-300.00	88.80	97.10	0.00-200.00	109.30	70.40
Bacterias (UFCx10 ³)	3.00-100.00	30.60	28.70	13.00-550.00	81.10	137.30
Hongos (UFCx10 ³)	0.10-90.00	16.30	24.90	1.60-80.00	10.90	21.00
Actinomicetos (UFCx10 ³)	0.80-140.00	21.70	31.10	5.30-850.00	89.50	221.90
Diversidad+	2.00-8.00	4.00	1.60	3.00-6.00	4.00	1.00

*Rendimiento anual expresado en frutos/árbol. En el Cesar, la comercialización del aguacate se realiza a través de intermediarios, quienes compran el producto directamente en las fincas y por unidad. Adicionalmente, la gran mayoría de las fincas no estaban en época de cosecha, por lo cual no fue posible el cálculo del peso promedio en kg por vereda o finca.
+Número de géneros fúngicos identificados por finca.

En el municipio de La Paz Robles se observó mayor número de aplicaciones de fertilizantes, herbicidas e insecticidas químicos que en Curumaní. Los herbicidas son los agroquímicos con mayor frecuencia de aplicación en ambos municipios. Los más utilizados corresponden a Glifosato y 2,4 D. Con respecto a la fertilización, 64.30% de los productores la practican en La Paz Robles, mientras que en Curumaní es sólo el 26.10%.

Cuadro 4

Agroquímicos sintéticos más utilizados en el manejo de aguacate en policultivo de municipios Curumaní y La Paz Robles.

	Fertilización		Herbicidas		Insecticidas	
	%	Productos utilizados	%	Productos utilizados	%	Productos utilizados
Curumaní	26.10	Enmienda de suelo con Ca y Mg, NPK, Urea	47.80	Glifosato, 2,4 D Picloram, Aminopyralid	4.30	Clorpirifos
La Paz Robles	64.30	Urea, NPK, Sulfato de amonio	85.70	Glifosato, 2,4 D,	71.40	Cipermetrina, Clorpirifos Methamidophos

Análisis de componentes principales categóricos

Las tres primeras dimensiones del diagrama de dispersión espacial arrojado por el análisis de componentes principales, explicaron el 70.30% de la varianza de los indicadores evaluados en el municipio de Curumaní. Las variables de mayor contribución al 32.70% de la varianza, expresada por el primer componente principal, fueron: el porcentaje de arcilla, con un valor negativo; y el resto de las variables con valores positivos UFC de bacterias, temperatura, porcentaje de arena y pH. En el componente dos, que explica el 24% de la varianza, las variables de mayor contribución son UFC de hongos y porcentaje de arena. En el tercer componente (13.70%) influye el número de géneros fúngicos (cuadro 5).

El diagrama de dispersión espacial de Curumaní refleja heterogeneidad en las características agroecológicas y productivas evaluadas, al igual que en los indicadores con mayor contribución a la variación en rendimiento entre veredas. Este es el caso de los predios 23 y 18 de la vereda Las nubes, ubicados en los cuadrantes III y I, respectivamente; 1 y 5, pertenecientes a la vereda 1, Paraíso en los cuadrantes I y II, respectivamente. En sentido inverso a lo observado en las demás veredas —en las cuales los predios adscritos

presentaron mayor similitud entre sí— en las características agroecológicas y del sistema productivo; por lo tanto, se concentraron más cercanamente en el diagrama (como es el caso de la vereda Los laureles), con todos sus predios concentrados en el cuadrante III.

La vereda 1, presentó mayor relación positiva entre rendimiento en frutos/árbol, porcentaje de arcilla, porcentaje limo, y UFC de hongos; la vereda 2 (Los naranjos), se agrupó en el centro del diagrama, debido a los valores positivos obtenidos en todos los indicadores evaluados, además de la asociación altamente significativa entre rendimiento y el indicador UFC de hongos. De igual forma, aunque en menor proporción la vereda 3 (Caño largo), presentó alta correlación entre los dos factores descritos; a diferencia de la vereda 4 (Los laureles), que presenta correlación significativa entre rendimiento, porcentaje de arcilla, limo y materia orgánica; de modo contrario, la vereda 5 (Las nubes), presentó relación estrecha entre rendimiento, pH, UFC de bacterias, actinomicetos y número de géneros identificados por finca. En general, de acuerdo con el análisis, los indicadores más relacionados entre sí para la localidad, fueron UFC de bacterias y actinomicetos, los que presentaron mayor relación negativa fueron altura sobre el nivel del mar y UFC de hongos (figura 1).

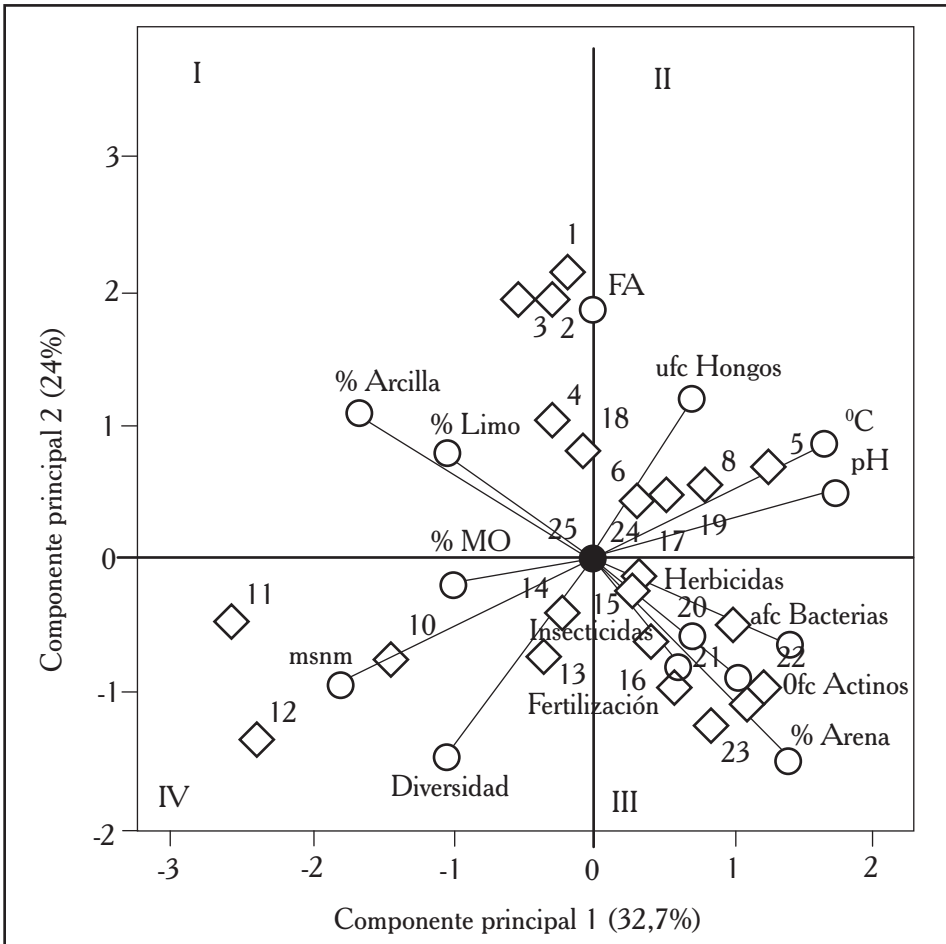
Cuadro 5

Variables con mayor asociación que conforman los componentes principales y explican el comportamiento de los predios bajo estudio en Curumaní.

Componente	Variable	Valor de la contribución	% Variación
I	% de arcilla	-0.822	32.70
	UFC de bacterias	0.755	
	Temperatura	0.737	
	% de arena	0.734	
	pH	0.678	
II	UFC de hongos	0.768	22.70
	% de arena	0.451	
III	No. de géneros fúngicos	0.835	14.90

Figura 1

Diagrama bi espacial de dispersiones de variables fisicoquímicas, biológicas y de rendimiento de cultivo de aguacate en fincas de Curumani.



NOTA: 1-5 para la vereda Paraíso porvenir, 6 Los Naranjos, 7-9 Caño Largo, 10-15 Los Laureles y 16-23 Las nubes. FA: Frutos por árbol, msnm: metros sobre el nivel del mar, % MO: porcentaje de materia orgánica.

En La Paz Robles, el 70% de la varianza fue explicado por dos componentes. En el primero (44.30%), la mayor contribución la tuvieron las variables porcentaje de limo, materia orgánica y número de géneros fúngicos. En tanto que, la contribución a la explicación de la varianza del segundo componente (25.70%), fue mayor para las variables UFC de hongos y actinomicetos (cuadro 6).

Los indicadores con mayor correlación positiva al primer componente fueron frutos/árbol, porcentaje de limo y UFC de grupos microbianos (bacterias, hongos y actinomicetos).

tos) y las variables que se relacionaron negativamente con rendimiento, fueron porcentaje de arcilla y aplicación de herbicidas. Las fincas más relacionadas con el primer grupo de variables fueron 12, 13 y 14, de la vereda Hondo Ricito Abajo. De modo contrario, en la vereda Los deseos, las fincas 1, 2 y 4, del cuadrante II, se relacionaron con el segundo grupo de variables y, por lo tanto, exhibieron baja o nula relación con las variables asociadas positivamente al rendimiento. Mientras que las fincas restantes de ambas veredas, guardaron relación moderada con los indicadores ligados al rendimiento.

En general, se observó gran heterogeneidad en la distribución de los predios de una misma vereda en los cuadrantes; este es el caso de las fincas 9 y 10 de la vereda Los deseos, ubicados, respectivamente, en los cuadrantes I —con relación positiva con rendimiento— y IV, con indicadores de contribución negativa al segundo componente principal. De igual forma, la vereda Hondo Ricito Abajo, distribuyó predios en este último cuadrante, también en el I, con asociación positiva a rendimiento y III, de contribución negativa al primer componente; mientras que Los deseos, ubicó sus predios en los cuadrantes II y III (figura 2).

En ambos municipios, el porcentaje de materia orgánica mostró una relación positiva con el número de géneros de hongos identificados; y negativa, con el rendimiento medido en frutos por árbol.

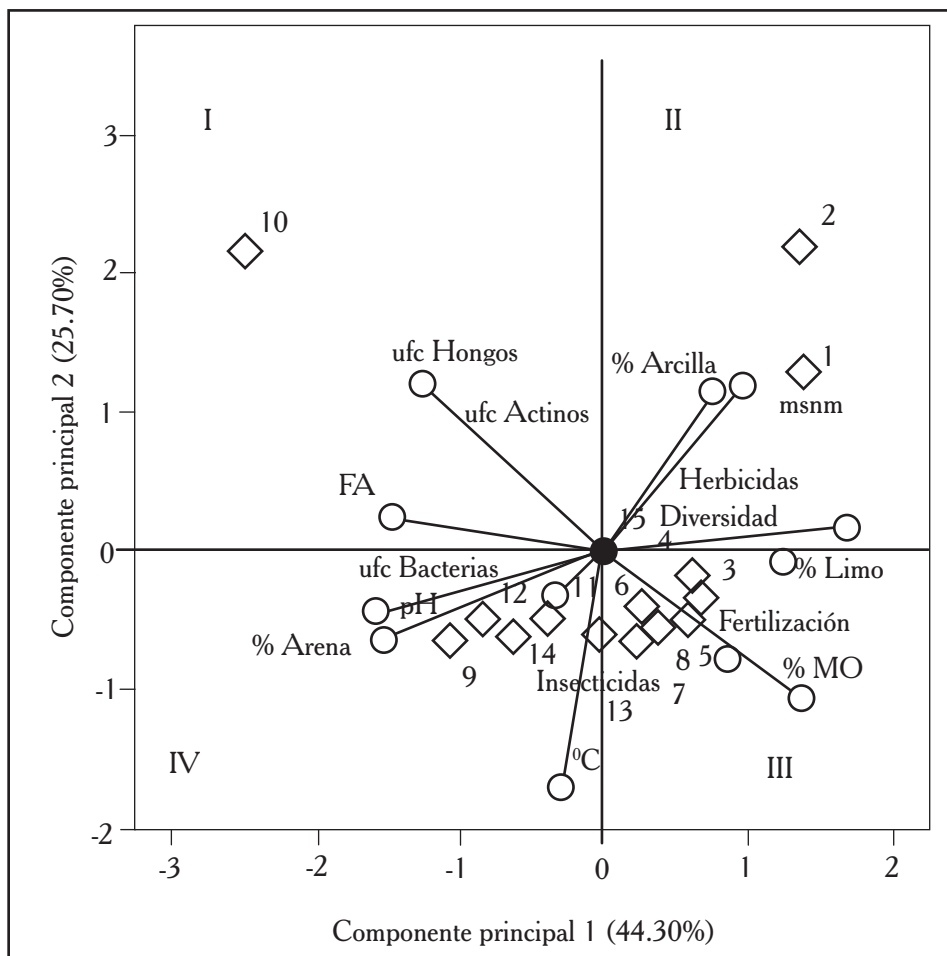
Cuadro 6

Variables con mayor asociación que conforman los componentes principales y explican el comportamiento de los predios bajo estudio, en La Paz Robles.

<i>Componente</i>	<i>Variable</i>	<i>Valor de la contribución</i>	<i>% Variación</i>
I	pH	0.833	
	% de limo	0.755	44.30
	Materia orgánica	0.737	
	No. de géneros fúngicos	0.734	
II	UFC de hongos	0.649	25.70
	UFC de actinomicetos	0.636	

Figura 2

Diagrama bi espacial de dispersiones de variables fisicoquímicas, biológicas y de rendimiento de cultivo de aguacate en fincas de La Paz Robles, Cesar.



NOTA: 1-8 para la vereda Los deseos y 9-14 para la vereda Hondo Ricito Abajo. FA: Frutos por Árbol, msnm: metros sobre el nivel del mar, % MO: porcentaje de materia orgánica.

Análisis de conglomerados

Mediante el análisis de conglomerados se conformaron cinco grupos de fincas de Curumani, por asociación de variables seleccionadas del análisis de componentes principales con relación al rendimiento, cuya variación está influenciada, principalmente, por UFC de hongos. Pertenecen al grupo 1, el mayor número de fincas de la vereda Las nubes, con rendimiento promedio de 100 frutos por árbol, niveles de bacterias aceptables y pH 6.1. El

grupo 2, está conformado por fincas de las veredas Caño largo y Los laureles, con valor nulo de frutos por árbol.

El grupo 3 es altamente heterogéneo, pues está conformado por fincas de las veredas Paraíso porvenir, Los naranjos, Los laureles y Las nubes, con rendimiento entre 53 y 200 frutos/árbol. Los grupos 4 y 5, conformados por tres fincas de la vereda Paraíso porvenir, por predios con rangos de rendimiento desde 250 a 300 frutos por árbol, niveles moderados de UFC de microorganismos, porcentaje de materia orgánica y pH de 2.6 y 5.7, en promedio, respectivamente (cuadro 7). De acuerdo con lo anterior, la competitividad más baja en Curumaní se observó en las veredas Caño largo, Los laureles y Las nubes.

Cuadro 7
Grupos de fincas de Curumaní conformados mediante el análisis de conglomerados a partir de los tres componentes principales, con sus variables correspondientes.

<i>Grupo</i>	<i>Código</i>	<i>Rdto.</i>	<i>T(°C)</i>	<i>pH</i>	<i>% Arena</i>	<i>% Arcilla</i>	<i>Bacterias (UFC x10⁴)</i>	<i>Hongos (UFC x10³)</i>	<i>Diver.</i>
1	151	45	30.0	6.30	45.60	24.40	37.00	0.38	4
1	156	38	27.5	5.80	63.60	24.40	56.00	2.40	5
1	157	60	27.5	5.80	69.60	2.80	93.00	0.10	2
1	158	40	27.5	6.30	53.80	20.80	110.00	1.80	5
2	131	0	22.0	5.40	67.60	12.40	3.50	47	4
2	132	0	20.0	5.40	39.60	20.40	30.00	75	2
2	133	0	24.0	5.30	71.60	12.40	29.00	32	7
2	142	0	13.5	5.00	36.40	32	3.00	0.24	5
2	143	0	13.5	5.00	38.40	34	15.00	0.50	8
2	144	0	13.5	6.00	50.40	10	8.10	1.60	5
2	146	0	17.0	6.10	50.40	24	11.00	0.35	4
3	112	200	18.0	5.30	31.60	34.40	6.90	30	3
3	113	200	20.0	5.20	33.60	34.40	14.00	26	3
3	121	100	18.5	5.60	45.60	28.40	27.00	25	3
3	141	100	13.0	6.10	46.40	26	5.20	0.50	6
3	145	67	16.0	6.00	46.40	28	43.00	0.30	4
3	152	53	30.0	6.10	45.60	24.40	27.00	0.60	3
3	153	102	30.5	6.40	37.60	26.40	29.00	1.30	3
3	154	127	27.5	6.10	45.60	22.40	38.00	1.70	2
3	155	60	29.5	5.60	55.60	16.40	30.00	7	5
4	111	250	18.0	5.10	33.60	36.40	6.90	22	3
4	114	300	22.0	5.90	43.60	26.40	7.30	8.70	4
5	115	300	22.0	5.70	65.60	12.40	73.00	90	3

NOTA: El segundo dígito del código hace referencia a la vereda; predios que comparten el mismo segundo dígito corresponden a la misma vereda. Rdto.=Rendimiento, T=Temperatura, Diver.=Diversidad.

En el municipio de La Paz Robles, se crearon cinco grupos mediante análisis de conglomerados (cuadro 8), de los cuales la mayoría de fincas de la vereda Los deseos se ubicaron en el grupo 1, caracterizado por un rendimiento de 100 frutos por árbol. La

variable más relacionada con el rendimiento fue el porcentaje de limo, con un valor de r^2 negativo ($r^2 = -0.87$). La vereda Hondo Ricito Abajo, presentó una gran heterogeneidad en la competitividad del frutal, pues a partir de sus predios se generaron los grupos 2 y 3, con rendimiento de 200 frutos/árbol y que difieren en porcentaje de materia orgánica, UFC de hongos y actinomicetos. El grupo 4, en predios de la misma vereda, presentaron una menor productividad de frutos y mayor diversidad de géneros identificados. El grupo 5 está conformado por predios de la vereda Paraíso porvenir, sin producción de frutos de aguacate en el año 2010, pero con datos de las variables evaluadas similares a las fincas de la zona.

Cuadro 8
Grupos de fincas de La Paz Robles conformados mediante el análisis de conglomerados a partir de los tres componentes principales, con sus variables correspondientes.

Grupo	Código	Rdto.	pH	M.O.	% Limo	Hongos UFC x10 ³	Actinomicetos UFCx10 ⁴	Diver.
1	211	100	5.80	2.70	59.60	3.10	1.70	4
1	212	100	5.80	2.80	41.60	5.70	6	6
1	213	100	6.20	2.20	42.20	2.10	1.20	4
1	214	100	5.90	2.80	43.60	2	2.10	3
1	218	100	6.60	2.80	44	2.60	3	5
2	221	200	7.50	4.10	16	1.60	15	3
2	226	200	6.70	1.60	32	4.10	1.70	3
3	222	200	7.50	1.20	18	80	85	3
4	223	140	7.40	2.10	26	15	2	6
4	224	140	7.30	2	22	25	2.10	3
4	225	150	6.70	4	26	3.40	1.20	4
5	215	0	6.50	3.60	42	2	2	4
5	216	0	6.80	2.50	40	1.80	5.30	4
5	217	0	6.80	3.70	34	3.50	1.70	4

NOTA: El segundo dígito del código hace referencia a la vereda; predios que comparten el mismo segundo dígito corresponden a la misma vereda. Rdto. =Rendimiento, Diver. =Diversidad.

Discusión

Detección de fitopatógenos en raíz

La asociación baja entre presencia de patógeno y enfermedad en aguacate difiere con los resultados obtenidos por Martich *et al.* (2005), donde la prueba de Fisher mostró la relación significativa entre las variables evaluadas en 66 muestras de raíces. De igual forma, Serrano *et al.* (2009), encontraron diferencias significativas en el porcentaje de emergencia de plantas de *Lupinus luteus* en sustrato infectado y libre de *Phytophthora cinnamomi*.

Por otro lado, los resultados de la prueba de Fisher ($P > 0,05$) podrían estar condicionados por el tamaño de la muestra que requiere mayor diferencia entre valores de una misma variable. No obstante, la infección de *Phytophthora* y *Fusarium* en raíces, indica una asociación de patógenos respecto a la enfermedad (Castañeda, 2009; Martich *et al.*, 2005). Sin embargo, el desarrollo de sintomatología en raíces infectadas, está sujeto a la interacción hospedero patógeno (Sánchez, 2007), pues la presencia de los antagonistas *Paecilomyces* y *Trichoderma* tanto en muestras de suelo rizosférico de árboles de aguacate enfermos y escapes, sugiere la presencia de árboles tolerantes.

Sin embargo, no puede desconocerse que además del componente genético que le confiere tolerancia o susceptibilidad a los árboles, el desarrollo de la sintomatología está condicionada al efecto del componente ambiental (condiciones agroecológicas y presencia-ausencia de rizósfera supresiva) y al producto de la interacción genotipo-ambiente (Flores *et al.*, 2007; McDonald *et al.*, 2007). En este caso, la presencia de rizo supresión, no necesariamente implica la ausencia de infección, puede ocasionar tasas bajas de colonización o presión de inóculo y, por lo tanto, el porcentaje de raíces degradadas por el patógeno, se mantiene en un nivel en el cual no ocasiona sintomatología en el brote o limitaciones a la productividad (Janvier *et al.*, 2006).

De igual forma, se han identificado suelos con características supresivas, evidenciadas por su capacidad de degradación de hifas de *Phytophthora cinnamomi*, aun en altas presiones de inóculo, manteniendo árboles saludables. Las causas de la manifestación de un suelo supresivo pueden ser diversas, al igual que su capacidad de mantener estos atributos en condiciones ambientales distintas a su sitio de origen. Se han identificado como variables asociadas con suelos supresivos actividades elevadas de celulasa, laminarinaasa, población microbiana en general y factores físicos del mismo, como buena conductividad hidráulica, la cual indirectamente favorece la actividad de microorganismos antagonistas del patógeno (McDonald *et al.*, 2007).

Por consiguiente, debido a la complejidad del proceso que desencadena la visualización de síntomas en el brote de aguacate, la prueba de Fisher se hace insuficiente por sí misma para explicar la relación entre los síntomas observados y la presencia de fitopatógenos en raíces, lo cual indica la necesidad de análisis complementarios como los de tolerancia-resistencia con yemas de los árboles catalogados como escape, y ensayos de invernadero que recreen las condiciones de rizósfera supresiva en plántulas con sustratos infectados, para mejorar la comprensión del proceso (Bolaños y Sáenz, 2009).

Identificación de géneros fúngicos

La diversidad de géneros identificados coinciden con lo obtenido por Flores *et al.* (2007), con siete géneros presentes en la rizósfera de árboles de aguacate, con mayor prevalencia de *Phytophthora*, *Aspergillus* y *Trichoderma*. En otros cultivos como plátano se ha identificado igual número de géneros con mayor UFC de *Penicillium* (Pineda *et al.*, 2009). En el cultivo de frijol, se han identificado seis géneros fúngicos con mayor prevalencia de *Aspergillus* (Arenas *et al.*, 2005). En el grupo de géneros identificados, la alta presión de inóculo de patógenos y promedio por finca es significativamente bajo con relación al número identificado en otros cultivos (Flores *et al.*, 2007); podría asociarse con niveles bajos de materia orgánica, pH, aplicación de herbicidas de alta toxicidad en el cultivo y fertilización nula o incompleta (Bulluck *et al.*, 2002).

Los factores de fertilidad de suelo y las prácticas agrícolas descritas afectan, además, la variedad y densidad de microorganismos como *Paecilomyces* y *Trichoderma*, que ejercen actividad supresiva frente a patógenos (Aryantha *et al.*, 2000). La prevalencia de los géneros *Phytophthora* y *Fusarium*, está determinada por la asociación al cultivo de aguacate y su capacidad infectiva en el mismo, dadas las condiciones favorables mencionadas anteriormente; mientras que la alta frecuencia de *Aspergillus* se asocia con la capacidad como saprofito y amplio metabolismo de predominar en diferentes condiciones ambientales, ubicándose como un microorganismo poco exigente. Los patógenos *Monilia* y *Gibberella* —identificados también en el presente estudio— con menor frecuencia en la rizósfera, están influenciados por la siembra en policultivo con cacao afectado por estos microorganismos. Debido al riego u otras prácticas culturales, se contamina la rizósfera de aguacate, sin descartar la infección de éstos en tejido enfermo, en una sucesión de patógenos (Rodríguez, 2001).

Análisis fisicoquímico y recuento microbiano

El rango de géneros fúngicos (dos a ocho) reportados por finca, con sistema productivo de aguacate en policultivo, es inferior a lo observado en rizósfera de café, banano y papa (Pérez *et al.*, 2005; Acuña *et al.*, 2006; Sivila y Herve, 2006). En este trabajo, no se observaron diferencias en la diversidad y densidad de géneros, asociado con el cultivo acompañante del aguacate; las diferencias estuvieron asociadas con las características fisicoquímicas del suelo y condiciones ambientales.

De modo similar, estudios realizados para determinar el efecto del cultivo asociado de maíz y maní sobre la comunidad microbiana y los nutrientes del suelo, no evidenciaron diferencias en la cantidad de hongos y actinomicetos, sólo en la población de bacterias. No obstante, la asociación de cultivos mejoró tanto el nivel de fósforo disponible como el contenido de materia orgánica y el desarrollo vegetal (Zhang *et al.*, 2009).

Sin embargo, debe considerarse en aguacate, la realización de trabajos con metodologías finas para establecer la relación estructura-función en la comunidad microbiana, como los perfiles de fosfolípidos en los ácidos grasos (PLFA) y patrones de sustrato (BIOLOG ECO plates). Estas metodologías, permitieron la identificación de dife-

rencias en la estructura poblacional de seis sistemas de cultivos, cambios en la contribución de los hongos al PLFA total y relación C/N en la biomasa microbiana, inversos a la agricultura intensiva (Zhang *et al.*, 2005).

Con respecto a la caracterización agroecológica, dada la mayor inclusión de veredas productoras del frutal, se registró un amplio rango de alturas, cuyo valor mínimo es inferior al muestreado por Rodríguez *et al.* (2009), quienes evaluaron cultivos entre 236 y 1,241 msnm en la región bajo estudio. Sin embargo, coincide con lo reportado por la literatura sobre las alturas apropiadas para el desarrollo del cultivo (0-2,200 msnm) (Ríos-Tafur, 2003). Además, estos suelos registran un pH de moderadamente ácido a ligeramente alcalino y niveles muy bajos de materia orgánica, lo cual explicaría —entre otros factores— el rendimiento en frutos por árbol inferior a 151, que corresponde a la media nacional (NTC 5209), dado que el cultivo de aguacate requiere pH de 6 a 7 y porcentaje de materia orgánica mínimo de 3% (cuadros 7 y 8) para la producción óptima de frutos (Anacafé, 2004).

Las características del suelo anteriormente descritas, influyeron sobre los resultados obtenidos con respecto a niveles de bacterias y actinomicetos en UFC/g de suelo, inferiores al rango expresado en estudios similares (bacterias 10^6 - 10^8 ; actinomicetos 10^4 - 10^6 UFC); en tanto que los hongos se ubican dentro de los valores reportados de 10^2 a 10^4 (Pérez *et al.*, 2005; Sivila-Angulo, 2006). Las características identificadas, han sido relacionadas como condiciones favorables para el ataque de *Phytophthora* (Anacafé, 2004), dado que la materia orgánica contribuye a la formación de poros que permeabilizan la cantidad de agua del suelo, evitando encharcamiento; y con ello, se mantiene el oxígeno necesario para el desarrollo de los microorganismos presentes en dicho hábitat, de forma equilibrada, para acción antagonica contra fitopatógenos.

A su vez, el agua libre disponible, la humedad y el pH ácido, estimulan la formación de unidades infectivas o zoosporas de *Phytophthora* que germinan fácilmente sobre raíces debilitadas por anoxia mediada, por el exceso de agua en la rizósfera (Gardizabal *et al.*, 2007).

Además de las características del suelo, en general, el manejo aplicado al cultivo en la zona de estudio, propicia la eficiencia infectiva del patógeno. Los resultados de las encuestas a los productores, indican ausencia de fertilización a los cultivos, quemas y uso acentuado de agroquímicos (como Glifosato y 2,4 D), productos tóxicos de uso frecuente en frutales con efectos desfavorables para el cultivo, el suelo y el medio ambiente en general. Asimismo, favorecen el ataque de fitopatógenos por debilitamiento de las raíces (Kremer y Donald, 2003; Nasser *et al.*, 2005).

De modo contrario, se ha reportado que la incorporación de abono verde con arado para el control de las enfermedades del suelo en tomate, ocasionó cambios en la cantidad de especies microbianas con respecto al monocultivo. Se observó una disminución significativa en la incidencia de la marchitez bacteriana y el incremento significativo de la cantidad de hongos y actinomicetos en la capa arable (Dong *et al.*, 2010).

El manejo inapropiado de agroquímicos, las quemas, aunados a la ausencia de fertilización química y/o orgánica, pueden limitar progresivamente la calidad productiva del

suelo. En este orden de ideas, se ha estudiado el efecto a largo plazo de la adición de fertilizantes químicos en combinación con residuos de cosecha y de la explotación animal, sobre la calidad del suelo, en términos de la cuantificación del impacto sobre la actividad microbiana. La combinación de fertilización química con fuentes adicionales de materia orgánica incrementaron la biomasa microbiana, actividad ureasa, materia orgánica del suelo, nitrógeno y fósforo total (Li *et al.*, 2008). Mientras que el efecto de las quemadas se asoció con la disminución del fósforo disponible y el carbono del suelo, debido, principalmente, a la ruptura del carbono rico en macroagregados ($> 2000 \mu\text{m}$) (Fonte *et al.*, 2010).

Análisis de componentes principales categóricos y conglomerados

Los análisis multivariados se utilizan para el análisis de la eficiencia de los sistemas productivos agrícolas. Núñez *et al.* (2011), en café, seleccionaron los componentes principales con mayor influencia sobre la fertilidad del suelo y plantearon recomendaciones de manejo en torno a los parámetros fisicoquímicos más influyentes. Asimismo, Arcos (2011), mediante análisis de componentes principales y conglomerados, identificó las variables que influyeron sobre el cultivo del mamey de una localidad en Puebla, México y, diseñó recomendaciones generales para mejorar las condiciones del cultivo y específicas de manejo, para cada grupo de productores discriminado, mediante análisis de conglomerados.

Diferentes estudios revelan que las propiedades microbiológicas reflejan cambios en la calidad del suelo y pueden usarse como bioindicadores (Acuña *et al.*, 2006; Li *et al.*, 2008; Pérez, 2008). La priorización de variables generadas por el análisis de componentes principales categóricos coinciden con análisis multivariados de otros cultivos, como café y banano, donde se identificó el pH, población total de hongos y bacterias, como variables de mayor contribución en la explicación de la varianza de los cultivos en las localidades evaluadas (Rosales *et al.*, 2006; Núñez *et al.*, 2011).

En el presente estudio, los componentes principales que explican las condiciones del aguacate en policultivo en Curumaní, son los siguientes indicadores biológicos: densidad de bacterias, hongos y número de géneros fúngicos; lo cual está relacionado con su alta sensibilidad a cambios edáficos continuos durante diversos periodos de tiempo —como pH, materia orgánica y de manejo— como aplicación de agroquímicos, incendios, etcétera. Los efectos negativos sobre los indicadores biológicos sensibles, estarían relacionados con la disminución del rendimiento de aguacate en dicho municipio. Estos indicadores tienen influencia simultánea sobre las propiedades físicas del suelo, dada la importancia de la actividad microbiana en su construcción; esto, debido a la contribución en la formación de poros cuya incidencia sobre el drenaje permite el desarrollo de raíces libres de enfermedades fúngicas, por la disminución de la presión de penetración y el daño mecánico en las raíces (Sadeghian *et al.*, 2000).

De modo contrario, la contribución de la arcilla es negativo en este estudio, en virtud de que la compactación originada por suelos arcillosos disminuye la actividad microbiana por anoxia e incrementa la presión de penetración y el daño mecánico (Acuña *et al.*, 2006). Estas características son condiciones favorables para el desarrollo de enfermeda-

des radicales, con relación a la disponibilidad de agua libre para la germinación y transporte de zoosporas de *Phytophthora*; debido a la disminución del movimiento de agua en el suelo y a la baja actividad microbiana pueden funcionar como rizósfera supresiva.

En algunos estudios tendientes a establecer la relación entre la calidad del suelo y las propiedades microbiológicas, se han correlacionado positivamente algunas propiedades microbiológicas del suelo —como biomasa microbiana y actividad ureasa— con el contenido de minerales del suelo. De modo similar, el contenido de materia orgánica del suelo y el nitrógeno total, se han correlacionado positivamente con la biomasa microbiana; mientras que el pH del suelo se ha correlacionado negativamente con las propiedades microbiológicas del mismo (Li *et al.*, 2008).

En el caso del municipio de La Paz Robles, también se evidencia la importancia del efecto de la interacción entre materia orgánica y biomasa microbiana sobre la calidad del suelo. Los factores que explicaron la productividad del cultivo de aguacate se relacionaron con el porcentaje de limo, materia orgánica y UFC de actinomicetos y hongos. Es decir, que fueron los factores que más influyeron en la variación de los predios de la zona; ello, en virtud de la alta correlación existente entre disponibilidad de nutrientes, materia orgánica, actividad de microorganismos para metabolizarlos y la fertilidad del suelo. Los grupos microbianos del suelo aportan al desarrollo de las plantas formas moleculares solubles de fosfatos, fijación de nitrógeno y sustancias estimuladoras del crecimiento (Puente *et al.*, 2010).

La relación de los predios 12, 13 y 14 con el rendimiento y el pH —que oscila entre 6, 8 y 7— indica que ese componente es favorable para la producción del cultivo; entre otros aspectos, por la influencia negativa sobre el desarrollo del patógeno. Por otro lado, la relación negativa entre el porcentaje de limo y el rendimiento en frutos por árbol, se debe a la baja filtración de agua en este tipo de suelos, que genera encharcamiento; y por consiguiente, facilita la proliferación de enfermedades que ocasionan pudrición radical como *Phytophthora* —agente causal de la tristeza del aguacatero— cuya sintomatología se expresa con la disminución progresiva de la fructificación del cultivo.

En general, en los dos municipios evaluados, se observó relación positiva entre el recuento de microorganismos con el pH de suelo y diferencias, en la relación entre las otras variables evaluadas y la producción de frutos por árbol. Específicamente, en La Paz Robles, se observó relación negativa con el manejo debido a la aplicación de herbicidas y en Curumaní, por la fertilización escasa. Lo anterior, coincide con estudios realizados por Cerda (2008), cuyos resultados de interacción microbiana, pH y nutrientes, estuvo determinada por un manejo inadecuado del cultivo en relación a la aplicación de agroquímicos, entre otros factores, en los diferentes sistemas evaluados. Samaniego *et al.* (2001), identificaron alta correlación entre variables de manejo inadecuado del cultivo del nogal y la incidencia de enfermedades del mismo, y Martínez *et al.* (2008), señalaron que prácticas productivas convencionales generan cambios en la estructura del suelo, en el pH y en la disponibilidad de nutrientes, que disminuyen la porosidad, aumentando el encharcamiento, y la proliferación de microorganismos patógenos.

Los resultados del análisis de conglomerados arrojados en aguacate coinciden con estudios realizados en plantaciones de banano, cuyos grupos, en cuanto a fertilidad y calidad del suelo, estuvieron determinados por variables biológicas (Delgado *et al.*, 2010); en contraste, estudios de la influencia de variables fisicoquímicas, biológicas y de manejo, sobre la incidencia de enfermedades fúngicas del nogal, los conglomerados con mayor relación estuvieron determinados por la variable manejo del agua de riego en el cultivo (Samaniego *et al.*, 2001).

En mayor detalle, de acuerdo con el análisis de conglomerados, en el municipio de Curumaní se requieren ajustes al sistema productivo para alcanzar mayor competitividad en las veredas 3 y 4 (Caño largo y Los laureles) ubicadas en el grupo 2, ya que el rendimiento en frutos por árbol fue nulo y está determinado por niveles bajos de bacterias y hongos, influenciado por contenidos bajos de materia orgánica en el suelo, por lo que se debe aplicar una fertilización completa acompañada de microorganismos benéficos.

Con respecto a la agrupación de las fincas en el municipio de La Paz Robles, los resultados son consistentes con lo referido por Núñez *et al.* (2011); aplicaron componentes principales y generaron cinco grupos de producción, a partir del cual, propusieron recomendaciones de manejo en torno a los parámetros fisicoquímicos más influyentes. Sin embargo, se observan discrepancias con respecto a lo observado en Curumaní, especialmente en lo que respecta a una mayor diferenciación entre veredas.

Las fincas pertenecientes a la vereda 2 (Hondo Ricito Abajo), se encuentran clasificadas en los grupos 2, 3 y 4, los cuales se caracterizan por tener un buen rendimiento y variables de pH, porcentaje de MO y biológicos dentro de lo normal o con relación positiva; en tanto que la vereda 1 se ubica en los grupos 1 y 5. El primero se caracteriza por rendimiento bajo, y se requieren prácticas tendientes a mejorar el pH y contenido de microorganismos, lo cual indica el requerimiento de enmiendas y aplicación de bioabonos que estimulen el desarrollo de microorganismos y la modificación del nicho para *Phytophthora*, para la producción óptima del cultivo; y el grupo cinco, con rendimiento nulo, asociado a suelos compactos (alto porcentaje de limo) y población de microorganismos baja.

En general, se observó mayor heterogeneidad en las variables del sistema productivo de las fincas pertenecientes a cada vereda en el municipio de Curumaní, con respecto al municipio de La Paz Robles, lo cual se puede evidenciar en la formación de conglomerados; esto, porque en algunas agrupaciones de Curumaní se vincularon fincas de diferentes veredas; mientras que en La Paz Robles, la diversidad se mostró entre veredas al asociarse en cada grupo únicamente fincas de la misma zona geográfica.

Conclusiones

Se confirmó la infección por *Phytophthora* spp en 66.60% de tejidos asintomáticos y 83% sintomático en Curumaní. En La Paz Robles, se identificó *Phytophthora* en 20% del tejido enfermo; mientras que el 80% estaba infectado por *Fusarium* sp, presente aún en todas las raíces de árboles asintomáticos. Sin embargo, debido a la complejidad de la expresión de la enfermedad, la prueba de Fisher no logró evidenciar asociación entre la infección de las raíces y la detección visual de la sintomatología, lo cual también podría

estar asociado a un tamaño bajo de muestra, presencia de rizósfera supresiva o árboles tolerantes a las pudriciones radicales.

En las raíces del aguacatero se identificó la asociación entre los patógenos *Phytophthora* y *Fusarium*, con porcentajes variables entre los municipios. Se observó alta presión de inóculo de patógenos y promedio de géneros por finca, significativamente bajo con relación al número identificado en otros cultivos. Aunque la densidad poblacional de hongos corresponde a lo registrado en condiciones agroecológicas similares, las bacterias y actinomicetos estuvieron levemente disminuidos. De acuerdo con lo anterior, la baja diversidad y densidad microbiana registrada podría asociarse con niveles bajos de materia orgánica, pH, aplicación de herbicidas de alta toxicidad en el cultivo y fertilización nula o incompleta que, en conjunto, influyeron negativamente sobre el rendimiento de frutos y favorecieron la prevalencia de patógenos.

El recuento de biomasa microbiana e identificación de géneros fúngicos no logró establecer diferencias microbiológicas entre las fincas con diferentes cultivos asociados, lo cual implica la necesidad de desarrollar metodologías más finas para elucidar la relación estructura-función en la comunidad microbiana en cada arreglo de cultivos identificado en la zona.

En Curumaní, las variables de mayor contribución al 32.70% de la varianza explicada por el primer componente principal fueron porcentaje de arcilla, UFC de bacterias, temperatura, porcentaje de arena y pH; mientras que en La Paz Robles (44.30%), fueron pH, porcentaje de limo, materia orgánica y número de géneros fúngicos, ambos resultados son coherentes con la alta correlación existente entre disponibilidad de nutrientes, materia orgánica, actividad de microorganismos para metabolizarlos y la fertilidad del suelo. En este sentido, en ambos municipios, el porcentaje de materia orgánica mostró relación positiva con el número de géneros de hongos identificados y el porcentaje de arcilla afectó el rendimiento de frutos.

Finalmente, el análisis de conglomerados indicó mayor heterogeneidad en el sistema productivo de fincas de Curumaní con respecto a La Paz Robles, lo cual podría relacionarse con el efecto sobre el suelo y la productividad del manejo variable ofrecido al cultivo por los productores en ese municipio, lo cual alerta sobre la importancia de emprender capacitaciones sobre buenas prácticas agrícolas del cultivo de aguacate.

Recomendaciones

Los resultados alcanzados sugieren la necesidad de realizar estudios específicos sobre tolerancia en los árboles escapes identificados y la confirmación de la posible actividad supresiva de los suelos, mediante la cuantificación de la actividad celulasa, laminarinasa y de la población microbiana en general.

Para la región, es relevante la conservación y estudio de la actividad antagonista de los microorganismos identificados como *Trichoderma* y *Paecilomyce* en condiciones controladas, con miras a definir la pertinencia del bioaumentación en zonas de alta presión de inóculo de patógenos del suelo.

Las veredas que requieren una intervención urgente por su baja competitividad, de acuerdo con el análisis de conglomerados son Caño largo y Los laureles, del municipio de Curumaní y la vereda Los deseos, del Municipio de La Paz Robles. Las veredas promisorias para la inversión estatal, debido a las ventajas competitivas para la producción del cultivo de aguacate, corresponden a Paraíso porvenir, Los naranjos y Las nubes, del municipio de Curumaní; Hondo Ricito Abajo, de La Paz Robles, con productividad media-alta y buenos indicadores físicoquímicos y microbiológicos en general.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Gobernación del Departamento del Cesar, Colombia, por la financiación de la investigación y a COLCIENCIAS, fondo de apoyo a los doctorados nacionales.

Literatura citada

- Acuña, O.; Peña, W.; Serrano, E.; Pocasangre, L.; Rosales, F.; Delgado, E.; Trejos, J. y Segura, A. (2006). La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos. XVII Reunião Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na America Tropical. Joinville. Santa Catalina Brasil. pp 222-233.
- Álvarez, R. y Grigera, S. (2004). Factores de fertilidad y manejo determinantes de los rendimientos de trigo y maíz en la Pampa Ondulada. INPOFOS-Informaciones Agronómicas. 22(1):2028. [http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/7C327C78F8A84C6203256EC2005340F2/\\$file/Alvarez-Rendimiento+trigo+y+maíz.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/7C327C78F8A84C6203256EC2005340F2/$file/Alvarez-Rendimiento+trigo+y+maíz.pdf) (Consultada el 22 de junio de 2011).
- Álvarez, C. R.; Taboada, M. Á.; Bustingorri, C. y Gutiérrez, F. H. (2006). Descompactación de suelos en siembra directa: efectos sobre las propiedades físicas y el cultivo de maíz. *Ciencia del suelo, Argentina*. 24(1):1-10.
- Arcos, E. (2011). *Caracterización del sistema de producción de mamey (Pouteria sapota Jacq.) del municipio de Huamuxtillan, Gro.* Tesis de Maestría, Colegio de Posgraduados. Puebla, México.
- Arenas, J.; Carpio, F. G. y Guillermo, J. (2005). Flora fúngica de la rizósfera de *Phaseolus lunatus* "pallar" en Ica, Perú. *Revista Peruana de Biología*. 12(3):441-444.
- Aryantha I. P.; Cross, R. y Guest, D. I. (2000). Suppression of *Phytophthora cinnamomi* in Potting Mixes Amended with Uncomposted and Composted Animal Manures. *The American Phytopathological Society, Australia*. 90(7):775-782.
- Asociación Nacional del Café-Anacafé. (2004). *Cultivo de aguacate-programa de diversificación de ingresos en la empresa cafetalera. Guatemala*. <http://portal.anacafe.org/Portal/Documents/Documents/2004-12/33/5/Cultivo%20de%20Aguacate.pdf> (Consultado el 10 de junio de 2011).
- Barnett, H. L. y Barry, B. H. (1998). Illustrated genera of Imperfect Fungi. *The American Phytopathological*. Fourth edition. St. Paul, Minnesota, USA. 218 pp.
- Barrett, S.; Shearer, B. y Hardy, G. (2003). The efficacy of phosphito applied after inoculation on the colonization of *Banksia brownie* stems by *Phytophthora cinnamomi*. *Pathology*. 32(1):1-7.
- Bolaños, B. M. y Sáenz, E. P. (2009). *Efecto de hongos benéficos sobre la nutrición y sanidad de aguacate*. III Congreso Latinoamericano de Aguacate. Medellín, Colombia. pp. 48-59.
- Bulluck, L. R.; Brosius, M.; Evanylo, G. K. y Ristaino, J. B. (2002). Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. *Applied Soil Ecology*. 19(2):147-160.
- Castañeda, E. L. (2009). *Búsqueda de portainjertos de aguacate tolerantes resistentes a Phytophthora cinnamomi Rands*. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de posgraduados. Montecillo-Texcoco, México.

- Cerda, R. (2008). *Calidad de suelos en plantaciones de cacao (Theobroma cacao), banano (Musa AAA) y plátano (Musa aab) en el valle de Talamanca, Costa Rica*. Tesis de Maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
- Corrales, A.; Tafur, R. y Toro, J. C. (2007). *Tecnología para producir aguacate de exportación*. Memorias Primer Simposio Colombiano sobre Producción, Agroindustria y Comercialización de Frutas Tropicales. Colombia. En: Corpoica-Produmedios. 62-86.
- Delgado, E.; Trejos, J.; Villalobos, M.; Martínez, G.; Lobo, D.; Rey, J. C.; Rodríguez, G.; Rosales, F. y Pocasangre, L. E. (2010). Determinación de un índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en Venezuela. *Interciencia*. 35(12): 927-933.
- Dobrowski, M.; Shearer, B.; Colquhoun, I.; O'Brien, P. y Hardy, G. (2008). Selection for decreased sensitivity to phosphite in *Phytophthora cinnamomi* with prolonged use of fungicide. *Plant pathology*. 57(5):928-936.
- Dong, X.; Liu, Z.; Wang, M.; Wang, X.; Zheng, D. y Sun, Z. (2010). Effects of green manure on tomato bacterial wilt and the quantity of soil microbial species. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*. 25 (1):24-30.
- Echemendia, Y. (2002). *Phytophthora*: Características, diagnóstico y daños que provoca en algunos cultivos tropicales. Medidas de control. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical. <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1060/cuf0022s.pdf> (Consultada el 24 de junio de 2011).
- FAOSTAT (2009). *Online Interactive Database on Agriculture*. FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/default.aspx?alias=faostat&lang=es> (Consultado el 3 de junio de 2011).
- Flores, C.; Fernández, B. A.; Aguirre, C. y Ridao, A. (2007). *Supresión de la podredumbre radical del palto en un suelo de Jujuy, Argentina*. <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Resumen/2b-81.pdf> (Consultada en junio de 2011).
- Fonte, S.; Barrios, E. y Six, J. (2010). Earthworms, soil fertility and aggregate-associated soil organic matter dynamics in the Quesungal agroforestry system. *Geoderma*. 155 (3-4):320-328.
- Gardizábal, F.; Mena, F. y Magdah, C. (2007). *Estrategias para la recuperación de huertos de paltos (Persea Americana Mill) decaídos, en Chile*. Actas VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña del Mar, Chile. <http://www.avocadosource.com/WAC6/es/Extenso/3e-130.pdf>. (Consultada el 4 de julio de 2011).
- Gobernación del Cesar. (2009). *Cesar en cifras. 2007-2008*. Gobernación del Cesar. http://planeacioncesar.gov.co/index.php?option=com_content&task=view&id=17&Itemid=40. (Consultada el 17 de junio de 2011).
- González-Chávez, M. C. A.; Gutiérrez-Castorena, M. C. y Wright, S. (2004). Hongos micorrízicos arbusculares en la agregación del suelo y su estabilidad. *TERRA Latinoamericana*. 22(4):507-514.
- Holliday, P. (1980). *Fungus diseases of tropical crops*. Cambridge University Press. Cambridge. 607 pp.
- Hurtado, I. (2010). *Búsqueda de resistencia a Phytophthora Capsici Leonian en germoplasma de capsicum Spp*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia. Colombia.
- ICA (1989). *El análisis de suelos, plantas y aguas para riego*. Manual de asistencia técnica No. 47. ICA. Bogotá. 253 pp.
- Janvier, C.; Villeneuve, F.; Alabouvette, C.; Edel-Hermann, V.; Maitelle, T. y Steinberg, C. (2006). Soil health through soil disease suppression: Which strategy from descriptors to indicators? *Soil Biology and Biochemistry*. 39(1):1-23.
- Kremer, R. J. y Donald, P. (2003). Herbicide impact on Fusarium spp. and soybean cyst nematode in glyphosate tolerant soybean. *American Society of Agronomy*. (573): 882-2716.
- Lacombe, S.; Bradley, R.; Hamel, C. y Breaulieu, C. (2009). Do tree-based intercropping systems increase the diversity and stability of soil microbial communities? *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 131(1-2):25-31.
- Li, J.; Zhao, B.; Li, X. y Hwat, B. (2008). Effects of long-term combined application of organic and mineral fertilizers on soil microbiological properties and soil fertility. *Scientia Agricultura sinica*. 41(1):20-26.
- Llany, T.; Ashton, M.; Montagnini, F. y Martínez, C. (2010). Using agroforestry to improve soil fertility: effects of intercropping on *Ilex paraguariensis* (yerba mate) plantations with *Araucaria angustifolia*. *Agroforestry Systems*. 80(3):399-409.

- Maldonado-Torres, R.; Álvarez-Sánchez, M. E.; Almaguer-Vargas, G.; Barrientos-Priego, A. F. y García-Mateos, R. (2007). Estándares nutrimentales para aguacatero 'Hass'. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 13(1):103-108.
- Martich, D.; Morales, P.; Borbón, J. y Morales, J. (2005). *Distribución de la tristeza del aguacatero producida por Phytophthora cinnamomi Rands en plantaciones de República Dominicana*. USDA/IDIAF. <http://www.cedaf.org.do/eventos/isth2005/memoria/Martes/pdf/03.pdf>. (Consultada el 1 de junio de 2011).
- Martínez, E.; Fuentes, J. P. y Acevedo, E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R. C. Suelo Nutr. Veg.* 8(1):68-96.
- McDonald, V.; Pond, E.; Crowley, M.; McKee, B. y Menge, J. (2007). Selection for and evaluation of an avocado orchard soil microbially suppressive to *Phytophthora cinnamomi*. *Plant soil*. 299 (1-2): 17-28.
- Mejía, A.; Villamizar, J. P.; Orozco, M. L.; Arenas, A.; Álvarez, E.; Rodríguez, M.; Orozco, B. J.; Carmona, J. A.; Ríos, D.; Jaramillo, J. y González, A. (2010). *Development and implementation of methodologies for the production of clean, root rot tolerant avocado plants*. Colombia. http://www.ciat.cgiar.org/work/latinamerica/TropicalFruit/Documents/post_avocado%20root%20rot.pdf (Consultada el 13 de junio de 2011).
- Morell, F.; Hernández, A.; Borges, Y. y Marentes, F. L. (2009). La actividad de los hongos micorrízicos arbusculares en la estructura del suelo. *Cultivos tropicales*. 30(4):25-31.
- Muñoz, J. D.; Martínez, L. J. y Corrales, R. (2006). Variabilidad espacial de propiedades edáficas y su relación con el rendimiento en un cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Colombiana*. 24(2):355-366.
- Nasser, W.; Rincón, C.; Isea, F. y Hernández, Y. (2005). Efecto de la melaza sobre la toxicidad causada por herbicidas a base de glifosato en el cultivo de la lechosa (*Carica papaya*) 'Maradol'. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 31:101-108.
- Norma Técnica Colombiana (NTC-5209). (2003). *Frutas frescas, aguacate. Variedades mejoradas, especificaciones*. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC. Colombia. 24 pp.
- Núñez, P.; Pimentel, A.; Almonte, I.; Sotomayor-Ramírez, D.; Martínez, N.; Pérez, A. y Céspedes, C. M. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea spp.*). Production systems and management recommendations for the Barahona province, Dominican Republic. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 11 (1):127-140.
- Pérez, A.; Bustamante, C.; Rodríguez, P. y Viñals, R. (2005). Influencia de la fertilización nitrogenada sobre la microflora edáfica y algunos indicadores del crecimiento y el rendimiento de *Coffea canephora* Pierre cultivado en suelo pardo ócrico sin carbonatos. *Cultivos tropicales*, La Habana, Cuba, 26(2):65-71.
- Pérez, R. M. (2008). Significant avocado diseases caused by fungi and Oomycetes. *The European Journal of plant Sciences and Biotechnology*. 2(1):1-24.
- Pineda, M.; Pineda, D.; Labarca, J.; Ulacio, D.; Paredes, C. y Casassa, A. M. (2009). Micobiota del suelo asociada al cultivo del plátano (*Musa AAB* cv. Hartón) en bosque seco tropical del Sur del Lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista UDO Agrícola*. 9 (1):158-165.
- Prada, P.; Usuga, C.; Franco, E. y Castañeda, D. (2009). *Hongos formadores de micorriza arbuscular y relación con características edáficas en agroecosistemas de aguacate*. III Congreso Latinoamericano de Aguacate. Medellín, Colombia. P. 33-46. <http://corpoaguacate.com/pdf/conferencias/pdf/hongosformadores.pdf> (Consultada el 20 de junio de 2011).
- Puente, M. L.; García, J. E.; Rubio, E. y Peticari, A. (2010). Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo. INTA-Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno, Campaña 2010. *Publicación Miscelánea* No. 116. Argentina.
- Ríos, D. y Tafur, R. (2003). *Variedades de aguacate para el Trópico: Caso Colombia*. Actas V Congreso Mundial del Aguacate. Granada Málaga. p. 143-147.
- Rodríguez, M. (2001). *Biodiversidad de los hongos fitopatógenos del suelo de México*. Acta Zoológica Mexicana. Montecillos Chapingo, México. <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57500005> (Consultada el 22 de junio de 2011).

- Rodríguez, M.; Jaramillo, J. G. y Orozco, J. (2009). *Colecta de aguacates criollos colombianos como base para iniciar programas de fitomejoramiento que contribuyan a su competitividad*. III Congreso Latinoamericano de Aguacate. Medellín, Colombia. pp. 14-27. <http://corpoaguacate.com/pdf/conferencias/pdf/Colecta%20de%20aguacates%20criollos%20colombianos.pdf> (Consultado el 6 de junio de 2011).
- Rosales, F.; Pocasangre, L. E.; Trejos, J.; Serrano, E.; Acuña, O.; Segura, A.; Delgado, E.; Pattison, T.; Rodríguez, W. y Staver, C. (2006). *Guía para el diagnóstico de la calidad y la salud de suelos bananeros*. XVII Reunión Internacional da Associação para a Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical. Joinville. Santa Catalina Brasil. 198-206 pp.
- Sadeghian, S.; Rivera, J. M. y Gómez, M. E. (2000). *Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia*. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/FRG/AGROFOR1/Siavosh6.htm> (Consultada el 20 de julio de 2011).
- Samaniego, J.; Herrera, T.; Pedroza, A. y Santamaría, J. (2001). Relación entre condiciones de suelo y manejo de huertas de nogal *Pecanero carya Illinoensis* Koch con la dinámica de la pudrición texana, causada por *Phymatotrichum omnivorum* Duggar. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 19(001):10-18.
- Sánchez, J. (2007). *Identificación de marcadores asociados a la resistencia del aguacate raza mexicana (Persea americana Mill. Var. Drymifolia) al oomiceto Phytophthora cinnamomi rands*. Tesis de doctorado en Ciencias biológicas. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. México.
- Serrano, M. S.; Fernández, P.; Carbonero, M.; Trapero, A. y Sánchez, M. E. (2009). La tremosilla (*Lupinus luteus*): un nuevo huésped de *Phytophthora cinnamomi* en las dehesas de Andalucía occidental. *Boletín Sanidad Vegetal. Plagas*. 35:75-87.
- Sivila de Cary, R. y Herve, D. (2006). Efecto de leguminosas nativas en terrenos en descanso sobre la microbiota del suelo durante un cultivo de papa (Altiplano Central Boliviano). *Ecología en Bolivia*. 41(3):154-166.
- Sivila, R. y Angulo, W. (2006). Efecto del descanso agrícola sobre la microbiota del suelo Patarani-Altiplano Central boliviano. *Ecología en Bolivia*. 41(3):103-115.
- Tamayo, M. P. (2007). *Enfermedades del aguacate*. Encuentro Nacional de la Cadena Productiva del Aguacate. *Politécnica*. 1(4):51-70.
- Vidales, J. A. (2002). *Efecto de factores físico-químicos sobre la actividad microbiana de la rizósfera del aguacatero (Persea americana Mill) para el control de Phytophthora cinnamomi Rands*. Tesis de Doctorado en Ciencias Agrícolas y Forestales. Universidad de Colima. México.
- Walkley, A. y Black, I. A. (1932). An examination of the Degjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Journal of the American Society of Agronomy*. 24:256-275.
- Zhang, W.; Rui, W.; Tu, C.; Diab, H.; Louws, F.; Mueller, J.; Creamer, N.; Bell, M.; Waggoner, M. y Hu, S. (2005). Responses of soil microbial community structure and diversity to agricultural deintensification. *Pedosphere*. 15(4):22-28.
- Zhang, J.; Gao, A.; Hu, H. y Luo, M. (2009). Effects of maize-peanut intercropping on rhizosphere soil microbes and nutrient contents. *The Journal of applied ecology*. (7): 1597-602.

Recibido: Julio 29, 2011

Aceptado: Marzo 24, 2012

Crecimiento del ostión *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, México

Growth of the oyster *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) cultured in estuary La Piedra, Sinaloa, Mexico

Góngora-Gómez, A. M.;¹ García-Ulloa, M.;^{2*} Hernández-Sepúlveda, J. A.¹ y Domínguez-Orozco, A. L.¹

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional
Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional

Bldv. Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Guasave, Sinaloa, México.

²Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara
M. López de Legazpi No. 235, Barra de Navidad, Jalisco, México.

*Correspondencia: turbotuag@hotmail.com

Resumen

Se realizó un ciclo de engorda (noviembre 2004-mayo 2005) con el ostión *Crassostrea gigas* en el estero La Piedra, Guasave (Sinaloa, México), usando canastas suspendidas en una línea madre para evaluar su crecimiento y supervivencia. Se utilizaron 10,000 semillas (3.5 ± 0.5 mm de altura inicial). Los valores promedios de los parámetros del agua fueron: temperatura, $22.2 \pm 3.2^\circ\text{C}$; oxígeno disuelto, 6.8 ± 2.3 mg/l; y salinidad, 32.8 ± 3.14 ups; mientras que el promedio de la concentración de clorofila a fue de 3.2 ± 0.8 mg/m³. Los animales mostraron un crecimiento de 0.26 mm/día para la altura de su concha y 0.42 g/día de peso corporal. El índice de condición mostró un ligero descenso en el último mes de cultivo de 9.54 a 8.68. La fórmula: $\text{Peso} = -15.4352 + 0.7968 \text{ Altura}$ ($r^2 = 88.29$; $t = 12.88$; $F = 37.71$; $P = 0.0017$) describe la relación entre el peso y la altura de *C. gigas* en el cultivo. Se obtuvieron diferencias significativas entre el peso e índice de condición ($P = 0.0023$). Se registró una mortalidad total de 12%. Los resultados obtenidos indican que la temporada otoño-pri-

Abstract

Growth and survival of the oyster *Crassostrea gigas* were evaluated from November 2004 to May 2005 at the estuary La Piedra (Sinaloa, Mexico) using plastic trays attached to long lines. A batch of 10,000 spat (3.5 ± 0.5 mm, initial height) was used in the experiment. The mean values for the water parameters were: Temperature, $22.2 \pm 3.2^\circ\text{C}$; dissolved oxygen, 6.8 ± 2.3 mg/l; and salinity, 32.8 ± 3.1 ups. The mean chlorophyll *a* concentration was 3.2 ± 0.8 mg/m³. Oyster reached the height of 0.26 mm/day and a weight of 0.42 g/day. The condition index decreased at the end of the culture from maximal 9.54 to 8.68. The weight = $-15.4352 + 0.7968 \text{ height}$ ($r^2 = 88.29$; $t = 12.88$; $F = 37.71$; $p = 0.0017$) described the Weight-Length of *C. gigas*. Significant differences were found for the Weight and Condition index ($p = 0.0023$). The final mortality was 12%. The results obtained pointed out that fall-spring season is adequate time for culturing Pacific oysters *C. gigas* at estuary La Piedra (Sinaloa, Mexico),

mavera es favorable para el cultivo del ostión del Pacífico *C. gigas* en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa, ya que alcanzó la talla comercial (109.8 mm y 88.7 g) en siete meses de cultivo.

Palabras clave

Crassostrea gigas, crecimiento, condición, cultivo, supervivencia.

due to attaining its commercial size (109.8 mm and 88.7 g) after seven months.

Key words

Crassostrea gigas, growth, condition, culture, survival.

Introducción

De los bivalvos comerciales, el ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1795) es la especie más cultivada en el mundo. *C. gigas* es originario de Japón, aunque artificialmente se ha introducido en otros países como Corea, China, Taiwán, Canadá, México y Estados Unidos de Norteamérica (Mazón-Suástegui, 1996). Este organismo es típico de zonas frías a templadas, encontrándose desde el nivel de las mareas hasta profundidades de 40 metros; sin embargo, prospera en mayor medida en aguas poco profundas donde permanecen fijos en el sustrato rocoso formando bancos ostrícolas (Kobayashi *et al.*, 1997).

México ocupa el sexto lugar de la producción ostrícola del mundo después de Estados Unidos, Japón, Corea, Francia y China, con un volumen reportado de 45,000 toneladas al año (FAO, 2007). El 92% de la producción nacional de ostión está basada en la explotación de los bancos naturales del Golfo de México, localizados en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Campeche. Las dos especies explotadas en esta región son el ostión americano *C. virginica* y el ostión de mangle *C. rhizophorea*. El 8% restante de la producción proviene de las costas del Pacífico, principalmente de la explotación de los bancos naturales del ostión de roca *C. iridescens*, y del cultivo del ostión del Pacífico *C. gigas*. El aporte de la acuicultura representa alrededor del 4% del volumen nacional, siendo Baja California y Sonora los estados que más contribuyen (Instituto Nacional de la Pesca, 2000).

Los primeros intentos por establecer la ostricultura en el litoral del Pacífico datan de 1958, los cuales consistieron en cultivos experimentales de *C. corteziensis*, desarrollados en la bahía de Guaymas, Sonora. Sin embargo, los proyectos para cultivar ostión en el noroeste del país se truncaron y no tuvieron seguimiento sino hasta un poco más de 10 años después, pero con mínimos resultados. Dichas condiciones propiciaron la importación del ostión japonés o del Pacífico (*C. gigas*), el cual fue introducido en México en el año de 1972, para llevar a cabo cultivos a nivel piloto en el estero Punta Banda, Ensenada, y en la Bahía San Quintín, ambos en Baja California. Posteriormente, se realizaron numerosos estudios por parte de instituciones de investigación para determinar las áreas idóneas para su cultivo. Además, se inició la construcción de los primeros laboratorios productores de semilla para abastecer las necesidades de las unidades de producción. Después de dominar la tecnología de su cultivo y cerrar su ciclo de vida de manera artificial, el interés por su propagación comercial se extendió a otros estados del lito-

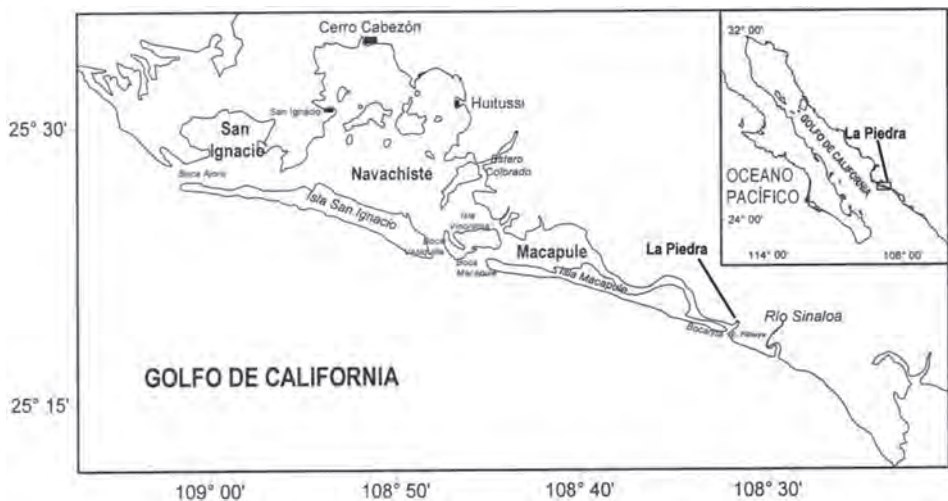
ral Pacífico como Baja California Sur, Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco (Instituto Nacional de la Pesca, 2000).

En Sinaloa, los estudios experimentales enfocados al cultivo de ostión tuvieron su inicio entre julio de 1986 y mayo de 1987, de los que se concluyó preliminarmente que la salinidad es un factor muy importante para el crecimiento de este molusco. De esta manera, se propuso el cultivo de *C. gigas* como alternativa laboral de producción alimentaria para cooperativas pesqueras, ya que tolera alta salinidad y es netamente marino (Danigo, 1998). A pesar de los trabajos comerciales que se han continuado con esta especie, la información específica sobre su crecimiento es aplicada de forma empírica por los granjeros y sólo están disponibles algunos reportes técnicos de difusión científica y trabajos de tesis, por lo que son necesarios datos más precisos acerca de su desarrollo y el potencial de su cultivo en la región costera sinaloense. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue realizar un estudio de crecimiento y supervivencia de *C. gigas* en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa, bajo las condiciones tradicionales de cultivo comercial en la región (canastas suspendidas en una línea madre), en conjunto con algunos factores físico-químicos durante el ciclo de engorda en invierno de 2004-2005.

Materiales y métodos

El cultivo se realizó en el estero La Piedra, dentro de la Laguna Macapule, situada en el norte del estado de Sinaloa, entre los paralelos 25° 21' y 25° 24' de latitud N y 108° 30' y 108° 45' de longitud O (figura 1).

Figura 1
Localización del sitio de cultivo del ostión *Crassostrea gigas*
en el estero La Piedra, Sinaloa.



Se utilizaron 10,000 juveniles de *C. gigas* (3.5 ± 0.5 mm de altura inicial) que se adquirieron del Centro de Reproducción de Especies Marinas del Estado de Sonora (CREMES) del Instituto de Acuicultura de Sonora, situado en Bahía Kino, Sonora, México. Los ostiones fueron transportados vía aérea hasta Culiacán, Sinaloa y vía terrestre desde el aeropuerto hasta el sitio de cultivo. Antes de ser introducidos en el estero, una muestra fue revisada al microscopio. Después, se aclimataron (Gallo-García *et al.*, 2001) y dividieron en lotes de aproximadamente 100 animales que se embolsaron en tela mosquitera (20 X 20 cm). De esta manera, cuatro bolsas conformaban una canasta ostrícola y cinco canastas, un módulo o unidad de cultivo. Se colocó una canasta extra con rocas debajo del módulo y otra más con espuma de poliuretano encima del mismo para estabilizarlo. Las columnas de canastas se ataron a una línea madre suspendida en flotación en la que permanecieron durante los siete meses de estudio (noviembre 2004-mayo 2005).

Transcurrido un mes después de la siembra, se realizó una reducción de la densidad de la población para permitir que los juveniles mayores de seis mm crecieran fuera de las bolsas, pero aún dentro de las canastas. Las ostrillas de tamaño inferior fueron mantenidas en bolsas hasta que alcanzaran dicha longitud. Después de dos meses, el ostión fue seleccionado por talla nuevamente y ajustada su densidad a 20 organismos por cuadrante (80 por canasta), permaneciendo de esa forma hasta el momento de su cosecha. La operación de selección (cribado) se repitió cuatro veces hasta incluir a todo el lote de semillas.

Durante la engorda, las canastas fueron sacadas a la orilla y limpiadas semanalmente para evitar la presencia de organismos epibiontes competidores o predadores que pudieran afectar el crecimiento del ostión. Al mismo tiempo, se revisaba el estado físico de los mismos (color y forma) y se colectaban los organismos muertos para registrar la mortalidad.

En cada limpieza, se midieron *in situ* la temperatura y el oxígeno disuelto del agua usando un oxímetro (YSI, 55/12FT, Ohio 45387); mientras que un refractómetro de precisión (Atago, S/Mill) fue utilizado para registrar la salinidad.

Por otro lado, la biomasa de algas fue obtenida cada mes, mediante la determinación de la concentración de clorofila *a* (Strickland y Parsons, 1972); para lo cual, una muestra de agua de tres litros fue almacenada y transportada en una hielera al laboratorio de análisis ambiental del IPN-CIIDIR, Unidad Sinaloa, para su posterior análisis.

La relación entre la longitud y peso de 50 animales fue evaluada cada 15 días mediante una regresión simple. La altura y ancho de la concha y los pesos totales fue obtenido con una vernier (0.2 mm, Mitutoyo, CD-8"CS) y una balanza portátil (OHAUS, Scout Pro SP 2001, hasta centésimas de gramo). La tasa de crecimiento se obtuvo con (valor final-valor inicial)/ días de cultivo. El análisis de regresión se reporta considerando el coeficiente (r^2) y el error residual (ϵ) (Sokal y Rohlf, 2000). Se ajustaron los modelos lineal ($P = a + bA$) y exponencial ($P = aA^b$), donde P es el peso húmedo, $A =$ Altura (o longitud) total (mm) y a y b son parámetros del modelo. El modelo usado para cada relación se ajustó al criterio del mayor coeficiente (r^2) (Bhujel, 2008) dado por el programa computarizado de estadística que fue utilizado.

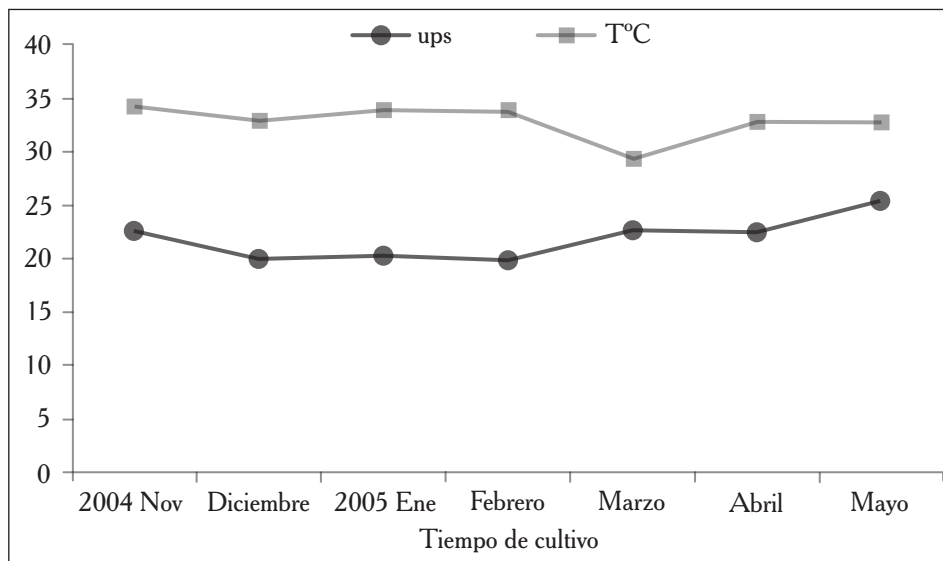
Mensualmente se colectaron 10 individuos para la obtención del índice de condición. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron limpiadas de organismos epibiontes y materia orgánica e inorgánica. Se registró su altura y peso húmedo total para, posteriormente, sacrificarlos a fin de separar el tejido blando de la concha. El peso seco, tanto de la concha como del tejido blando, se obtuvo colocando las muestras en crisoles previamente tarados y secados en una estufa (Riossa EC-41) a 100°C durante 24 horas. Los pesos secos de la concha y la carne se cuantificaron en la balanza analítica de 1/100 g de precisión. El índice de condición (IC) se calculó con la fórmula, $IC = (\text{peso seco de tejido blando} / \text{peso seco de conchas}) \times 100$ (Cabrera *et al.*, 2003).

Para explicar el efecto de la biomasa del fitoplancton en el crecimiento de *C. gigas*, se realizó un análisis de correlación entre el peso húmedo y la concentración de clorofila *a*, al igual que entre esta última y el índice de condición. La mortalidad se registró contando semanalmente el número de organismos muertos en cada módulo hasta el término de estudio. Los análisis estadísticos ($P \leq 0.05$) fueron efectuados usando el programa Statgraphics Plus ver. 5.0 (Statistical Graphics Corp., Herndon, VA, USA).

Resultados

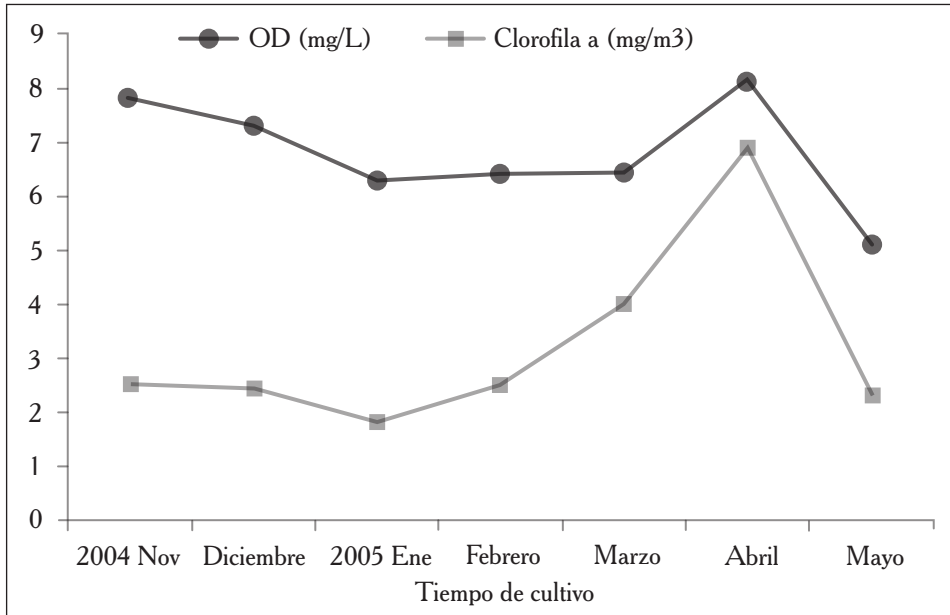
La temperatura del agua durante el cultivo fluctuó desde 19° C registrado en diciembre de 2004 y febrero de 2005, hasta 25.4°C obtenido en mayo de 2005, con un promedio de $21.8 \pm 1.8^\circ\text{C}$. La salinidad (ups) promedio mensual fue de 32.8 ± 3.7 ups, con un máximo de 36 ups en noviembre de 2004 y un mínimo de 27.6 ups observado en marzo de 2005 (figura 2).

Figura 2
 Temperatura del agua (°C) y salinidad (ups) registradas en el cultivo del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*, en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa (México).



En el caso del oxígeno disuelto (mg/L), se obtuvo la más alta concentración (9.0 mg/L) en el mes de abril de 2005; mientras que el valor más bajo se observó en mayo de 2005 (5.1 mg/L), con un promedio de 6.8 ± 1.9 mg/L. Los valores de biomasa algal (clorofila *a*) mensual muestran una concentración promedio de 3.2 ± 0.9 mg/m³; mientras que la máxima se registró durante la segunda quincena del mes de abril (4 mg/m³), y el valor mínimo en la primera quincena de enero (1.8 mg/m³) (figura 3).

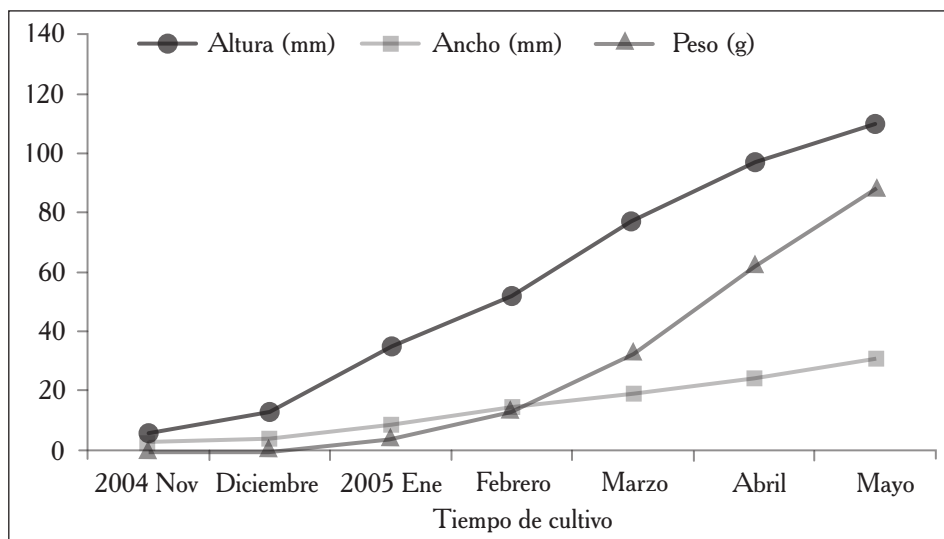
Figura 3
 Oxígeno disuelto (mg/L) y clorofila a (mg/m³) mensual registrados en el cultivo del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*, en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa (México).



En cuanto al crecimiento de los organismos, la altura total (mm) se incrementó desde 5.8 hasta 109.8 mm; mientras que el ancho de la concha (mm) registró una talla inicial de 2.4 mm y final de 31.1 mm (figura 4). El peso final fue de 88.7 g después de 207 días de cultivo partiendo con ostrillas de 0.4 g de peso inicial. Los animales mostraron un crecimiento de 0.26 ± 0.03 mm/día y 0.42 ± 0.07 g/día.

Figura 4

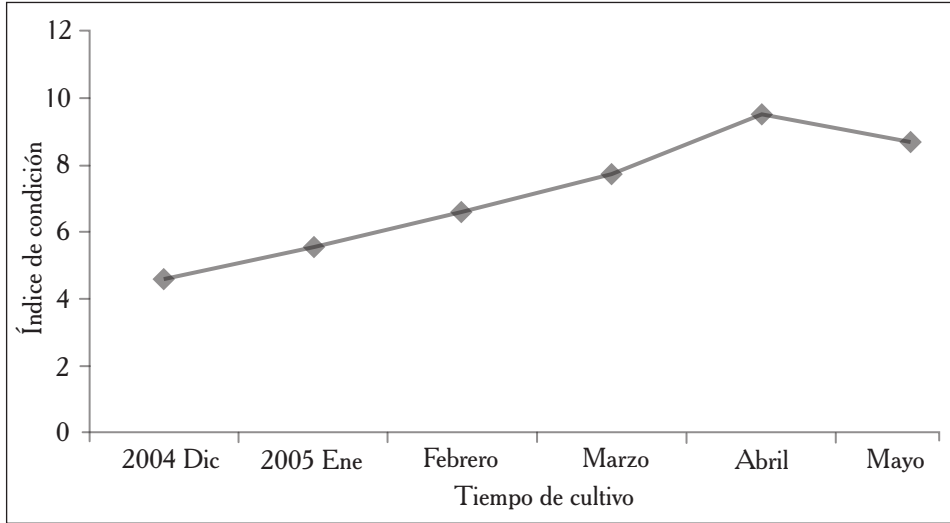
Altura (mm), ancho de la concha (mm), y peso (g) del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* registrados mensualmente durante su cultivo en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa (México).



Después de 207 días de cultivo, las ecuaciones de crecimiento entre los parámetros biológicos evaluados con el modelo lineal, fueron: $\text{Peso} = -15.4352 + 0.7968 \text{ Altura}$; $r^2 = 88.29$; $\varepsilon = 12.88$; $F = 37.71$; $p = 0.0017$; y $\text{Peso} = -16.4566 + 3.066 \text{ Ancho}$; $r^2 = 92.29$; $\varepsilon = 10.45$; $F = 59.89$; $p = 0.0006$.

El índice de condición (figura 5) registró un incremento constante desde el muestreo inicial (4.65, registrado en diciembre de 2004) hasta el mes de abril (9.5), para después descender ligeramente (8.68) en el último mes de cultivo.

Figura 5
 Índice de condición del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas*
 registrado mensualmente durante su cultivo en el estero
 La Piedra, Guasave, Sinaloa (México).



El cuadro 1 muestra los valores de correlación del peso con la clorofila *a*, peso con el índice de condición, y clorofila *a* con el índice de condición de *C. gigas*.

Cuadro 1
 Correlaciones entre peso (g), clorofila *a* (mg/m³) e índice de condición (%) del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* durante su cultivo en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa, (México), desde noviembre de 2004 a mayo de 2005.

	Peso con Clorofila <i>a</i> **	Peso con Índice de condición**	Clorofila <i>a</i> con Índice de condición***
<i>r</i> ²	0.4709	0.9312	0.5983
<i>F</i>	1.43	32.66	2.79
<i>P</i>	0.2861	0.0023*	0.1558

*Diferencia significativa (*P* < 0.01).

**Modelo exponencial. El modelo usado para cada relación se ajustó al criterio del mayor coeficiente (*r*²) (Bhujel, 2008), dado por el programa computarizado de estadística utilizado.

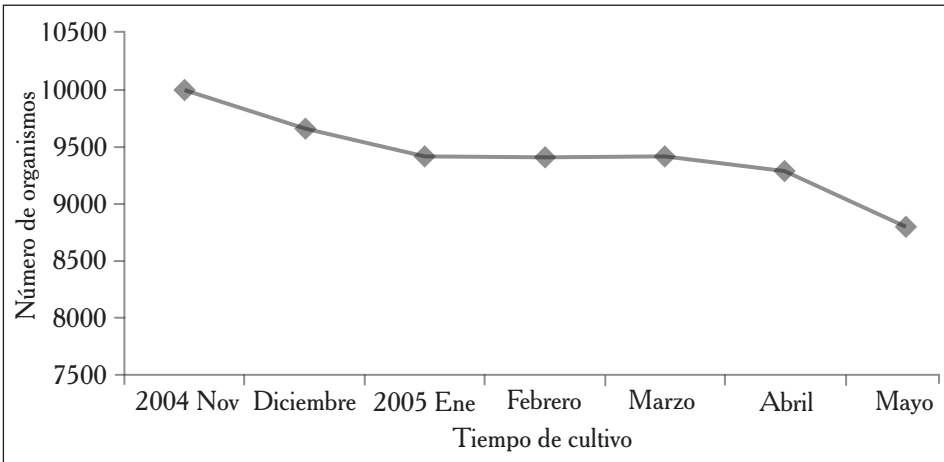
***Modelo lineal.

NOTA: *r*² = coeficiente de correlación; *F* = valor de Fisher para comparación de medias; *P* = probabilidad; *n* = 350.

Al final del cultivo, se registró una mortalidad total de 1,200 animales (figura 6) de 10,000 iniciales, lo cual significa una supervivencia de 88%.

Figura 6

Mortalidad mensual (número de organismos) del ostión del Pacífico *Crassostrea gigas* registrada durante su cultivo en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa (México).



Discusión

A pesar del auge en la producción de *Crassostrea gigas* en Sinaloa, la información disponible acerca de su crecimiento y desarrollo en cultivo proviene de comunicaciones personales con investigadores quienes, mediante asesorías, registran los resultados experimentales obtenidos en diferentes localidades y, normalmente, este tipo de información no existe en reportes publicados de amplia difusión sino en foros locales y trabajos de tesis o reportes técnicos (Nava *et al.*, 1995), por lo que la realización y divulgación de experimentos —como el presente— son una prioridad en la estructura tecnológica de su cultivo comercial en la zona costera de dicho estado.

Es bien aceptado que las condiciones del medio influyen en la fisiología general del ostión en cultivo (Ren *et al.*, 2000), por lo que es importante el registro de los parámetros ambientales. Los parámetros físicos y biológicos obtenidos durante el estudio presentaron valores que se ubican dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de la especie (Mazón-Suástegui, 1996). En el caso de la temperatura, es reconocida como el factor ecológico de mayor importancia, ya que afecta la distribución de los organismos no sólo porque están adaptados a crecer y desarrollarse dentro de ciertos límites térmicos, sino que además, la variación de temperatura determina cambios en otros parámetros; como

por ejemplo, la concentración del oxígeno disuelto (Sevilla, 1993; Sandoval, 2006), en que a menor temperatura, mayor la disolución de oxígeno disuelto en el agua; por ende, afecta la distribución de los organismos.

En términos generales, la mayoría de las ostras de importancia económica sometidas a cultivo presentan un crecimiento óptimo entre los 15 y 30°C (Bardach *et al.*, 1986; Cabrera, 1993; Martínez, 1999; Sevilla, 1993), lo cual coincide con lo obtenido por Sandoval (2006), quien reportó crecimiento adecuado de *C. gigas* en el estero La Pita-haya, Guasave, Sinaloa, en un rango de temperatura de 14.5 y 23.6°C. En el presente trabajo se registró el valor menor de temperatura promedio durante el mes de febrero (19°C), mientras que el valor máximo (25.4°C) se observó en mayo. Según Mazón-Suástegui (1988), esta especie presenta desarrollos óptimos a temperaturas entre 20 a 25°C, lo cual coincide con el promedio encontrado en este estudio.

En ambientes naturales la concentración del oxígeno disuelto en el agua está en constante cambio, dependiendo de factores fisicoquímicos (como la temperatura y la salinidad) y de factores biológicos (como la fotosíntesis y la respiración). El ostión utiliza sólo una pequeña cantidad del oxígeno del agua; en la mayoría de los casos, menos del 10% del oxígeno disponible es removido del agua; esta mínima utilización se debe al rápido transporte de agua que se realiza durante la filtración de partículas de alimento (Martínez, 1999; Cabrera, 1993). Loosanoff (1965) reportó que concentraciones menores de 3 mg/L y por encima de 9.5 mg/L de oxígeno disuelto afectan el desarrollo del ostión, *C. virginica*. Por otro lado, Sandoval (2006) registró valores de oxígeno disuelto en el cultivo de *C. gigas* que oscilaron entre 5.2 mg/L y 9.45 mg/L. En el presente trabajo se obtuvieron concentraciones que oscilaron entre 5.09 mg/L y 9.02 mg/L, lo cual está dentro de los límites para su óptima respuesta biológica.

Se ha demostrado experimentalmente que el efecto inicial de un cambio en la salinidad en *C. gigas* ocasiona contracción total o parcial del músculo aductor detectable por la abertura de las valvas y el filtrado del agua, lo cual se da a un ritmo mayor durante incrementos de salinidad. Así, las ostras son afectadas por debajo de 15 ups para *C. gigas* y 10 ups para *C. virginica* (Sevilla, 1993). Aparentemente, concentraciones bajas en sales tienen como respuesta que las ostras cierran herméticamente las valvas hasta que las condiciones se normalizan; si tales condiciones críticas se prolongan demasiado pueden provocar la muerte de las mismas. Las concentraciones de salinidad obtenidas en los muestreos durante el cultivo (de 27.6 a 36 ups) se mantuvieron apropiadas para el crecimiento de la especie (Roncarati *et al.*, 2010).

Un aspecto sobresaliente en el desarrollo del ostión se refiere a su nutrición, por lo que el registro de la biomasa algal en el agua —como clorofila *a*— representa una herramienta útil de evaluación. La concentración de clorofila *a* es un indicador de la disponibilidad de alimento, por lo que mantiene una estrecha correlación con el crecimiento de *C. gigas* (Cabrera, 1993). En el área del presente estudio se obtuvieron concentraciones de clorofila *a* entre 0.9 y 14.9 mg/m³, las cuales coinciden con las reportadas anteriormente —para la misma zona de trabajo— por Ulloa *et al.* (2003). Por lo anterior, los parámetros físicos y biológicos monitoreados durante los siete meses de cultivo de *C. gi-*

gas en el estero La Piedra, se encontraron dentro de los límites de cultivo de la especie (Gallo-García *et al.*, 2001; Roncarati *et al.*, 2010); por otro lado, la curva de su desarrollo mostró constante incremento a lo largo del tiempo de cultivo.

Con respecto al crecimiento de estos organismos, Korrिंगa (1976) menciona que éste está influido por las características del medio ambiente y la disponibilidad del alimento, factores dependientes de la latitud (Roncarati *et al.*, 2010). Por ejemplo, en las costas de Canadá y en el Mar del Norte, los ostiones crecen aproximadamente a una tasa de 5 cm anuales, a pesar de la alta productividad primaria existente en esas latitudes. Pero en las costas de Sonora y Baja California Sur, los animales logran una tasa de crecimiento de hasta 1.5 cm por mes, lo que podría representar hasta 18.5 cm anuales (Mazón-Suástegui, 1996). Mientras que en dichos estados la producción primaria es suficiente para favorecer el crecimiento del ostión, el sistema de cultivo usado en el que los animales permanecen sumergidos toda la engorda, les permite obtener la talla comercial en menor tiempo. En los países del hemisferio norte, a pesar de la alta productividad primaria la mayoría del año, se utiliza el cultivo entre mareas, el cual expone a la intemperie a los ostiones por tiempo prolongado cada día, retrasando su crecimiento (Korrिंगa, 1976).

Aún más, diferentes localidades con distintas condiciones (corrientes, sustrato, profundidad, entre otros) dentro de un mismo cuerpo de agua pueden también afectar el crecimiento de los animales. Por ejemplo, García-Ulloa *et al.* (2006) reportaron tres rangos de crecimiento de *C. gigas* en la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco, sembrando ostiones en diferentes lugares de la misma, concluyendo que las condiciones de cada área de cultivo influyeron los resultados de producción.

La talla de comercialización para la especie es de ocho cm (Mazón-Suástegui, 1996), por lo que la longitud lograda en el presente estudio cumple con el requisito para su venta, la cual fue alcanzada en siete meses de cultivo. En este trabajo, los animales engordaron 0.4 g/d, ganancia en peso mayor comparada con la reportada por Gallo-García *et al.* (2001) para la misma especie cultivada en costas del Pacífico central mexicano.

Aunque los índices de condición obtenidos son bajos en comparación con el trabajo de Castillo-Durán *et al.* (2010), muestran un incremento constante con los meses de cultivo, lo cual sugiere la acumulación de energía para la formación de tejido blando (Quayle y Newkirk, 1989) lo que puede traducirse en glucógeno destinado para la reproducción. Lo anterior es corroborado por la alta correlación encontrada para el peso de los ostiones y el índice de condición (0.92) en comparación con la obtenida entre el peso y la concentración de clorofila *a*.

La supervivencia de 88% registrada al final del cultivo es considerada como aceptable. Chávez-Zazueta (2003) reportó una supervivencia de 77%; mientras que Gallo-García *et al.* (2001) obtuvieron entre 30 y 40% con la misma especie, en la misma localidad. La mortalidad registrada en este estudio pudiera explicarse por depredación y causas naturales, pero especialmente, por el manejo. Para la mayoría de bivalvos que se cultivan en canastas suspendidas —como el callo de hacha *Atrina maura* (Corrales-Serna, 2010)— el manejo de los animales, como parte de su rutina de limpieza, constituye un factor de estrés que merma la población.

Los resultados obtenidos indican que la temporada otoño-primavera es favorable para el cultivo del ostión del Pacífico *C. gigas* en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa, debido a las condiciones ambientales y manejo descrito; y representa una posibilidad para el desarrollo de actividad ostrícola en el estero. Las ecuaciones obtenidas con el modelo lineal para el peso, altura y ancho de la concha, representan las primeras curvas de crecimiento de *C. gigas* cultivado en el estero La Piedra, Sinaloa, y útiles herramientas en la programación del tiempo de engorda y cosecha. El ciclo de engorda no es prolongado y debe iniciarse a finales de año para cosechar cuando se acumule la mayor cantidad de reservas en el animal. Es importante la realización de más estudios con cultivos experimentales en la zona que contemplen el conocimiento y comparación de las variaciones ambientales cada año, con relación al crecimiento de *C. gigas*.

Conclusiones

C. gigas alcanzó la talla comercial (> 80 mm) después de siete meses de cultivo dentro de canastas en suspensión, en el estero La Piedra, Guasave, Sinaloa. Las condiciones ambientales favorecieron su cultivo en la temporada otoño-primavera.

Agradecimientos

Se agradece al Instituto Politécnico Nacional y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Sinaloa, por el apoyo otorgado para la realización del presente trabajo.

Literatura citada

- Bardach, J. E.; Ryther, J. H. y McLaren, W. O. (1986). *Acuicultura crianza y cultivo de organismos marinos y de agua dulce*. Ed. AGT. 741 pp.
- Bhujel, R. C. (2008). *Statistics for aquaculture*. 1st edition. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, USA. 341 pp.
- Cabrera, R. P. (1993). *Crecimiento y sobrevivencia del ostión Crassostrea virginica (Gmelin, 1791) en San Felipe, Rio Lagartos, Yucatán, México*. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Unidad Mérida. Departamento de Recursos del Mar. 126 pp.
- Cabrera, J.; Zamora, E. y Pacheco, O. (2003). Determinación del tamaño comercial de la ostra de manglar, *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) en sistema de cultivo suspendido en estero de Vizcaya, Limón, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 31: 257-262.
- Castillo-Durán, A.; Chávez-Villalba, J.; Arreola-Lizárraga, A. y Barraza-Guardado, R. (2010). Comparative growth, condition, and survival of juvenile *Crassostrea gigas* and *C. corteziensis* oysters cultivated in summer and winter. *Ciencias Marinas* 36 (1): 29-39.
- Chávez-Zazueta, R. A. (2003). *Crecimiento y sobrevivencia del ostión del Pacífico Crassostrea gigas, en la parte de influencia marina de la Laguna de Barra de Navidad, Jalisco, México*. Tesis de Licenciatura. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Biológicas, Universidad Autónoma de Guadalajara, Zapopan, Jalisco, México. 71 pp.
- Corrales-Serna, I. E. (2010). *Crecimiento y supervivencia del callo de hacha Atrina maura en la Isla Los Redos, Navolato, Sinaloa*. Tesis de Maestría. Universidad de Occidente, Unidad Guasave, Guasave, Sinaloa, México, 63 pp.
- Danigo, L. P. (1998). *Ostricultura: un ejemplo práctico en México*. II Simposium Internacional de Acuicultura. México, D. F. 279 pp.
- FAO (2007). *The state of world fisheries and aquaculture 2006*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 180 pp.

- Gallo-García, M. C.; García-Ulloa, M.; Godínez, D. E. y Rivera, K. (2001). Estudio preliminar sobre el crecimiento y sobrevivencia del ostión del pacífico *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1873) en Barra de Navidad, Jalisco, México. *Universidad y Ciencia*, 17 (34): 83-91.
- García-Ulloa, M.; Gallo-García, M. C.; González-Ochoa, O. A. y Chávez-Zazueta, R. A. (2006). Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*, en la costa media del Pacífico Mexicano. En: *Los recursos pesqueros y acuícolas de Jalisco, Colima y Michoacán*. Jiménez-Quiroz, M. C. y Espino, E. (Eds.), Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, CRIP Manzanillo, Colima, México. Págs. 580-587.
- Instituto Nacional de la Pesca. (2000). *Carta nacional pesquera*. Diario Oficial de la Federación. Tomo DLXIII No. 20. 2da. sección. 7 pp.
- Kobayashi, M.; Hoffman, E. E.; Powell, E. N.; Klinck, J. M. y Kusada, K. (1997). A population dynamics model for the Japanese oyster, *Crassostrea gigas*. *Aquaculture* 149: 285-321.
- Korringa, P. (1976). *Farming the cupped oyster of the genus Crassostrea*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, 224 pp.
- Loosanoff, V. L. (1965). *The American or Eastern oyster*. U. S. Dep. Of the Int. Fish and Wild. Serv. B. of Commercial Fisheries Circular 205. 36 pp.
- Martínez, C. L. R. (1999). *Ecología de los sistemas acuícolas*. AGT Editor. México, 1-221 pp.
- Mazón-Suástegui, J. M. (1988). *Manual de operación inicial del Centro de Acuicultura en Bahía Magdalena, Baja California Sur*. Documento interno. Proyecto interno. Proyecto Cultivos Marinos/Moluscos. CIBNOR, S. C. 35 pp.
- Mazón-Suástegui, J. M. (1996). Cultivo del ostión japonés *Crassostrea gigas*. En: Casas, V. y Ponce, D. G. (Eds.). *Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur, México*. 625-650 pp.
- Nava, H. J. M.; Nava, H. y Ramos, R. (1995). Cultivo experimental de crecimiento y engorda del ostión japonés en cajas ostreófilas en el estero de Teacapán, Sinaloa. *Gaceta Informativa de la Unidad de Educación en Ciencia y Tecnología del Mar*, SEP. No. 13: 20-22 pp.
- Quayle, D. B. y Newkirk, G. F. (1989). *Farming bivalve mollusks: Methods for study and development*. Advances in World Aquaculture, Vol. 1, Los Angeles, USA, The World Aquaculture Society, 294 pp.
- Ren, J. S.; Ross, A. H. y Schiel, D. R. (2000). Functional description of feeding and energetics of the Pacific oyster *Crassostrea gigas* in New Zealand. *Marine Ecology Progress Series* 208: 119-130.
- Roncarati, A.; Fellici, A.; Dess, A.; Leila, F. y Paolo, M. (2010). Trails on Pacific oyster (*Crassostrea gigas* Thunberg) rearing in the middle Adriatic Sea by means of different trays. *Aquaculture International* 18: 35-43.
- Sandoval, S. I. J. (2006). *Cultivo piloto del ostión japonés Crassostrea gigas en el estero la Pitahaya, Guasave, Sinaloa*. Tesis de Licenciatura. CRIP, Guasave, Sinaloa, 79 pp.
- Sevilla, H. M. (1993). *Las ostras de México*. Aspectos básicos para su cultivo. Ed. LIMUSA. México, D. F. 165 pp.
- Sokal, R. R. y Rohlf, F. J. (2000). *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research*, 3rd edition, Freeman and Company, New York, New York, USA. 239 pp.
- Strickland, J. D. y Parsons, T. R. (1972). *A practical handbook for the sea water analysis*. Fisheries Research Board of Canada. Bull. Second Edition. 167 pp.
- Ulloa, P. A.; Martínez, A. y Escobedo, D. (2003). *Fitoplancton del litoral del municipio de Guasave, Sinaloa*. Resúmenes. IX Congreso de la Asociación de Investigadores del Mar de Cortés, A. C. y III Simposium Internacional del Mar de Cortés, La Paz, Baja California Sur. Mayo 5-9, 2003. 95-96 pp.

Recibido: Septiembre 13, 2011

Aceptado: Marzo 26, 2012