

Índice

Editorial	5-6
Propuesta metodológica para evaluar proyectos productivos con criterios locales de sustentabilidad en Calakmul, México	9-34
<i>Kú, V. M.; Pool, L.; Mendoza, J. y Aguirre, E. /</i>	
Análisis de otolitos de <i>Mugil curema</i> (Pisces: Mugilidae) de la Laguna de Cuyutlán, México	35-64
<i>Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M.; Cabral-Solís, E. G.; Puente-Gómez, M. y García-Boa, A. /</i>	
Diversidad de avispas parasitoides en un sistema silvopastoril orgánico de producción ganadera de Colombia.....	65-78
<i>López, L.; Armbrrecht, I.; Montoya-Lerma, J. y Molina, E. J. /</i>	
Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de <i>Cratylia argentea</i> en el trópico húmedo de Veracruz, México.....	79-93
<i>Castillo-Gallegos, E.; Estrada-Flores, J. G.; Valles-de la Mora, B.; Castelán-Ortega, O. A.; Ocaña-Zavaleta, E. y Jarillo-Rodríguez, J. /</i>	
Uso y manejo de recursos arbóreos en explotaciones ganaderas del centro de Veracruz, México.....	95-117
<i>Ascencio-Rojas, L.; Valles-de la Mora, B.; Ibrahim, M. y Castillo-Gallegos, E. /</i>	
Aplicabilidad de ecuaciones de predicción de rendimiento de cortes de canales de bovino en el estado de Jalisco, México	119-134
<i>Zorrilla-Ríos, J. M.; Lancaster, P. A.; Goad, C. L. y Carrasco, D. M. /</i>	
Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación	135-148
<i>González-Garduño, R.; Blardony-Ricardez, K.; Ramos-Juárez, J. A.; Ramírez-Hernández, B.; Sosa, R. y Gaona-Ponce, M. /</i>	
Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de <i>Cocos nucifera</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> Var. Cunningham y <i>Pennisetum purpureum</i> Cuba CT-115	149-160
<i>Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. /</i>	
Indicaciones para los autores /	161-167

Index

Editorial	5-6
Methodological proposal to evaluate productive projects with local sustainability criteria in Calakmul, Mexico	9-34
<i>Kú, V. M.; Pool, L.; Mendoza, J. and Aguirre, E. /</i>	
Otoliths analysis of <i>Mugil curema</i> (Pisces: Mugilidae) in Cuyutlan Lagoon, Mexico.....	35-64
<i>Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M.;</i> <i>Cabral-Solís, E. G.; Puente-Gómez, M. and García-Boa, A. /</i>	
Diversity of parasitoid wasps in an organic silvopastoral system for cattle production in Colombia	65-78
<i>López, L.; Armbrecht, I.; Montoya-Lerma, J. and Molina, E. J. /</i>	
Total dry matter yield and nutritive quality of leaves and young stems of four <i>Cratylia argentea</i> accessions in the humid tropics of Veracruz, Mexico	79-93
<i>Castillo-Gallegos, E.; Estrada-Flores, J. G.;</i> <i>Valles-de la Mora, B.; Castelán-Ortega, O. A.;</i> <i>Ocaña-Zavaleta, E. and Jarillo-Rodríguez, J. /</i>	
Use and management of tree fodder resources on farms in central Veracruz, Mexico	95-117
<i>Ascencio-Rojas, L.; Valles-de la Mora, B.;</i> <i>Ibrahim, M. and Castillo-Gallegos, E. /</i>	
Applicability of prediction equations for cutability in beef carcasses in Jalisco, Mexico.....	119-134
<i>Zorrilla-Ríos, J. M.; Lancaster, P. A.;</i> <i>Goad, C. L. and Carrasco, D. M /</i>	
Meat production profitability of Katahdin x Pelibuey sheep in three feeding system	135-148
<i>González-Garduño, R.; Blardony-Ricardez, K.;</i> <i>Ramos-Juárez, J. A.; Ramírez-Hernández, B.;</i> <i>Sosa, R. and Gaona-Ponce, M. /</i>	
Carbon sequestration in aboveground biomass of agrosilvopastoral system (<i>Cocos nucifera</i>), (<i>Leucaena leucocephala</i> Var. Cunningham) and (<i>Pennisetum purpureum</i>) Cuba grass CT-115	149-160
<i>Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. /</i>	
<i>Instructions for authors /</i>	161-167

Editorial

Este año reviste especial trascendencia para el proyecto editorial de REVAIA: estamos cumpliendo ya diez años de trabajo ininterrumpido desde 2003, punto de partida de la segunda época de la revista. Por ello, celebramos con gran entusiasmo que aparezca este primer ejemplar de 2013, en el que —al igual que todas las ediciones precedentes— hemos logrado las metas establecidas en el desarrollo de lo que toda revista científica debe tener: alto valor académico, indización, ser internacional, puntual en su periodicidad y entrega, así como ser incluyente.

Alcanzar todas esas metas ha representado un verdadero desafío que nos ha ocasionado desvelos y mucho trabajo; sin embargo, todo ese esfuerzo se ha visto recompensado en gran medida porque hemos obtenido logros importantes a lo largo de esta década; entre ellos, posicionarla cada vez más tanto en el ámbito nacional como del extranjero, gracias a cada uno de los peldaños que hemos ido ascendiendo durante los 30 números que, precisamente, completaremos este año.

Uno de los pilares con los que REVAIA se ha visto fortalecida es el de que aglutina a un importante grupo de académicos y profesionales de diferentes especialidades dentro del área agropecuaria, de distintas latitudes, altamente comprometidos con la revista; todos ellos, al igual que quienes la dirigimos, tenemos la firme convicción de estar realizando un trabajo de excelente calidad editorial, así como la esperanza de estar contribuyendo en la construcción de un espacio alterno para la difusión de los trabajos de investigación científica de México y América Latina.

Como dice el refrán “más vale paso que dure y no trote que canse”: esos peldaños que hemos ido escalando uno a uno hasta llegar a este momento de estos diez primeros años, han sido pasos firmes, avanzando siempre sin retroceder, cosechando cada vez más logros y satisfacciones. Tras esta década de incesante esfuerzo editorial, no sólo hemos cumplido con las metas que nos hemos fijado, sino que las revisamos constantemente para evaluarnos y, con ello, hacer mejoras, renovaciones, ajustes y actualizaciones que nos permitan avanzar en esta propuesta editorial.

Otro factor clave ha sido el que, desde un principio, hemos dejado en claro que la revisión de los artículos por pares es un apoyo fundamental como herramienta que permite tener calidad de los trabajos publicados, fenómeno que hemos cumplido a cabalidad. En este contexto, hemos invitado —durante toda esta década— a colegas de toda Iberoamérica con el objetivo de lograr su colaboración para los arbitrajes, lo cual mayoritaria-

mente se ha conseguido; pero también ha sido una forma de obtener nuevos materiales para publicar, situación que redundaba en tener un banco de artículos en proceso de arbitraje, corrección, aceptación y, finalmente, su publicación; ello ha contribuido de manera sustancial a la edición ininterrumpida y puntual de nuestra revista.

Asimismo, hemos tratado de que nuestra publicación se identifique por la portada: que tenga un colorido característico, estampando imágenes de la naturaleza; ya que la generosa madre tierra nos provee de una infinidad de plantas, árboles, flores, frutos y semillas; amén del propio entorno en donde se desarrollan todos ellos. La idea de usar estas bellas imágenes tiene varios propósitos: además de engalanar la portada, sirve también como orientación para nuestro público, en un contexto de conocimiento general, al presentar parte de la enorme biodiversidad regional y nacional de nuestro país. No sólo queremos lucir nuestras portadas en cada edición, sino también despertar la curiosidad de nuestros lectores e informarles parte de ello, en la medida de lo posible, dentro de los diversos editoriales que hemos venido publicando cada cuatro meses.

Respecto al factor indización, que tiene que ver con la visibilidad, es una estrategia de constante búsqueda y actualización. En este décimo aniversario, nos orgullecemos de la aparición de REVAIA en el sistema OJS (Open Journal Systems), ya que tras varios intentos logramos esta inclusión. Con ello, esperamos su indización en otros sistemas, como son: AGRÍCOLA, AGRIS y AGRIS2000, en el servidor del SIDALC (Sistema de Información y Documentación Agropecuario de América); de estos últimos tres, estamos en proceso de lograrlo. Sin menoscabo del acceso a otras bases de reconocido prestigio como JCR-ISI, SCIELO, y en forma nacional, al CONACYT.

En esta significativa ocasión, invitamos al Dr. José Manuel Zorrilla Ríos, académico mexicano de alto prestigio nacional e internacional, para que exprese su visión de *Avances de Investigación Agropecuaria*, acerca de este aniversario especial de la revista. Agradecemos sus palabras, aceptamos sus reflexiones, así como las implicaciones de los retos expuestos.

Un saludo afectuoso en este décimo aniversario para todos: sobre todo, a quienes hacen posible la construcción de este espacio académico desde sus respectivos ámbitos de colaboración editorial. Tras estos primeros diez años de vida de REVAIA tenemos motivos más que suficientes para sentir una gran alegría y una enorme satisfacción.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

En los primeros diez años de *Avances en Investigación Agropecuaria*

Diez años, en retrospectiva, para una revista científica en el área de “Ciencias de la Vida” —en su sentido más amplio— podrían no ser muchos, si tomamos en cuenta que varios de los ciclos biológicos que atiende son de larga duración y, por consecuencia, la oportunidad de tener un impacto a través de la adopción de tecnologías, producto de la generación de nuevos conocimientos, se limita significativamente.

Y a pesar de este marco referencial expuesto, en mi modesta opinión, es de señalarse como notable varios aspectos evolutivos que en ese periodo de tiempo ha experimentado la revista *Avances en Investigación Agropecuaria*. Menciono dos que, a mi juicio, me parecen sobresalientes:

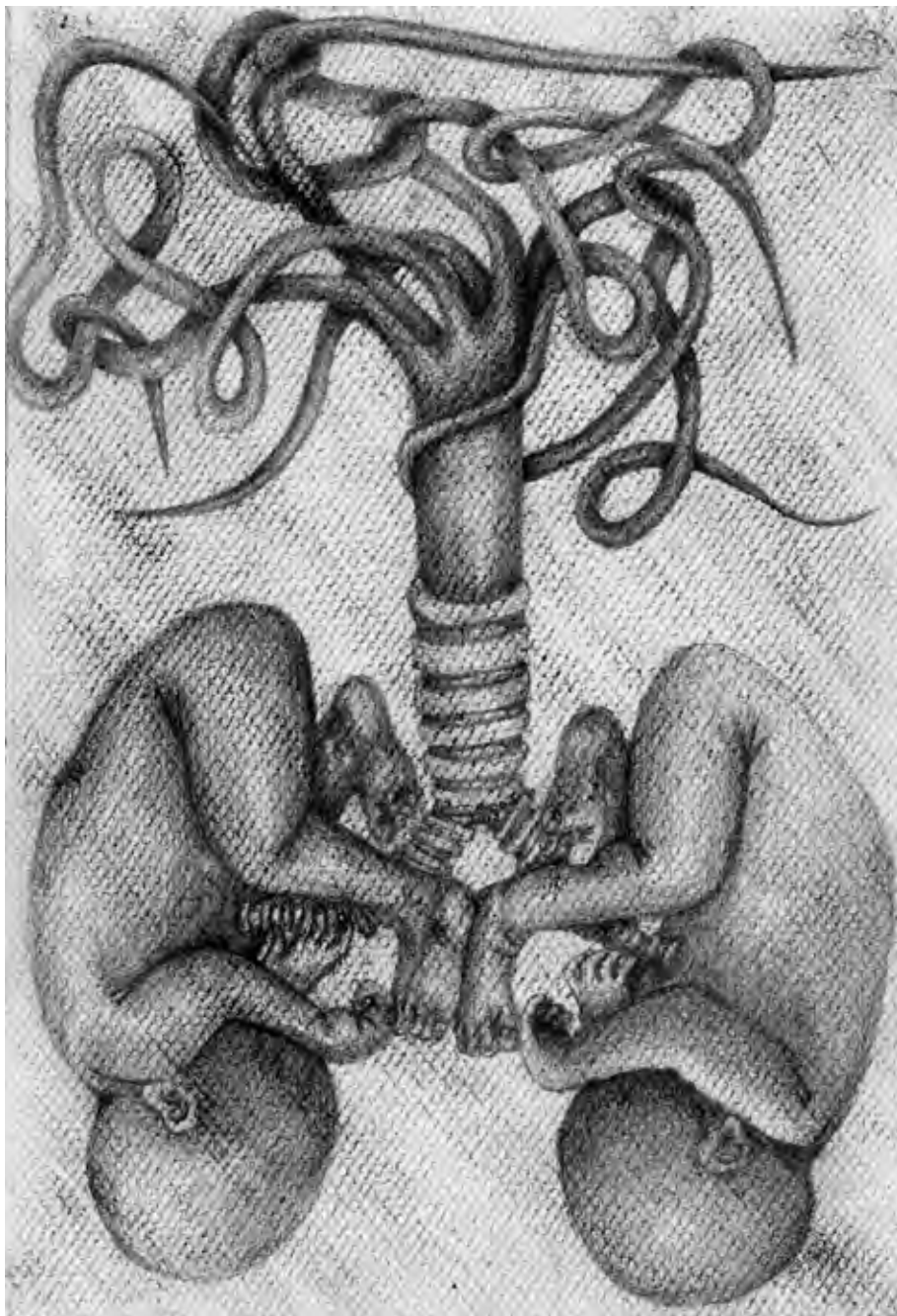
a) los temas expuestos son tratados con rigurosidad científica racional, es decir, sin caer en el dogmatismo científico; respetando con ello, a final de cuentas, el criterio del investigador-lector para tomar su propia decisión. Así, la revista les reconoce la mayoría de edad científica a sus destinatarios.

b) la evolución en el formato de presentación de la revista es producto de un enorme esfuerzo editorial, conjugando eficientemente el ahorro de energía-insumos y la efectividad en la accesibilidad a la información.

Confío en que detrás del grupo que filantrópicamente hoy en día dedica buenas horas de su vida a la persistencia de tan valioso medio de información científica, se esté formando al equipo de relevo que, eventualmente, deberá tomar la estafeta y mantener a la revista en el curso de servicio, atención y dedicación a la sociedad en lo general, y a la familia científica en el área de las Ciencias de la Vida, en lo particular.

Vaya una sincera felicitación a los que hacen posible los primeros diez años de la revista *Avances en Investigación Agropecuaria*, con la visión y esperanza puesta en su presencia para los próximos diez.

José Manuel Zorrilla Ríos
CUCBA-Universidad de Guadalajara



Título: *De raíz*
Técnica: Mixta (grafito con acrílico sobre fabriano)
Autor: Adoración Palma García (2manoS)
Medida: 20 x 27 cm
Año: 2012

Propuesta metodológica para evaluar proyectos productivos con criterios locales de sustentabilidad en Calakmul, México

Methodological proposal to evaluate productive projects with local sustainability criteria in Calakmul, Mexico

Kú, V. M.;* Pool, L.; Mendoza, J. y Aguirre, E.

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Campeche
Manejo y fertilidad de suelos
Av. Rancho Polígono No. 2-A, Ciudad Industrial
Lerma, Campeche, Campeche; México (C. P. 24500).
Tel. 9811273720

*Correspondencia: vmku@ecosur.mx

Resumen

En el presente artículo se propone una metodología para evaluar la factibilidad de subsidio económico en sistemas de producción —usando indicadores locales de sustentabilidad— en la Región Constitución, Calakmul, Campeche (México). A partir de encuestar a productores, tomadores de decisiones y técnicos locales, se construyó una lista de 17 indicadores de sustentabilidad para evaluar los sistemas de producción del chile jalapeño (*Capsicum annum* L.), y maíz (*Zea mays* L.). Ambos modelos de evaluación fueron aprobados en el Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable de Calakmul (CMDRS), institución que avala el subsidio a productores a través de un concurso de propuestas. Con base en los indicadores estudiados el chile tuvo una calificación de 69.40% y el maíz de 54.10%. Las principales debilidades fueron: las fuertes deficiencias tecnológicas de producción, la falta de organización entre productores y la inadecuada comercialización de la producción. La metodología propuesta permite a los productores y tomadores de decisiones, identificar las principales debilidades de los sistemas de producción; y así,

Abstract

In this paper a methodology for evaluating the feasibility of economic subsidies on land use systems using local indicators of sustainability in the Constitución region, Calakmul, Campeche (Mexico), is proposed. In order to identify the sustainability indicators for evaluating the Jalapeño pepper (*Capsicum annum* L.), and Maize (*Zea mays* L.) crop systems, local farmers, policymakers and agronomists were interviewed and a list of 17 indicators were obtained. Both evaluating models were approved by the Municipal Council for Sustainable Rural Development of Calakmul (CMDRS), committee that endorses subsidies to farmers through an application contest. The Jalapeño pepper got 69.40% and the Maize crop system got 54.10%. The main identified limitations in both crop systems are the lack of crop-production technologies, lack of organisation among farmers and deficient trading of the harvests. The methodology proposed here, is meant to help farmers, policymakers and agronomist to identify the main limitations in the production of the regional main crop systems, in order to invest the scarce resources in solving this

orientar los esfuerzos y los escasos recursos económicos para atenderlos. El modelo puede ser replicado en otras regiones de México, ajustando los indicadores a las condiciones locales de la región en que se pretenda usar.

Palabras clave

Indicadores de sustentabilidad, maíz, Chile, MESMIS, Campeche, economía campesina.

problem. We believe the methodology could be applied in other regions of Mexico; so far the indicators are adjusted to local conditions of each region to be used.

Key words

Sustainability indicators, Corn, Chile, MESMIS, Campeche, economy peasant.

Introducción

Actualmente, existen diversos métodos para evaluar la sustentabilidad en sistemas de producción agropecuarios, a través de diferentes formas de ponderación y estrategias de análisis. Para ello, se cuenta con algunas listas de indicadores (Winograd, 1995), índices (Harrington, 1992), pilares en la sustentabilidad (Masera *et al.*, 1999; INEGI-INE, 2000; Rigby *et al.*, 2000; Bosshard, 2000; Black y Hughes, 2001; Briassoulis, 2001), marcos conceptuales para la derivación de criterios e indicadores; como los de UICN (1997), De Camino y Müller (1993), Smith y Dumansky (1994), Masera *et al.* (1999) y Sarandon (2002).

Algunos indicadores han sido diseñados para su aplicación en el ámbito regional o nacional (Bakkes *et al.*, 1994; Winograd, 1995; Hammond *et al.*, 1995); otros, para casos específicos (Taylor *et al.*, 1993; Stockle *et al.*, 1994). Asimismo, otros estudios (Casas *et al.*, 2009) han implementado índice, como el Índice Relativo de Sustentabilidad (IRS), o han hecho énfasis en el componente social de la sustentabilidad (González *et al.*, 2006).

En México, inicialmente el sistema más utilizado fue el Marco de Evaluación de Manejo Sustentable de Tierras, propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y alimentación (FAO, 1994); el cual cuenta con un enfoque integrador, aunque sesgado al aspecto ambiental. Posteriormente, Masera *et al.* (1999) desarrollaron el Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo, incorporando Indicadores de Sustentabilidad (MESMIS), caracterizado por ser un esfuerzo sistemático y consistente para que sean operativos los principios generales de sustentabilidad, en casos concretos.

Además, puede adecuarse al estudio de cualquier tipo de sistema de producción dado que es cíclico, flexible y participativo (Masera *et al.*, 1999; Brunett, 2004). Ha sido utilizado como herramienta de evaluación en más de 40 estudios de caso tanto en México como en el resto de Latinoamérica y también en España (Masera y López-Ridaura, 2000; Villa, 2002; Brunett, 2004; López-Ridaura *et al.*, 2005; Nasca *et al.*, 2006; González *et al.*, 2006; Priego-Castillo *et al.*, 2009), ajustando las condiciones locales con base en los aspectos técnicos, económicos y ambientales.

Con base en la propuesta del MESMIS (Masera *et al.*, 1999), y la inclusión de indicadores locales, se propone un método sencillo que permita —en el ámbito local— la evaluación de la sustentabilidad de los principales sistemas de producción, en localida-

des con gran diversidad natural y cultural, ubicadas en la zona de influencia de la Reserva de la Biosfera Calakmul.

Calakmul es un municipio con una gran riqueza natural y cultural; sin embargo, el 85.80% de su población tiene algún grado de pobreza (Coneval, 2011). La actividad económica de mayor importancia es la primaria, con gran deficiencia tecnológica y mínima inversión. La demanda de subsidios es muy alta, por lo que año con año existe el problema de cómo distribuir los escasos recursos en proyectos detonantes, que promuevan no sólo el desarrollo económico, sino el manejo y aprovechamiento racional de los recursos naturales.

El sistema de producción agropecuaria predominante es la roza-tumba-quema, el cual está basado en la rotación de campos de cultivo en el que se alternan un ciclo corto de cultivo (1 a 3 años) y uno largo de descanso con vegetación secundaria en desarrollo (17 o más años). De acuerdo con Hernández (1959), la primera actividad es la roza, que consiste en eliminar arbustos pequeños, matorrales, enredaderas y ramas bajas de los árboles con la ayuda de un machete; para continuar con la tumba (se hace cortando los árboles y arbustos más grandes a una altura que va de 50 a 100 cm); una vez seca la biomasa, se procede a la quema.

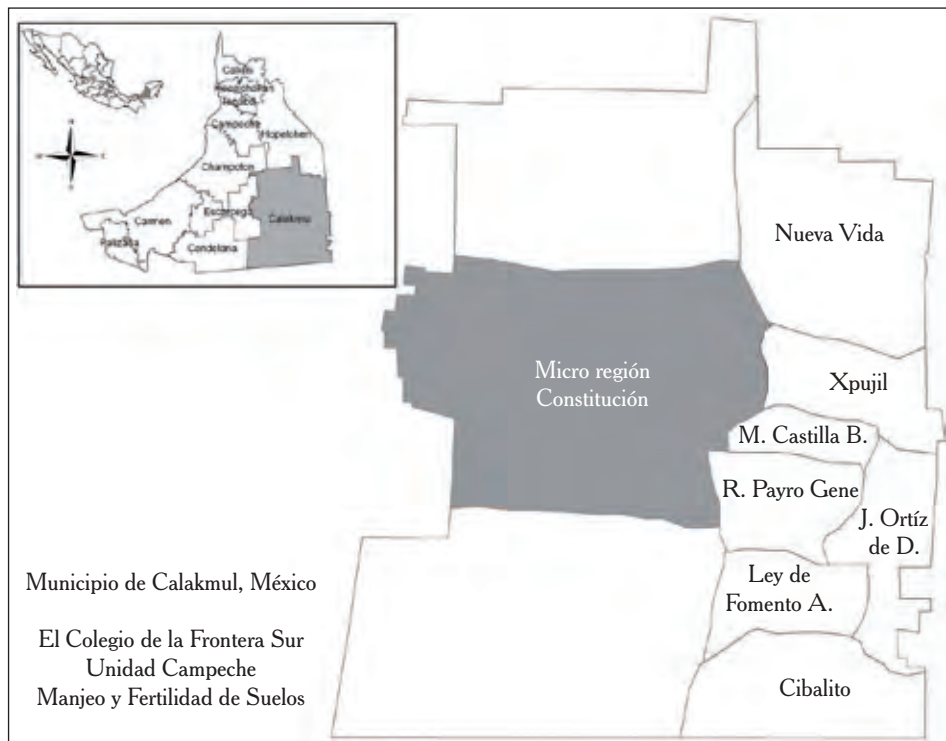
Con la creación de los Consejos Municipales de Desarrollo Rural Sustentable (CMDRS), los municipios se vieron involucrados directamente en la selección de los proyectos para apoyar con subsidios, lo que se convirtió en un problema al no tener criterios claros e imparciales para dicha selección; más aún cuando del total de propuestas recibidas sólo se apoya el 35%.

Motivo por el cual, el objetivo de este trabajo fue construir una herramienta de fácil manejo que permita a productores y tomadores de decisiones municipales (por ejemplo: miembros del Consejo Municipal de Desarrollo Rural Sustentable —CMDRS— de Calakmul), valorar la sustentabilidad de los principales sistemas de producción, identificando debilidades y fortalezas, para promover estrategias que les permitan fortalecer la actividad, acorde a las condiciones particulares de la región.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en la micro región Constitución, ubicada en el extremo oeste del municipio de Calakmul, estado de Campeche, México (figura 1). Ésta, se caracteriza por tener un paisaje cárstico con relieve ondulado y cerros aplanados de declives suaves (Pool *et al.*, 2002). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano y parte de invierno, con una temperatura promedio anual de 24.60°C y una precipitación media anual de 1,138 mm (García, 1973). Los escurrimientos y cuerpos superficiales con agua son escasos (Pool *et al.*, 2002). Los suelos más comunes son leptosoles y regosoles en las lomas; asimismo, hay vertisoles pélicos y gleysoles úmbricos, en las planicies. La vegetación presente es selva baja subperennifolia y subcaducifolia, así como mediana subperennifolia.

Figura 1
La micro región Constitución y municipio de Calakmul, México.



A través de encuestar a 40 productores de once localidades de la micro región Constitución, así como consultar bases de datos generadas en el ordenamiento ecológico del municipio (Arreola *et al.*, 2007), se identificó una lista preliminar de 30 indicadores para los sistemas de producción maíz (*Z. mays* L.) y chile jalapeño (*C. annum* L.), considerados los de mayor importancia en la región. El maíz es la base de la alimentación de la familia y localmente el chile jalapeño es el principal cultivo comercial. La lista de indicadores se puso a consideración del CMDRS, así como de los productores entrevistados; en este proceso se identificaron nuevos indicadores y se eliminaron otros, dando como resultado una lista definitiva de 17 indicadores para cada cultivo (cuadro 1).

Para proceder a evaluar los sistemas de producción seleccionados, se enlistaron las prácticas agrícolas más importantes y los insumos utilizados en cada uno de ellos. Se utilizó un parámetro de jornales equivalente. Se anotó el número de jornales mínimo, medio, máximo; acontecido por práctica (Trabajo) y los consumibles aplicados (Insumos); se definió el óptimo para cada práctica e insumo y se calculó el costo/beneficio (cuadro 2). Los criterios para definir el óptimo para cada práctica agrícola —al igual que con los in-

dicadores— fueron construidos y graduados por los miembros del CMDRS, agricultores de la región y técnicos locales (cuadro 3).

A cada indicador se le asignó un valor entre 1 = No aceptable y 5 = Excelente. Se sumaron los puntos de cada indicador, obteniéndose un puntaje total del sistema, el cual se dividió entre la suma del valor óptimo de los indicadores (85 puntos) y se multiplicó por 100 (Ecuación 1). El resultado es la calificación del sistema de producción en porcentaje.

Ecuación 1

$$\text{Calificación del proyecto en \%} = \text{Puntaje total obtenido} / \text{Valor óptimo} \times 100$$

La escala de calificación de cada indicador es relativa a su máximo valor. Por ejemplo, cuando tiene un valor de 1, el indicador señala muy baja eficiencia (entre 0 y 20%); y en el otro extremo, cuando el indicador tiene un valor de 5, señala muy alta eficiencia (entre 81 y 100%). Los valores 2 a 4 se distribuyen en intervalos de 20% cada uno. Esta lógica se siguió al momento de representar los resultados en la gráfica de Amiba (Mäser *et al.*, 1999); cuando el gráfico se aleja del centro, es mayor el grado de eficiencia del sistema.

Resultados

Características de los sistemas de producción

Chile jalapeño

En la micro región Constitución, el chile jalapeño es parte de una estrategia de economía campesina que le sirve a la familia para obtener dinero (efectivo); se cultiva con el sistema de roza, tumba y quema (RTQ). La roza y tumba se realiza en los meses de noviembre a enero y la quema en el mes de abril.

La semilla se selecciona en diciembre: de la cosecha anterior, de frutos maduros, sanos y de buen tamaño. Para la siembra se buscan suelos no inundables, con alto contenido de materia orgánica; utilizan de tres a seis kilogramos de semilla ha⁻¹, depositando de cinco a 15 semillas por golpe, buscando tener una población de 62,500 plantas ha⁻¹. La siembra es directa, con ayuda del espeque (vara de madera con punta metálica con el que se hace el hoyo para depositar las semillas), entre los meses de mayo a julio, una vez establecida la temporada de lluvias.

La fertilización es heterogénea, depende de la disponibilidad de recursos económicos. Se usan fertilizantes inorgánicos y foliares o ninguno. El control de arvenses se realiza de julio a octubre, sobre todo a mano y eventualmente con herbicidas. El control de plagas y enfermedades también es heterogéneo y limitado por los recursos económicos disponibles; se han reportado hasta 12 aplicaciones por ciclo; se emplean pesticidas comerciales.

La cosecha inicia a los 5.5 meses de la siembra. Se realizan cuatro cortes. En el último de ellos, los frutos que han alcanzado su máximo grado de madurez, se someten a un proceso de deshidratado o ahumado mediante horno rústico, dando valor agregado al producto; de estos frutos se obtiene la semilla para el siguiente ciclo. Los rendimientos varían de tres a 12 t ha⁻¹. Esta diferencia se explica por la heterogeneidad en el proceso productivo: diferencias en la fecha de siembra, en los productos y dosis empleados para el combate a plagas y enfermedades, genotipo, así como la aplicación de fertilizantes (cuadro 2).

El fruto cosechado se oferta de tres formas: fresco, ahumado y semilla. La venta de la producción se realiza a través de intermediarios, quienes fijan el precio. Factores como la distancia a la localidad, condiciones del camino de acceso, grado de madurez, hasta la misma necesidad del productor, influyen sobre el precio final.

Cuadro 1
Criterios para calificar los indicadores de sustentabilidad
para chile jalapeño y maíz.

<i>Indicador</i>	<i>Criterio</i>
Rendimiento	Viabilidad de la propuesta tecnológica para las condiciones locales y considerando los datos del cuadro 3.
Genotipo	Promueve la utilización de variedades criollas, principalmente para el caso del maíz; pero también la utilización de variedades mejoradas y probadas en las condiciones locales (cuadro 3).
Uso de agro-químicos	Debido a las condiciones de producción en la región, sin la aplicación de fertilizantes inorgánicos la producción del cultivo del maíz no sería viable. En el caso del chile jalapeño, se requiere de la aplicación de plaguicidas. Considerando los datos del cuadro 2, se suma el total de jornales/ha invertidos en adquisición de agroquímicos (fertilizantes, herbicidas y plaguicidas), y se generan los rangos que se muestran en el cuadro 3.
Insumos orgánicos	Se busca incentivar el uso de estrategias de manejo integrado del cultivo: abonos orgánicos, insecticidas biológicos, cultivos de cobertura, rotación y asociación de cultivos, etcétera. Si contempla al menos tres acciones, se califica con 5; dos acciones con 4; una acción con 3; si sólo se menciona y no se detecta una estrategia clara, se califica con 2; y cero acciones con 1.

Continúa en la pág. 15

Viene de la pág. 14

Superficie deforestada	Se busca incentivar el uso racional de los recursos, reduciendo al mínimo su degradación. Este indicador hace referencia a la edad y tipo de vegetación que se va a eliminar para establecer el cultivo; así como la superficie requerida. Cuando se va a desmontar un acahual entre 9 y 10 años, se califica con 5; entre 8 y 7 años, con 4; acahual de entre seis y cinco años, con 3; de 4 a 3 años, con 2; y, acahual menor a 2 años, con 1. No se consideran acahuales mayores a 10 y selva madura porque por ley está prohibido su aprovechamiento.
Contaminación	<p>Algunas de las acciones para reducir la contaminación del suelo, cuerpos de agua, aire y al propio ser humano discutidas, fueron: capacitación para el buen uso de agroquímicos, dosis correctas, el momento preciso de aplicación; pero sobre todo, también es importante concientizar sobre el problema que causa a la salud humana y el daño ecológico. Otra acción es el manejo adecuado de los residuos y contenedores de agroquímicos, dispersos por todos los campos de cultivo, utilizados incluso para almacenar y transportar agua; las mismas empresas distribuidoras deben tener en sus tiendas contenedores especiales para el acopio de los envases. Otra acción es contar con asistencia técnica que permita utilizar productos adecuados en tiempo y forma, pues por tradición el productor siempre utiliza el mismo fertilizante y el mismo plaguicida. El uso de equipo adecuado de aplicación y protección es otra acción importante. En el caso del chile jalapeño, la calificación dada fue 2, pues se hace mención de la importancia de prevenir la contaminación de manera general y no se aterriza en acciones concretas; no se ignora el problema, pero tampoco se actúa para atenderlo.</p> <p>Si el proyecto expone claramente al menos tres acciones encaminadas a reducir la contaminación al suelo, subsuelo, cuerpos de agua y ser humano, se calificará con 5; con 4 cuando contempla dos acciones; con 3 cuando hay al menos una acción clara; con 2 cuando se hace mención, pero sin un programa de acción claro; con 1 cuando no se considera este aspecto.</p>
Productos cosechados/año	Número de productos que se esperan cosechar por hectárea. El presentar una propuesta para el cultivo de una sola especie sin considerar acciones para reducir el riesgo de pérdida del cultivo por plagas, enfermedades, inundación, sequía, etcétera, se califica con 1; si la propuesta es un cultivo con al menos una acción para reducir el riesgo, se califica con 2; cuando la propuesta considera varias acciones para reducir el riesgo de pérdida de la cosecha de al menos un cultivo, se califica con 3; cuando se propone cosechar dos productos y acciones para reducir el riesgo, se califica con 4; cosechar tres o más productos, y estrategias para reducir el riesgo para el cultivo principal, se califica con 5.

Continúa en la pág. 16

Viene de la pág. 15

Relación Beneficio/ Costo(B/C)	Indicador económico donde la calificación de 5 se da cuando el valor se acerca al valor óptimo (cuadro 2). Los rangos se pueden observar en el cuadro 3.
Productividad	Entendida como la cantidad de jornales requeridos para obtener determinada producción. De acuerdo al cuadro 2 (Trabajo + Insumos), cuando el número de jornales se acerca al óptimo, se califica con 5 (de acuerdo al rango presentado en el cuadro 3).
Integración a cadenas productivas	Se refiere al grado de interacción local y/o regional en alguna fase del ciclo que permita economías de escala. Si la propuesta identifica claramente un plan de acción con responsables y plazos, encaminado a la búsqueda de las economías de escala o agricultura por contrato, se califica con 5; presenta un plan de acción pero los responsables y plazos no están definidos, con 4; si hace mención al menos a una acción, se califica con 3; cuando se identifica la necesidad de integrar cadenas productivas, pero no se menciona el cómo hacerlo, se califica con 2; no se hace mención del indicador, se asigna un valor de 1. Es un indicador cualitativo, donde los rangos y la calificación asignada fueron acordados con el CMDRS; quienes, a partir de la experiencia de estar revisando proyectos productivos por dos años, consideran importante incluir este indicador.
Plan de negocios	Al momento de realizar el presente trabajo, un requisito indispensable para la presentación de un proyecto productivo, es que debía contar con un plan de negocios diseñado acorde a las condiciones particulares del grupo solicitante. De nueva cuenta, la experiencia del CMDRS fue clave para calificar este indicador. Normalmente, los proyectos vienen acompañados por este apartado; sin embargo, no es diseñado participativamente y tomando en cuenta las particularidades del grupo, pareciera ser un formato donde sólo cambia el nombre del solicitante. Actividades programadas a corto, mediano y largo plazo. Si el proyecto incluye análisis estratégico, se califica con 5; presenta diagnóstico general, con 4; se describe someramente la problemática y condiciones generales del proyecto, pero no existe un plan de acción clara, se califica con 3; con 2, cuando se hacen mención de la situación actual, pero no identifica con claridad la problemática principal; no lo incluye, con 1.
Inversión de capital	Contempla invertir un porcentaje de las ganancias, 30% tiene un valor de 5; 25% un valor de 4; 20% se califica con 3; 15% se califica con 2; cuando la inversión es menor al 10%, con 1.

Continúa en la pág. 17

Viene de la pág. 16

<p>Equidad</p>	<p>Entendida como el acceso a la tierra, al capital y a la tecnología. Cuando el sistema de producción requiere de recursos económicos fuertes (como el chile jalapeño), no todos los agricultores pueden acceder a este cultivo; además, se requiere de conocimientos más especializados; por lo que se considera poco equitativo. Cuando el sistema de producción es accesible a la mayoría de la población campesina, que disponga de tierras y conocimientos básicos y un mínimo de capital, se califica con 5; cuando se tienen tierras, capital y falta conocimientos o tecnología, con 4; cuando falta uno de los tres elementos básicos (capital, tierras o tecnología), con 3; cuando faltan dos, se califica con 2 y si faltan todos, con 1.</p>
<p>Ahorro generado</p>	<p>Para calificar este indicador se tomó en cuenta la experiencia del CMDRS, quienes consideran pertinente dejar en claro en el proyecto la necesidad de destinar recursos para emergencias o, en el caso del chile, para invertirlo en el siguiente ciclo. Para el maíz, el ahorro económico es prácticamente inexistente; se considera si la cantidad de producción obtenida es suficiente para el autoconsumo. La producción de chile debe permitir un ahorro de al menos un 20% de las ganancias, lo que estaría calificándose con 5; destinar un 15% como fondo de ahorro, con 4; 10% se califica con 3; 5% con 2; y si no destina nada, se califica con 1. Para el maíz, el ahorro no es directamente en dinero, es el mismo grano, los criterios aplicados son los mismos respecto del Indicador Rendimiento (cuadro 3).</p>
<p>Financiamiento/ Subsidio</p>	<p>El proyecto propone una mezcla de recursos donde los solicitantes se comprometen a aportar (en efectivo o en especie) al menos el 30% del requerimiento del proyecto. Esta condición se califica con 5; cuando el aporte es de 25% se califica con 4; cuando se comprometen a aportar el 20%, se califica con 3; un aporte del 15% con 2 y una aportación menor al 15%, se califica con 1.</p>
<p>Capacitación</p>	<p>Cuando el proyecto identifica la necesidad de capacitación, mediante un diagnóstico y propone un programa específico de capacitación con tiempos y recursos necesarios, se califica con 5. Si presenta el diagnóstico y la necesidad de capacitar al grupo, con 4. Cuando presenta de manera clara el diagnóstico o un programa de capacitación, se califica con 3; cuando menciona de manera somera la necesidad de capacitación, se asigna un valor de 2; si no se considera, con 1.</p>

Continúa en la pág. 18

Viene de la pág. 17

Respaldo institucional	Proyecto de interés municipal, se inserta en el Plan de Desarrollo, así como en el Ordenamiento Ecológico del Territorio (OET); cumple con los criterios de elegibilidad de la institución a la que se le solicita recursos. Cumpliendo estas cuatro condiciones, tiene valor de 5; si cumple con tres, tiene valor de 4. Cuando cumple con dos condiciones, se califica con 3; cumple con una condición, y es una propuesta viable pero con deficiencias, con 2. No cumple con ninguna condición, 1.
------------------------	---

Cuadro 2

Números de jornales (costos de producción; mínimo, máximo, medio y óptimo) por práctica agrícola e insumos por hectárea ($J ha^{-1}$), costo/beneficio en términos de $t ha^{-1}$ y miles de pesos mexicanos por hectárea ($\$ ha^{-1}$) para los cultivos de maíz y chile jalapeño.

Prácticas agrícolas	Cultivo de maíz				Cultivo de chile jalapeño			
	Mín.	Máx.	Media	Óptimo	Mín.	Máx.	Media	Óptimo
Preparación del terreno ($J ha^{-1}$)	12	25	18	15	22	52	37	25
Siembra ($J ha^{-1}$)	2	6	4	6	6	22	14	10
Semilla ($J ha^{-1}$)	1	6	2	4	8	22	14	10
Fertilización ($J ha^{-1}$)	0	4	1	4	0	12	5	10
Fertilizantes ($J ha^{-1}$)	0	8	1	10	0	36	12	15
Control de arvenses ($J ha^{-1}$)	2	8	4	12	4	24	13	15
Herbicidas ($J ha^{-1}$)	0	4	2	0	0	5	1	0
Control de plagas ($J ha^{-1}$)	0	4	2	2	0	34	12	10
Insecticidas ($J ha^{-1}$)	0	2	2	0	0	25	7	10
Control de enfermedades ($J ha^{-1}$)	0	0	0	0	0	3	1	0
Fungicidas ($J ha^{-1}$)	0	0	0	0	0	5	1	0

Continúa en la pág. 19

Viene de la pág. 18

Dobla (J ha ⁻¹)	0	6	3	4	NA	NA	NA	NA
Cosecha (J ha ⁻¹)	3	15	8	10	17	90	39	40
Desgranado (J ha ⁻¹)	1	3	2	6	NA	NA	NA	NA
Acarreo (J ha ⁻¹)	1	15	5	6	4	14	9	15
Ahumado (J ha ⁻¹)	NA	NA	NA	NA	0	27	15	25
Rendimiento (t ha ⁻¹)	0.4	1.5	0.8	3	3	12	7	10
Trabajo (J ha ⁻¹)	34	54	49	65	87	207	145	150
Insumos (J ha ⁻¹)	1	18	5	14	8	43	35	35
Beneficio (miles de \$ ha ⁻¹)	1	4	2	6	6	44	22	30
Costo (miles de \$ ha ⁻¹)	3	5	4	5	11	21	15	15
Beneficio/Costo (B/C)	0.25	0.88	0.50	1.20	0.50	2.11	1.50	2.00

Nota: El valor óptimo de cada práctica agrícola es aquel que es factible de obtenerse en las condiciones ambientales de la región, si se realiza con eficiencia. Por ejemplo, para la preparación del terreno para producir maíz, se usan entre 12 y 25 jornales por hectárea (J ha⁻¹); si se hace un trabajo más eficiente, es posible hacerlo en 15 J ha⁻¹, esfuerzo cercano a la media (18 J ha⁻¹). Se considera el costo por jornal de \$80.00 M. N. (valor del año 2009). N.A. = No Aplica.

Maíz

Actualmente se siembran variedades de maíces criollos, blancos y amarillos, con ciclo vegetativo que va de 90 a 120 días; sin embargo, la presencia de híbridos se ha incrementado por su demanda en el mercado y los subsidios que los acompañan. El maíz, está fuertemente asociado al chile jalapeño; el primer año se siembra chile y los siguientes dos o tres años, maíz. Con esta secuencia de cultivos en RTQ, el chile jalapeño se desarrolla con baja incidencia de enfermedades del suelo; asimismo, el maíz es más resistente a enfermedades del suelo, aprovecha el efecto residual de los insumos aplicados al chile jalapeño.

En los meses de marzo y abril, los productores realizan la quema de los residuos vegetales del cultivo de chile. No en todos los casos se realiza la guardarraya, lo que posibilita la propagación de incendios. Las semillas utilizadas, en general, son seleccionadas de las mazorcas de la cosecha anterior. Las semillas mejoradas son usadas con mayor frecuencia, sobre todo en los años en que se apoya su adquisición, mediante subsidios. La densidad promedio es de 40,000 plantas por hectárea, empleando de 14 a 20 kg de semilla ha⁻¹.

En general, el cultivo de maíz se realiza con prácticas tradicionales, con bajo uso de fertilizantes y pesticidas. El control de las arvenses se realiza al mes de haber sem-

brado y un segundo control a los dos meses, a machete y/o utilizando herbicidas. En el caso de que se cultive calabaza chihua (*Cucurbita sp.*), ésta evita parcialmente el crecimiento de las arvenses, pero limita el uso del herbicida, así que son pocos los agricultores que asocian cultivos.

Las principales plagas que atacan al cultivo de maíz son vertebrados (*Aratinga ana-na*, *Nasua narica*, *Procyon lotor*, *Tayassu pecari*). Las enfermedades afectan poco al cultivo, el control es mínimo, principalmente con prácticas culturales como la denominada “dobla”; ésta, consiste en doblar la caña de maíz en el entrenudo inmediato inferior a la mazorca, con la intención de evitar la pudrición de la mazorca y conservarla en buen estado, reduciendo los efectos de la humedad asociada con la lluvia y la época de frentes fríos o “nortes”, así como para reducir el daño por aves. Se cosecha en tres diferentes estados de maduración: primero, cuando esta tierno el grano; una segunda cosecha cuando el grano está al 70% de madurez; y, finalmente, cuando el grano está en madurez comercial (85%). En cada momento el maíz tiene un modo de preparación y consumo diferente.

Cuadro 3
Crterios adicionales para calificar los indicadores.

<i>Indicador</i>	<i>Calificación</i>	<i>Maíz</i>	<i>Calificación</i>	<i>Chile</i>
Rendimiento	1	0 ton ha ⁻¹	1	≤ 2 ton ha ⁻¹
	2	0.1 a 0.5 ton ha ⁻¹	2	2.1 a 4 ton ha ⁻¹
	3	0.6 a 1 ton ha ⁻¹	3	4.1 a 6 ton ha ⁻¹
	4	1.1 a 2.5 ton ha ⁻¹	4	6.1 a 8 ton ha ⁻¹
	5	>2.5 ton ha ⁻¹	5	> 8 ton ha ⁻¹
Genotipo	1	Siembra maíz híbrido con limitaciones para su desarrollo en la región	1	Híbridos o variedades con limitaciones para su desarrollo en la región
	2	Siembra maíz híbrido adaptado a las condiciones locales	2	Variedades con potencial para su óptimo desarrollo, pero no probadas
	3	Siembra maíz híbrido asociado con calabaza o frijol	3	Siembra híbridos o variedades adaptadas a las condiciones locales
	4	Siembra maíz criollo asociado con calabaza o frijol	4	Variedades adaptadas a condiciones locales y alto potencial productivo
	5	Siembra maíz criollo asociado con calabaza y frijol	5	Variedades adaptadas a las condiciones locales, con alto potencial productivo y demanda en el mercado

Continúa en la pág. 22

Viene de la pág. 21

Agroquímicos	1	Exclusivamente fertilizantes ≤ 2 jor ha ⁻¹	1	13 a 17 jor ha ⁻¹
	2	3 a 4 jor ha ⁻¹	2	18 a 22 jor ha ⁻¹
	3	5 a 6 jor ha ⁻¹	3	23 a 27 jor ha ⁻¹
	4	7 a 8 jor ha ⁻¹	4	28 a 32 jor ha ⁻¹
	5	9 a 10 jor ha ⁻¹	5	33 a 37 jor ha ⁻¹
B/C	1	0	1	0
	2	0.1 a 0.3	2	0.1 a 0.6
	3	0.4 a 0.7	3	0.7 a 1.3
	4	0.8 a 1.1	4	1.3 - 1.9
	5	≥ 1.2	5	≥ 2
Productividad	1	≤ 27 jor ha ⁻¹	1	≤ 65 jor ha ⁻¹
	2	28 a 43 jor ha ⁻¹	2	66 a 103 jor ha ⁻¹
	3	44 a 59 jor ha ⁻¹	3	104 a 141 jor ha ⁻¹
	4	60 a 74 jor ha ⁻¹	4	142 a 179 jor ha ⁻¹
	5	≥ 75 jor ha ⁻¹	5	≥ 180 jor ha ⁻¹

Evaluación de los sistemas de producción

Chile jalapeño

Con base en los indicadores, el sistema de producción del chile jalapeño obtuvo 59 puntos, lo que representa el 69.40% (cuadro 4, figura 2). Las mayores deficiencias corresponden al indicador *uso de insumos orgánicos*, que es prácticamente nulo; años atrás se utilizaron mucho los cultivos de cobertura, abandonados en la actualidad; el otro indicador —con calificación de 2— es contaminación; principalmente por el uso inadecuado de agroquímicos que, además de contaminar cuerpos de agua, aire y suelo, afecta la salud del agricultor y su familia; normalmente, los proyectos hacen mención del buen manejo de agroquímicos, pero en la práctica no sucede.

Económicamente, los indicadores favorables son: *B/C* y *productividad*, calificados con 5, lo que refleja la situación propicia del chile jalapeño en la región (la relación Beneficio/Costo es de 1.5). Para el criterio *visión empresarial*, los indicadores se califican con 3, confirmando el incipiente proceso organizativo y comercial de la actividad. Para el indicador *integración a las cadenas productivas*, la calificación asignada fue de 3; es decir, el CMDRS considera que la mayoría de los proyectos revisados incluyen un apar-

tado donde hacen mención de la necesidad de generar economías de escala que les permita reducir sus costos de producción; sin embargo, no se detallan las acciones a seguir. Todos los proyectos mencionan la necesidad de buscar esquemas de agricultura por contrato; sin embargo, ninguno presenta documentos o datos que demuestren que efectivamente se esté buscando, e incluso, que ya se tengan contratos firmados. El indicador *plan de negocios* se calificó con 3; se anexa el documento, pero presenta serias deficiencias en su elaboración, al no haber claridad respecto de cómo concretar las acciones y metas.

El pilar productivo tiene un buen comportamiento, con rendimiento de 7 t ha⁻¹; se considera muy bueno (4) para el promedio, pero puede mejorarse; *genotipo* se califica con 5, consideran que el utilizado se encuentra muy bien adaptado a las condiciones locales y, en caso de introducir alguno nuevo, debería de probarse antes de ser masivo. Los indicadores del *pilar social* fueron calificados con 3, la equidad es relativa; para cultivar chile se necesita contar con recursos, por lo que el productor que no cuenta con un capital inicial, simplemente no puede sembrar y se dedicará a ser jornalero o adquirir financiamiento a tasas muy altas con los distribuidores de agroquímicos; otra limitante es el factor tecnológico, obtener una buena producción requiere de mayor conocimiento del cultivo.

El indicador *ahorro generado*, depende de cómo se presenta la cosecha y los precios de venta; cuando hay buena producción y buenos precios, el ahorro es mayor al 20% de las ganancias generadas; este ahorro se utiliza como capital para iniciar el siguiente ciclo, básicamente, para adquirir insumos. Se agrega el pilar institucional, como una necesidad del CMDRS; se calificó con valor de 5, dado que al momento de realizar el presente estudio las instituciones gubernamentales apoyaban ampliamente el establecimiento de plantaciones de chile; lo que contrasta con el indicador *financiamiento/subsidio*, calificado con 3; las agencias financieras están dispuestas a financiar el cultivo, pero con elevadas tasas de interés y condiciones desfavorables para el productor.

Cuadro 4
Indicadores de sustentabilidad para el cultivo de chile jalapeño.

<i>Pilar</i>	<i>Criterio</i>	<i>Indicador</i>	<i>Picante</i>
Productivo	Eficiencia	Rendimiento	4
		Genotipo	5
		Uso de agroquímicos	3
		Insumos orgánicos	2
Ambiental	Impacto al ambiente	Superficie deforestada	4
		Contaminación	2
		Productos cosechados/año	3
Económico	Rentabilidad	Beneficio/Costo	5
		Productividad	5
	Visión empresarial	Integración a cadenas productivas	3
		Plan de negocios	3
		Inversión de capital	3
Social	Impacto social	Equidad	3
		Ahorro generado	3
Institucional	Capacidad de gestión	Financiamiento/Subsidio	3
		Capacitación	3
		Respaldo institucional	5
TOTAL			59

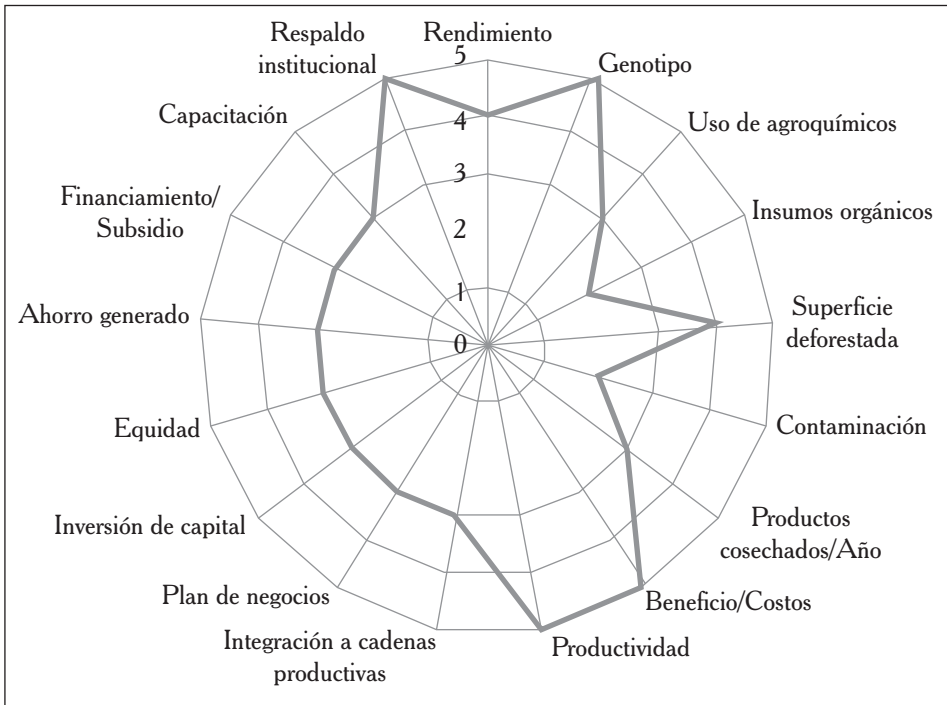
Maíz

El sistema de producción maíz obtuvo 46 puntos o 54.10% (cuadro 5, figura 3). El pilar productivo muestra su principal debilidad en el rendimiento, con 800 kg ha⁻¹, en promedio; sin duda, uno de los rendimientos más bajos en el estado de Campeche. El indicador *uso de agroquímicos* se calificó con 1, dado que es mínimo o nulo su uso y se considera necesario, al menos, la aplicación de fertilizantes para mejorar el rendimiento. Los indicadores del *pilar ambiental* estuvieron bien calificados, pues directamente no se deforesta para la siembra de maíz, la contaminación es mínima y, en el caso de productos cosechados al año en el maíz —en promedio—, se obtienen dos productos en la misma superficie: puede ser maíz de primavera-verano y otoño-invierno; también maíz asociado con calabaza, frijol, cacahuete.

El *pilar económico* tiene las calificaciones más bajas, principalmente los indicadores relacionados al criterio *visión empresarial*; reflejando una actividad de subsistencia; por ejemplo, el indicador *plan de negocios* se califica con 1, porque el plan presentado no fue diseñado para el grupo. Los indicadores de *equidad* y *ahorro generado*, se calificaron favorablemente, confirmando la importancia social del maíz que, si bien no genera grandes ingresos económicos, proporciona sustento a la unidad de producción familiar y el ahorro se ve reflejado en la disponibilidad de maíz para el autoconsumo.

El *pilar institucional* es el tercero mejor calificado, con fuertes contradicciones: por un lado, el indicador *respaldo institucional* se califica con 4, lo que refleja el fuerte interés en promover el cultivo, pero descuidando la parte de capacitación, calificada con 1; no existe la asistencia técnica y capacitación para el maíz; el indicador *financiamiento/subsidio* se califica con 3; financiamiento no existe, por las condiciones de subsistencia en que se produce; se califica considerando la cantidad de subsidios que existe para maíz, como el Procampo.

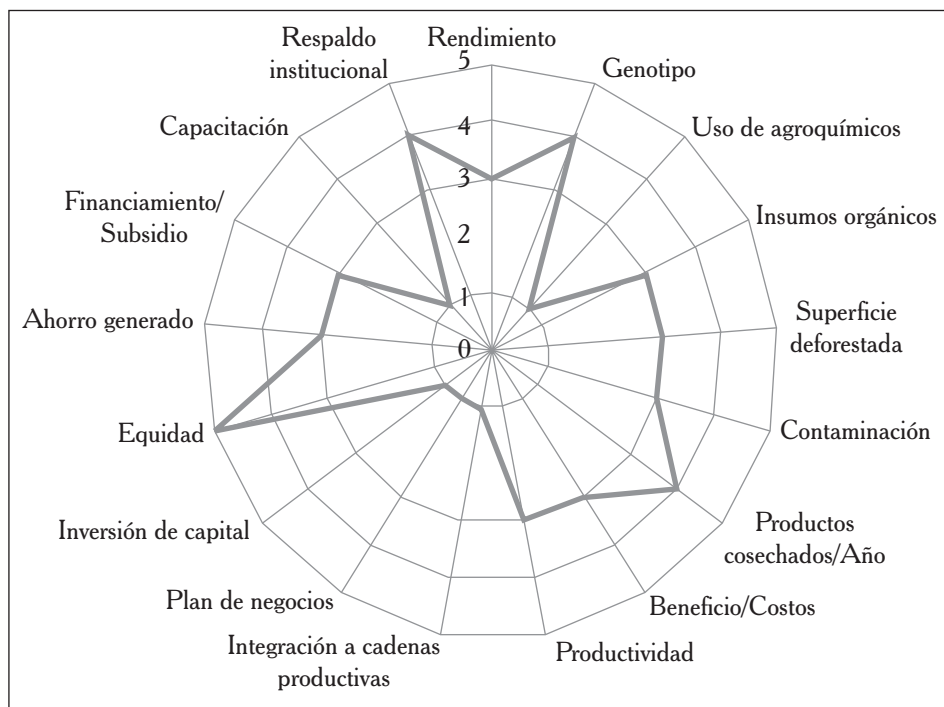
Figura 2
Representación de la sustentabilidad del sistema de producción chile jalapeño,
en la región Constitución, Calakmul, Campeche.



Cuadro 5
Indicadores de sustentabilidad para el cultivo de maíz.

PILAR	CRITERIO	INDICADOR	MAÍZ
Productivo	Eficiencia	Rendimiento	3
		Genotipo	4
		Uso de agroquímicos	1
		Insumos orgánicos	3
Ambiental	Impacto al ambiente	Superficie deforestada	3
		Contaminación	3
		Productos cosechados/año	4
Económico	Rentabilidad	Beneficio/Costo	3
		Productividad	3
	Visión empresarial	Integración a cadenas productivas	1
		Plan de negocios	1
		Inversión de capital	1
Social	Impacto social	Equidad	5
		Ahorro generado	3
Institucional	Capacidad de gestión	Financiamiento/Subsidio	3
		Capacitación	1
		Respaldo institucional	4
TOTAL			46

Figura 3
 Representación de la sustentabilidad del sistema de producción maíz,
 en la región Constitución, Calakmul, Campeche.



Discusión

El marco de Evaluación MESMIS es una herramienta que puede ser de utilidad para la evaluación de Sistemas de Producción, ya que permite incorporar indicadores de sustentabilidad en el análisis de los mismos (Frías y Delgado, 2003). Sus beneficios han sido probados por varios autores, en diferentes Sistemas de Producción de América Latina (Maser y López-Ridaura, 2000; Villa, 2002; Brunett, 2004; López-Ridaura *et al.*, 2005; Nasca *et al.*, 2006; González *et al.*, 2006; Priego-Castillo *et al.*, 2009; Casas *et al.*, 2009).

La economía campesina, según Chayanov (1974), es una forma de producción familiar que utiliza productivamente el conjunto de la fuerza de trabajo doméstica y los recursos naturales, sociales y financieros para garantizar tanto la subsistencia de la unidad familiar, como el mejoramiento de su calidad de vida. Tiene una lógica y organización interna que interrelaciona la tierra disponible con los demás medios de producción y la disponibilidad de la fuerza de trabajo familiar, con las necesidades de subsistencia de la familia y de equilibrar estos factores (según su articulación), con la dinámica del conjunto de la economía y la existencia de cadenas y circuitos productivos y demográficos.

Entre las actividades productivas de la economía campesina, normalmente sobresale un binomio de actividades productivas: una actividad para satisfacer las necesidades de autoconsumo de la familia (generalmente maíz) y otra para ingresar recursos económicos a la economía de la familia campesina. En la micro-región Constitución, el binomio está formado por maíz y chile jalapeño; otros autores como Bello (2001) y López-Ridaura *et al.* (2005) reportan el binomio maíz y madera; Nahed-Toral *et al.* (2001), Frías y Delgado (2003), maíz-papa y ganado; González *et al.* (2006), maíz y ganado.

Los atributos de los sistemas de manejo sustentable se organizaron en 17 indicadores de sustentabilidad, agrupados en cinco pilares (productivo, ambiental, económico, social e institucional); cabe mencionar que el pilar institucional es importante, porque siendo el CMDRS de Calakmul la instancia de evaluación de la factibilidad de subsidio económico en sistemas de producción, las propuestas deben de incluir criterios de capacitación y cumplimiento con el ordenamiento municipal.

Los indicadores incorporados en el pilar institucional, son considerados clave por el CMDRS, para evaluar proyectos y sistemas de producción; evidentemente, los indicadores utilizados son dinámicos, responden a las políticas sexenales de apoyo al campo, por lo que deben ser siempre actualizados. Por ejemplo, la política federal busca que todo proyecto de desarrollo agropecuario debe estar acompañado por eventos de capacitación; sin embargo, la capacitación recibida es mínima, aun cuando existen los mecanismos para el subsidio de esta actividad.

El indicador *respaldo institucional* es uno de los criterios de elegibilidad de mayor peso para el CMDRS. El municipio de Calakmul es el de mayor extensión en el estado; sin embargo, las actividades productivas se encuentran restringidas por la presencia de la reserva de la biosfera del mismo nombre y dos reservas ecológicas estatales. Aunado a esto, el municipio tiene un rápido crecimiento demográfico, que en el mediano plazo puede acrecentar la deforestación y degradación de las selvas protegidas, por lo que el Ordenamiento Ecológico Territorial, es de suma importancia; de esta manera, se busca que todo tipo de proyecto se desarrolle en las áreas designadas para tal fin. Respaldo institucional, además, incluye los criterios de elegibilidad de la Alianza para el Campo (programa federal de subsidio a las actividades agropecuarias del campo mexicano), o del programa de donde se solicitan los recursos.

Con el presente instrumento de evaluación se pretende que el CMDRS tenga una herramienta que le permita detectar potencialidades y limitantes de las propuestas de proyectos productivos de una forma clara y objetiva.

Esta evaluación también permite sugerir prácticas de manejo para mejorar los sistemas de producción en cuestión.

A continuación, se describe la evaluación y sugerencias a los sistemas de producción de chile jalapeño y maíz.

Chile jalapeño

En 2008, la superficie sembrada de chile jalapeño (*C. annum* L.) —en el municipio de Calakmul— fue de 2,244 ha, con un rendimiento promedio de 3.59 t ha⁻¹ (SIAP, 2010),

y con algunos casos excepcionales en la porción sur del municipio, con rendimientos de 12 t ha⁻¹. En la microrregión de Constitución, el promedio obtenido fue de 7 t ha⁻¹; sin embargo, es posible obtener 10 t ha⁻¹ con un paquete tecnológico acorde a las condiciones locales. Se sugiere incluir cultivos de cobertura (leguminosas), abonos orgánicos, rotación y asociación de cultivos, así como técnicas agroecológicas para mejorar el sistema de producción; también, se recomienda la labranza mínima, a fin de reducir la agricultura migratoria e intensificar el uso del suelo. Es fundamental la asesoría técnica continua, la capacitación constante y el financiamiento sistemático (Arreola *et al.*, 2005; Bernardino-Hernández *et al.*, 2006; Mendoza *et al.*, 2008; Lozano *et al.*, 2010).

El agua es un factor limitante en la región, es de mala calidad y poco accesible; es indispensable el manejo de los escasos cuerpos de agua y jagüeyes, evitar su contaminación con pesticidas utilizados en el cultivo de chile jalapeño. Se sugiere la captación y aprovechamiento del agua de lluvia en los campos de cultivo, así como la rehabilitación de aljibes comunitarios. Por otro lado, el adecuado manejo del suelo permitiría una mayor retención de agua.

Con el cultivo de chile jalapeño se obtienen ganancias atractivas, aunque con riesgos asociados, derivados de factores como la falta de organización de los productores, la carencia de vinculación institucional con instancias productivas y la falta de apoyos gubernamentales bien dirigidos. Se sugiere reforzar la integración a las cadenas productivas, fomentar una visión empresarial en los productores, impulsando la agricultura por contrato y economías de escala, lo cual podría derivar en la reducción de intermediarios.

Cuando se tienen buenas ganancias, es posible invertir en bovinos, borregos, colmenas y tierras; pero, sobre todo, se ahorra para iniciar el siguiente ciclo, permitiendo al productor no acumular deudas con vendedores de agroquímicos y agiotistas locales. El problema ocurre cuando se tienen años malos: el productor no cuenta con liquidez para iniciar el ciclo, obtiene deudas que lo mantienen atado al proveedor de insumos o al comprador que, al momento de la cosecha, paga por la producción precios aún más bajos.

Maíz

Entre 1998 y 2008, en el municipio de Calakmul se sembraron —en promedio— 12,747 ha de maíz por año, con un rendimiento promedio de 0.71 t ha⁻¹, el más bajo del estado de Campeche (Pat y Kú, 2000; Uitz *et al.*, 2006; SIAP, 2010). Éste, es un cultivo básico de la economía campesina en México, orientado al autoconsumo, así como también es alimento para aves y ganado de traspatio. La recomendación sería el rescate de la milpa tradicional; sembrando maíces criollos y retomando asociaciones tradicionales con frijol, calabaza, jícama, camote, etcétera; con lo que se tendrá mayor diversidad, mejor productividad y un uso más eficiente del suelo. Deben incorporarse prácticas agroecológicas, como el uso de cultivos de cobertura y abonos orgánicos, que permitan el control de arvenses y mejoren las condiciones del suelo. Una condicionante clave es la capacitación y asistencia técnica, en aspectos productivos y organizativos.

El maíz se siembra en terrenos previamente ocupados por el chile jalapeño y mantiene cubierta la superficie del suelo en un 30% al inicio del ciclo y llega a tener una cubierta del 60% al final del ciclo, reduciendo procesos de degradación y proliferación de plagas y enfermedades con la rotación del cultivo y el descanso del terreno.

El maíz no es un cultivo comercial, pero es de gran importancia para el sustento familiar; es la base de la dieta familiar y alimento para los animales de traspatio. La meta de las autoridades municipales es que cada familia sea autosuficiente en maíz. Por ello, el interés de evaluarlo para conocer su situación y hacia dónde se deben dirigir los subsidios.

La estrategia de los productores es el apoyo mutuo y sembrar sólo la superficie que pueda atender la unidad de producción familiar. No es posible generar excedentes económicos como para pensar en ahorrar; sin embargo, el ahorro se ve reflejado en el autoempleo y no tener necesidad de comprar el grano. Cuando hay buena cosecha, el maíz es suficiente para alimentar a la familia y sostener la actividad pecuaria de traspatio (aves de corral, puercos, borregos, vacas, etcétera). Cuando la cosecha de maíz es mala, los animales de traspatio son vendidos o consumidos al no haber suficiente grano para alimentarlos.

Eventualmente, se reciben apoyos para compra de semilla, no así para la capacitación y la asistencia técnica. En la actualidad, la política de desarrollo al campo no contempla incentivar la siembra de maíz tradicional, sino procesos de producción mecanizados con alta dependencia a insumos externos, incluyendo semillas mejoradas y monocultivo en grandes extensiones. El municipio de Calakmul está impulsando el rescate de maíces criollos y sistemas de producción tradicionales con mejoras tecnológicas, preferentemente en terrenos donde estuvo sembrado chile jalapeño, aplicando técnicas agroecológicas que promuevan la restauración y conservación de los suelos.

La calificación obtenida para ambos sistemas contrasta: 69.40% para el picante y 54.10% para el maíz. La contribución relativa de cada pilar es fundamental en la comprensión de los procesos que derivan en las carencias observadas. En el caso del chile, el pilar económico obtuvo la calificación más alta, confirmándose que este cultivo es detonante de la economía local; los beneficios asociados a las ganancias y empleos generados es un buen indicador de lo relativamente exitoso que ha sido este cultivo en la región. Para el caso del maíz, el pilar social alcanzó el valor más alto, a pesar de que económicamente no es rentable.

En cuanto a las debilidades, para ambos casos el pilar productivo es un reflejo del bajo nivel tecnológico y mal uso de agroquímicos, existen las condiciones para mejorar el rendimiento, pero se requiere mejorar los sistemas productivos, lo que puede ayudar a mejorar el pilar económico, sobre todo para el caso del maíz. El pilar institucional es bajo. Este hecho refleja la falta de vinculación entre los distintos niveles de gobierno y las comunidades y que las políticas gubernamentales de apoyo al campo mexicano han fallado. Los indicadores del criterio visión empresarial tienen bajas calificaciones, por lo que es un aspecto importante a atender.

Conclusiones

Se construyó un instrumento para evaluar, en forma clara y objetiva, propuestas de proyectos productivos con base en las potencialidades y limitantes en sus prácticas de manejo.

El instrumento permite al CMDRS de Calakmul identificar las debilidades y potencialidades de los sistemas de producción en la región de estudio, y replicarlo en el resto del municipio, teniendo la posibilidad de orientar los escasos recursos económicos hacia propuestas de producción, acordes a las necesidades y condiciones imperantes en la región.

Los sistemas de producción analizados, se caracterizan por su bajo nivel tecnológico y bajos rendimientos. La asistencia técnica y la capacitación son escasas y limitan el desarrollo de las actividades productivas. El nivel de organización es incipiente y de baja participación. No existen canales directos de comercialización. Es posible mejorar los rendimientos de ambos cultivos: incorporando nutrimentos al suelo, mejor manejo de agroquímicos, uso de leguminosas como abono verde y cultivo de cobertura, rotación y diversificación de cultivos y, en general, estrategias agroecológicas acordes a las condiciones locales que permitan diseñar sistemas integrales de producción.

La evaluación participativa de los sistemas de producción, utilizando indicadores de sustentabilidad, es una metodología que puede aplicarse en diversas regiones de México y el mundo; sin embargo, la selección de indicadores debe obedecer a las necesidades locales. El involucrar a productores, tomadores de decisiones y expertos locales puede ayudar a la correcta selección de los indicadores. El presente trabajo logró lo anterior, detectando las principales debilidades y potencialidades de los dos sistemas de producción, siendo los aspectos tecnológico y organizativo los más vulnerables.

El papel de las instituciones encargadas de promover el desarrollo rural será fundamental al invertir en esquemas continuos de capacitación y asistencia técnica en la parte tecnológica, organizativa y de mercado.

Literatura citada

- Arreola, A.; Delgadillo, R.; García, G. (2005). *Diagnóstico de la situación del desarrollo en el municipio de Calakmul, Campeche*. Proyecto Prosureste. Desutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México 103 pp.
- Arreola, A.; Villafuerte, L.; Cervantes, E.; Villalobos, G.; Ychante, H. y Tipa, J. (2007). *Ordenamiento Ecológico del Territorio del Municipio de Calakmul, Campeche*. Proyecto Prosureste GTZ/Conanp. 161 pp.
- Bakkes, J.; Van den Born, G.; Swart, R.; Hope, C. y Parker, J. (1994). *An Overview of Environmental Indicators: State of the Art and Perspectives*. UNEP/EATR.04-01; Environmental Assessment Sub-Programme, UNEP, Nairobi. 72 pp.
- Bello, E. (2001). *Milpa y madera. La organización de la producción entre mayas de Quintana Roo*. Tesis doctoral. Universidad Iberoamericana, Edo. de México, México. 193 pp.
- Bernardino-Hernández, H., Álvarez-Solis, J.; León-Martínez, N.; Pool-Novelo, L. (2006). Cobertura de leguminosas en el cultivo de maíz en los Altos de Chiapas, México. *Terra Latinoamericana*. 24:133-140.
- Black, A. y Hughes, P. (2001). *The identification and analysis of indicators of a community strength and autocomes*. Cowan University Occasional paper No. 3. Camberra Australia. 159 pp.
- Bosshard, A. (2000). A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agric., Ecosys. Environ.* 71:29-41.

- Briassoulis, H. (2001). Sustainable development and its indicators: Trough a (planer's) glass darkly. *Journal of Environment Planing and Management*. 44 (3):409-427.
- Brunett, L. (2004). *Contribución a la evaluación de la sustentabilidad; estudio de caso dos agroecosistemas campesinos de maíz y leche del Valle de Toluca*. Tesis de Doctorado. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 198 pp.
- Casas, R.; González, F.; Martínez, T.; García, E. y Peña, B. (2009). Sostenibilidad y estrategia en agroecosistemas campesinos de los valles centrales de Oaxaca. *Agrociencia*. 43 (3):319-331.
- Chayanov, A. V. (1974). *La organización de la unidad económica campesina*. Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires, Argentina. 285 pp.
- Coneval. (2011). *Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social*. http://www.coneval.gob.mx/cmsconeval/rw/pages/medicion/multidimensional/informacion_municipios.es.do (Consultado el 17 de febrero de 2011).
- De Camino, V. R. y Mueller, S. (1993). *Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales. Bases para establecer indicadores*. Serie Documentos de Programas No. 38. Proyecto IICA-GTZ. San José, Costa Rica. 134 pp.
- FAO. (1994). *FESLM: an International Framework for evaluating sustainable land Management*. Roma, Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Soil Resources Report. 74 pp.
- Frías, R. S. y Delgado, F. (2003). Estudio de indicadores de sostenibilidad del sistema familiar campesino en ecosistemas de montaña; el caso de la comunidad Tres cruces. *LEISA* 32-38.
- 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.
- González, E. C.; Ríos, H.; Brunett, L.; Zamorano, S. y Villa, C. (2006). ¿Es posible evaluar la dimensión social de la sustentabilidad? Aplicación de una metodología en dos comunidades campesinas del Valle de Toluca, México. *Convergencia*. 13 (40):107-139.
- Hammond, A.; Adriaanse, A.; Rodenburg, E.; Bryant, D. y Woodward, R. (1995). *Environmental indicators: A systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*, Washington, D. C. World Resources Institute. 43 pp.
- Harrington, L. (1992). Measuring sustainability: Issues and alternatives. *Journal farming systems research extension* 3:1-19.
- Hernández, E. (1959). *La agricultura en la península de Yucatán. En: Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento* 3:3-57. IMRNR, México, D.F.
- INEGI-INE. (2000). *Indicadores de desarrollo sustentable en México. Agenda 21*. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Instituto Nacional de Ecología México. D. F. 84 pp.
- López-Ridaura, S.; van Keulen, H.; van Ittersum, M. y Leffelaar, P. (2005). Multiscale methodological Framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of Peasant natural resource Management Systems. *Environment development and sustainability*. 7:51-69.
- Lozano, Z.; Romero, H. y Bravo, C. (2010). Influencia de los cultivos de cobertura y el pastoreo sobre las propiedades físicas de un suelo de sabana. *Agrociencia* 44 (2):135-146.
- Masera, O.; Astier, M. y López-Ridaura, S. (1999). *Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS*. Editorial Mundi-Prensa, GIRA e Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F. 109 pp.
- Masera, O. y López-Ridaura, S. (2000). *Sustentabilidad y sistemas campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Editorial MundiPrensa, GIRA, UNAM, PUMA. México D. F. 346 pp.
- Mendoza, J.; Kú, V. y Pool, L. (2008). *Los sistemas productivos en la micro región Constitución, Calakmul, Campeche*. El Colegio de la Frontera Sur. Proyecto Prosureste. Desutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). México 29 pp.
- Nahed-Toral, J.; López-Tirado, Q.; Alemán-Santillán, T.; Aluja-Schunemann, A. y Parra-Vásquez, M. (2001). Los ovinos en la agricultura integral de los tzotziles. *LEISA* 16 (3):23-25.
- Nasca, J.; Toranzos, M. y Banegas, N. (2006). Evaluación de la sostenibilidad de dos modelos ganaderos de la llanura deprimida salina de Tucumán, Argentina. *Zootecnia Tropical*. 24 (2):121-136.

- Pat, F. J. y Kú, V. (2000). *Memorias de avances de investigación. Tendencias de cambio en el uso del suelo por los factores socioeconómicos y técnicos de la región de Calakmul, Campeche*. El Colegio de la Frontera Sur. Campeche, México. 145 pp.
- Pool, L.; Jiménez, J.; Parra, M. y Bautista, F. (2002). *El cambio en el uso del suelo en Calakmul, Campeche. Reporte técnico*. El Colegio de la Frontera Sur, SISIERRA, UADY. Campeche, México. 34 pp.
- Priego-Castillo, G.; Galmiche-Tejeda, A.; Castlán-Estrada, M.; Ruiz-Rosado, O. y Ortiz-Ceballos, A. (2009). Evaluación de la sustentabilidad de dos sistemas de producción de cacao: estudios de caso en unidades de producción rural en Comalcalco, Tabasco. *Universidad y Ciencia. Trópico húmedo*. 25(1):39-57.
- Rigby, D.; Howlett, D. y Woodhouse, P. (2000). *A review of indicators of agricultural and rural livelihood sustainability*. Department for International Development Research Project No. R7076CA. 30 pp.
- Sarandon, S.J. (2002). *Agroecología: El camino hacia la agricultura sustentable*. Editorial Científica Americana, La Plata, Argentina. 560 pp.
- SIAP. (2010). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx> (Consultado el 20 de noviembre de 2010).
- Smith, A. J. y Dumansky, J. (1994). *FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management*. World Soil Resources Report No. 73, FAO, Rome, Italy. 74 pp.
- Stockle, C.; Saxton, R. y Campbell, G. (1994). A framework for evaluating the sustainability of agricultural productions systems. *American journal of alternative agriculture*. 9(1-2):45-51.
- Taylor, D.; Abidin, M. Z.; Nasir, S. M.; Ghazali, M. M. y Chiew, E. (1993). Creating a farmer sustainability index: A Malaysian case study. *American Journal of Alternative Agriculture*. 8:175-184.
- UICN. (1997). *Un enfoque para la evaluación del progreso hacia la sustentabilidad*. Unión Mundial para la Naturaleza. Serie herramientas y capacitación. 346 pp.
- Uitz, E.; Cocón, G.; Contreras, M. y Poot, N. (2006). *Descripción de los sistemas productivos en el municipio de Calakmul. Informe técnico*. Documento inédito. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 82 pp.
- Villa, C. (2002). *Primer ciclo de evaluación de sustentabilidad del agroecosistema de Tenango del Valle, Estado de México: Aplicación del marco MESMIS en dos sistemas de estudio*. Tesis de Maestría. Facultad de Medicina, Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. 108 pp.
- Winograd, M. (1995). *Indicadores ambientales para América Latina y el Caribe: Hacia la sustentabilidad en el uso de la tierra*. IICA-OEA-World Resources Institute. Costa Rica. 85 pp.

Recibido: Febrero 18, 2011

Aceptado: Agosto 24, 2012

Otoliths analysis of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) in Cuyutlan Lagoon, Mexico

Análisis de otolitos de *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae)
de la Laguna de Cuyutlán, México

Espino-Barr, E.;^{1*} Gallardo-Cabello, M.;²
Cabral-Solís, E. G.;¹ Puente-Gómez, M.¹ y García-Boa, A.¹

¹Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera
Playa Ventanas s/n, Manzanillo, Colima; México (C. P. 28200).

² Instituto de Ciencias del Mar y Limnología
Universidad Nacional Autónoma de México
Av. Ciudad Universitaria 3000, Col. Copilco
México, D. F.; México (C. P. 04360).

*Corresponding author: elespino@gmail.com

Abstract

Morphology, morphometry and growth rings of the otoliths: *sagitta*, *asteriscus* and *lapillus* of *Mugil curema* of Cuyutlan Lagoon, Colima, Mexico were analyzed, also the difference between right and left and sexes were studied. Samples were obtained from the commercial catch in the months of August to October 2007, August 2008 and July 2011. In all cases it was observed that the growth in otoliths is eccentric with respect to the core. Relations between total length of the fish and length and width of the otolith showed that this structure is useful in the growth description of fish. Six growth rings were identified in *sagittae* and *asterisci*: specimens with two rings measured 21.80 cm of total length (TL) (± 1.41 standard deviation), with three rings 22.90 (± 0.91), with four rings 25.30 (± 0.39), with five rings 28.30 (± 0.78), and with six rings 31.10 (± 2.22). Due to its thickness, these marks could not be seen in *lapilli*. During the immature stage of development, female otoliths have larger size, but once they reach sexual maturity, males' otoliths reach larger lengths.

Resumen

Se analizaron la morfología, la morfometría y los anillos de crecimiento de los otolitos: *sagitta*, *asteriscus* y *lapillus* de la lebrancha o liseta *Mugil curema* de la Laguna de Cuyutlán, Colima, México; asimismo, se analizaron las diferencias entre derecho e izquierdo y entre sexos. Los ejemplares fueron obtenidos de la captura comercial en los meses de agosto a octubre de 2007, agosto de 2008 y julio de 2011. En todos los casos se observó que el crecimiento de los otolitos es excéntrico con respecto al núcleo. Las relaciones entre la longitud total del pez y la longitud y ancho de los otolitos demostraron que esta estructura puede usarse para describir el crecimiento del pez. Se identificaron seis anillos de crecimiento en las *sagittae* y *asterisci*: especímenes con dos anillos midieron 21.80 cm de longitud total (TL) (± 1.41 desviación estándar), los de tres anillos 22.90 (± 0.91), con cuatro anillos midieron 25.30 (± 0.39), con cinco anillos 28.30 (± 0.78) y con seis anillos 31.10 cm (± 2.22). En los *lapilli*, debido a su gran grosor, no fue posible observar marcas de crecimiento. Durante la etapa inmadura, los otolitos de las hembras son de mayor ta-

Key words:

Sagitta, *asteriscus*, *lapillus*, white mullet.

maño, pero una vez que alcanzan la madurez sexual, los otolitos de los machos alcanzan longitudes mayores.

Palabras clave

Sagitta, *asteriscus*, *lapillus*, liseta o lebrancha.

Introduction

One of the most important aspects in the study of fish population dynamics is the identification of growth rings on hard structures, because it allows us to evaluate age groups in a stock and analyze the growth pattern (Campana and Neilson, 1985; Mascareña-Osorio *et al.*, 2003; Begg *et al.*, 2005; Gallardo-Cabello *et al.*, 2003; Sparre and Venema, 1995). Changes in size and forms of hard structures of fish and the individual itself validate their use. Growth marks observed on hard structures of fish, such as scales, otoliths, vertebrae, spines, and opercula, are formed periodically because of the rapid and slow growth, that depend on food availability in its surrounding (Francis *et al.*, 2005; Berg *et al.*, 2005; Stevensen and Campana, 1992; Ehrhardt, 1981). Landmarks can also be formed as a result of reproduction and migration (Joseph, 1962; Ehrhardt, 1981; Sparre and Venema, 1995; Espino-Barr *et al.*, 2008).

Growth ring identification is carried out generally in scales, because they are easier to obtain. Secondly, otoliths are also used, mainly the *sagitta* which is the larger otolith and easier to extract. Few authors have used *asterisci* and *lapilli* otoliths to observe growth rings, and only in fish larvae (Victor and Brothers, 1982; Brothers *et al.*, 1983; Solomon *et al.*, 1985; Suthers *et al.*, 1989; Barkman, 1978; Bolz and Lough, 1983; 1988; Lagardere, 1989; David *et al.*, 1994). Description of the three pairs of otoliths (*sagitta*, *asteriscus* and *lapillus*) on adult fish have been made by Gallardo-Cabello *et al.* (2006), Espino-Barr *et al.* (2006), Santana-Hernández *et al.* (2008), Granados-Flores *et al.* (2010) and Gallardo-Cabello *et al.* (2011).

Mugil curema Valenciennes, 1836 is a popular and traditionally consumed fish on the coast of Mexican Pacific, where its production in recent years (1990-2009) has fluctuated between three and eight thousand tons annually. The production of white mullet (called in Mexico liseta or lebrancha) in the Mexican Pacific compared to the national is 3% (SAGARPA, 2010). Its commercial value is not high, which makes it popular; it is sold directly by fishers on the beach at \$10.00 to \$20.00 mexican pesos per kg (\$1 to \$2 USD). This activity is important in the coastal communities; it gives work to many people. Cuyutlan Lagoon in Colima has a yearly capture of *M. curema* of 7 to 24 tons, which represents around 0.50% of the Mexican Pacific production. This lagoon has one of the most important fisheries in the state of Colima, besides it is also a place where many marine species seek protection, as nursery areas or to reproduce, far away from predators.

Studies on stock dynamics, based on age and growth analysis, use models on maximum sustainable yield, simulation and prediction for the captures. These models are able to

point out levels of extraction to avoid the catch of juvenile organisms that have not yet reproduced. These models are also helpful suggesting catch quotas and capture indexes, to obtain adult organisms that have, by their reproduction, provided the next generation of juvenile organisms, and therefore prevent overexploitation.

It is therefore that this paper describes the morphology and morphometry of otoliths and identifies growth rings of *M. curema*, studying *sagittae*, *asterisci* and *lapilli*.

Material and Methods

Specimens were obtained from the commercial fishery in the Cuyutlan Lagoon (103°57' and 104°19' W, 18°57' and 19°50' N). The fishing gears were gill-nets of 2.25, 2.50 and 3.00 inches mesh size (5.71, 6.35 and 7.62 cm). Samples were obtained in the months of August, September and October 2007, August 2008 and July 2011. Total length was measured to the nearest mm (from the snout tip to the caudal fin extreme for 144 organisms). Sample size was determined to ensure the number of specimens was significant to calculations (Daniel, 1991).

Sex was determined *in visu* on fresh gonads of organisms taken to the laboratory the same day they were caught.

Otoliths: *sagittae*, *asterisci* and *lapilli* were obtained through a transverse cut in the ventral cranial cavity, the brain was removed and the left and right semicircular canals were extracted. The otoliths were rinsed with water and stored dry in Eppendorf tubes labeled with number, date, total length and sex.

The structure of otoliths was analyzed with electronic microscope and the description of the system with a dissection microscope. The labyrinth system and the *sagittae* were described with the terminology of the glossary of Secor *et al.* (1992). The same concepts were applied to the description of the *asterisci* and *lapilli* according to Gallardo-Cabello *et al.* (2006; 2011) and Espino-Barr *et al.* (2006).

Data on length and width were registered for each otolith through their observation in a stereoscopic microscope with a graduated ocular lens. Measures were taken on the right and left side of the three pairs.

Constants of the relationships of the *sagittae*, *asterisci* and *lapilli* were calculated for *rostrum* length (RL), and width (Wi). The relationships between the total length of the fish and all the measures of the three otoliths were also recorded. Regressions were done by the least squares, using a potential relation, because the “b” parameter tends to one when there is a lineal correlation. For the evaluation of the relations and the analysis of the possible morphometric differences between the otoliths of males and females, a one way variance analysis (ANOVA) (Zar, 1996) was carried out. The same was made (ANOVA) between right and left *saggita*, *asteriscus* and *lapillus*.

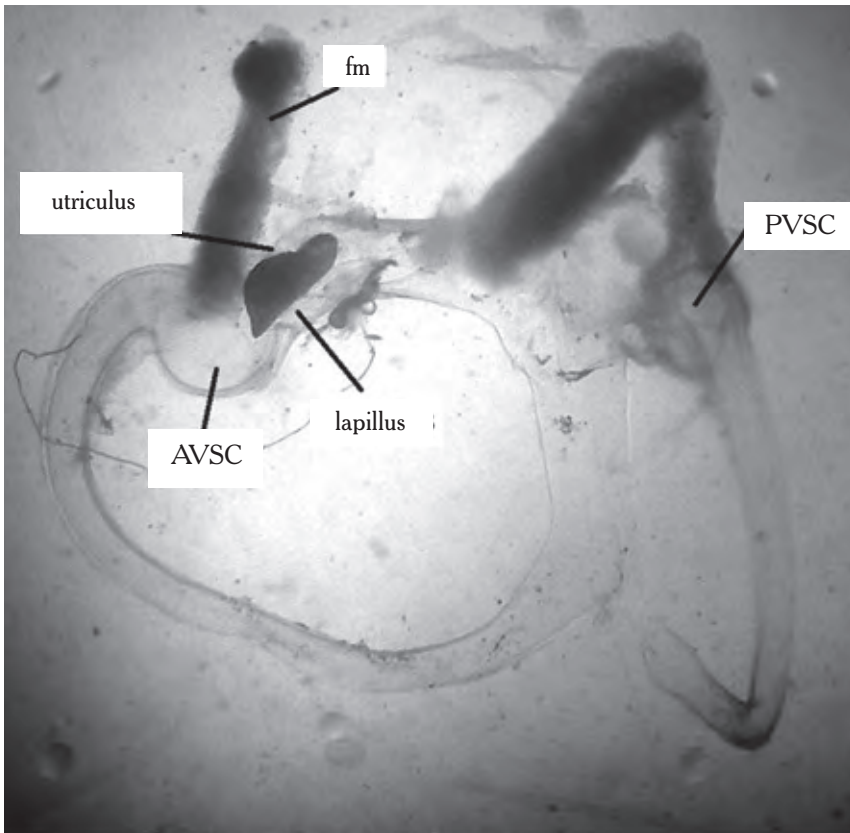
Identification and count of growth rings were done observing the *sagittae* and the *asterisci* in the stereoscopic microscope with transmitted light and the average length of the fish was calculated.

Results

Labyrinth system of Mugil curema

The membranous labyrinth presents a tubular system of semicircular canals called: anterior vertical canal (AVSC), posterior vertical canal (PVSC) (figure 1) and horizontal canal. These canals form chambers containing otoliths, the *lapillus* is included in the *utricle* (figure 1), the *sagitta* in the *sacculus* and the *asteriscus* is included in the *lagena* (figure 2). The otoliths are immersed in their chambers in a liquid named endolymph (Lagler *et al.*, 1962).

Figure 1
Lapillus contained in *utricle* of an individual of *Mugil curema*
(25 cm of total length) (magnified 6.96 times).



AVSC = anterior vertical semicircular canal; PVSC = posterior vertical semicircular canal; m= fragments of macula.

Figure 2

Sagitta in *sacculus* and *asteriscus* in *lagena* of the membranous labyrinth in an individual of *Mugil curema* (30 cm total length) (magnified 4.84 times).

a)



b)



a) Internal side showing the macula running along the acoustic canal of the *sagittal* and the *asteriscus* with the macula in its acoustic canal; b) external aspect.

The otoliths are in contact with the acoustic macula that enters in the acoustic canal of the *sagitta* and the *sulcus* of the *asteriscus* and the *lapillus*.

The largest otolith is the *sagitta* reaching a total length of 14.32 mm, while *asteriscus* measures 2.87 mm and *lapillus* 2.33 mm in individuals of 25 cm total length (figure 3).

Figure 3

Left and right otoliths of *Mugil curema*: a) *sagittae*, b) *asterisci* and c) *lapilli*.



RL = rostrum length, L= length. Note: magnified 2.58 times.

Description of the sagitta

The anterior margin of the *sagitta* shows a rostrum in the form of a bump, without excisura major (notch in the margin of the fish otolith separating the *rostrum* and *antirostrum*) and therefore no *antirostrum*. As the fish ages the shape of the *rostrum* varies (figure 4).

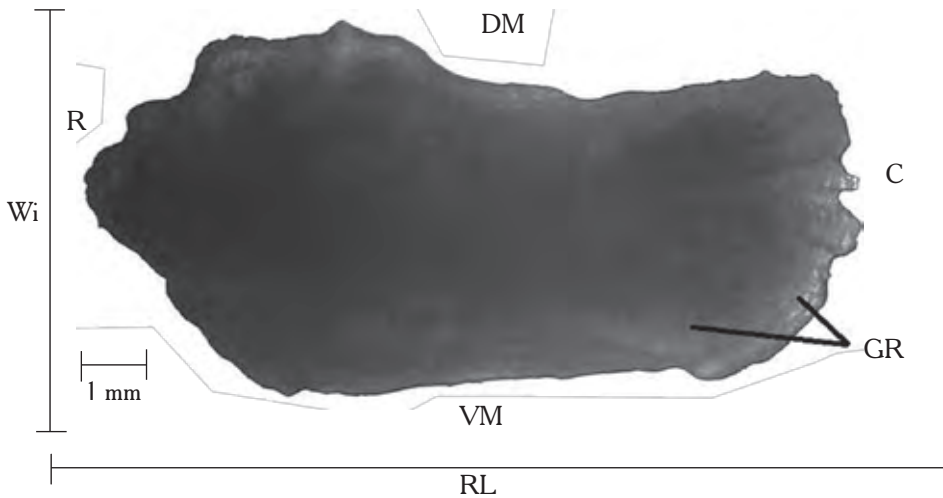
Figure 4
Different shapes and sizes of right *sagittae* of *Mugil curema*.



Note: magnified 3.2 times.

Its form varies between specimens and also in right and left *sagittae* of the same individual. The posterior section of the *sagitta* shows a rounded *postrostrum* without *excisura minor* (notch in the margin of the fish otolith separating the *postrostrum* and *pararostrum*) and therefore no *pararostrum*. The dorsal margin has round *rostrum* and *postrostrum* with a rectilinear profile in the middle section of the otolith. The ventral side shows irregularities, similar to big denticles, which are more apparent in the *rostrum* section (figure 5).

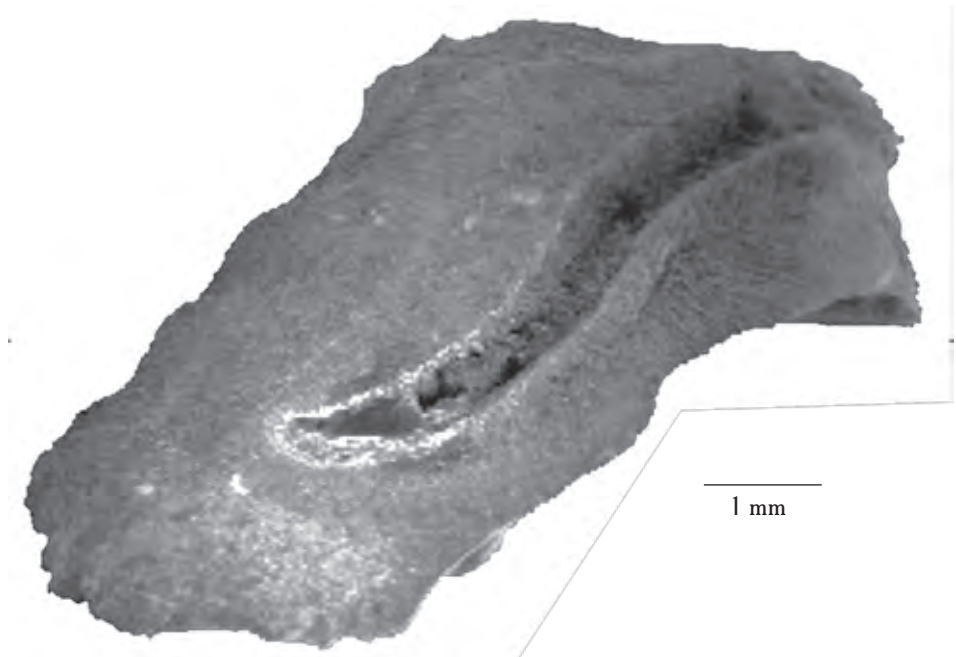
Figure 5
Left *sagitta*, external side of *Mugil curema* of 26 cm TL.



RL= *Rostrum* length; C= *postrostrum*; DM = dorsal margin; VM = ventral margin; Wi = width; GR= zone where growth rings are seen (magnified 8.92x).

The internal side of the *sagitta* is convex, a feature which increases with age, its surface is smooth and it is traversed completely by the acoustic channel (figure 6) with the same width from the anterior to the posterior part of the otolith, there is no a differentiation between *ostium* and *cauda*.

Figure 6
Scanning photograph of the internal side of the right *sagitta* of *M. curema* showing the acoustic channel.

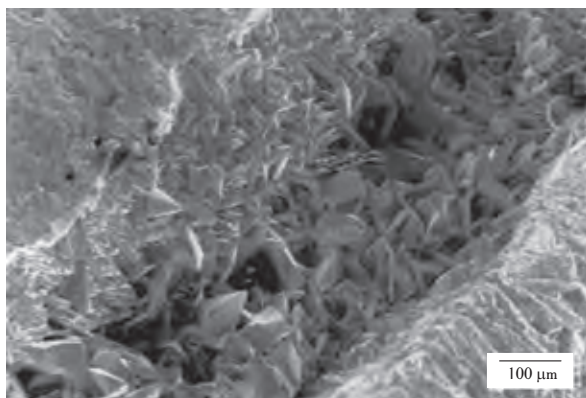


The *sulcus* shows in its base different growth patterns of calcium carbonate crystals which are arranged epitaxially, that could increase the impulse transmission through the acoustic macula. Figure 7a shows the acoustic canal, where the difference of patterns are more apparent between the base and the walls. Figure 7 b is a detail of the base of the acoustic canal of sagitta.

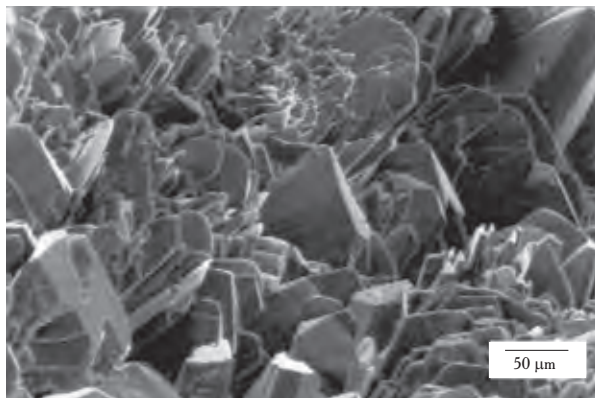
Figure 7

Scanning photograph on the base of the acoustic canal, in the right *sagitta* internal side of *M. curema*, showing the calcium carbonate crystals.

a)



b)



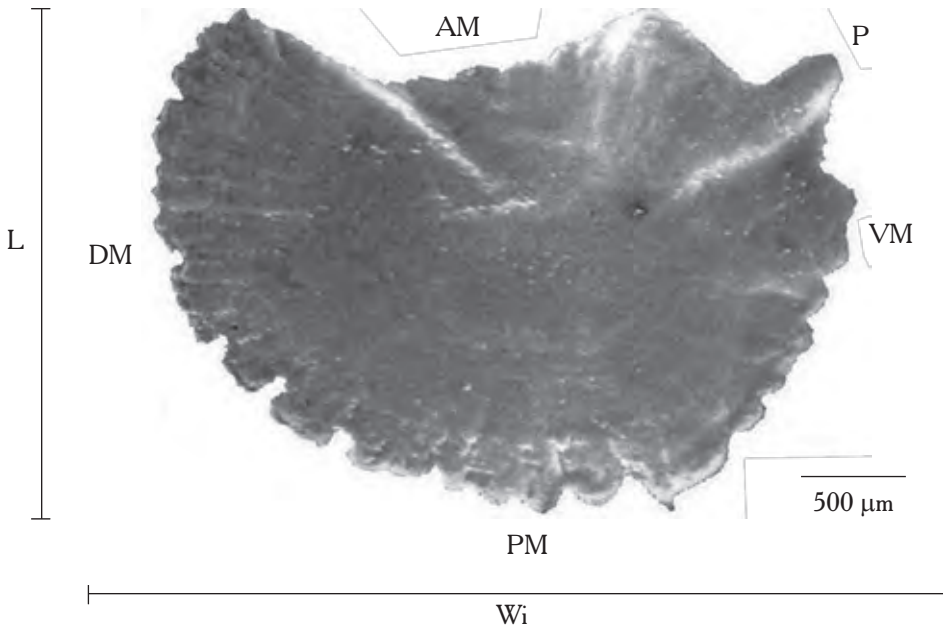
The external side of the *sagitta* is concave without variations in its thickness. Average width of the *sagitta* is 2.24 times its average length.

Even though there is visual difference in the shapes and details of individual *sagitta*, there was no statistical difference between the length of the left and the right *sagittae* ($F'_{0.05}(2, 120=3.92) = 0.056, p > 0.05$). Also, there were no statistical difference between males and females *sagittae* shapes ($F'_{0.05}(2, 95=3.941) = 0.670, p > 0.05$).

Description of the asteriscus

The anterior margin shows a blunt projection which divides the otolith between two parts: dorsal part with a larger surface than the ventral part. The anterior margin shows some sections that can be rectilinear from the dorsal to the ventral margins (figure 8).

Figure 8
Scanning photograph of the left *asteriscus*, external side of *M. curema*.

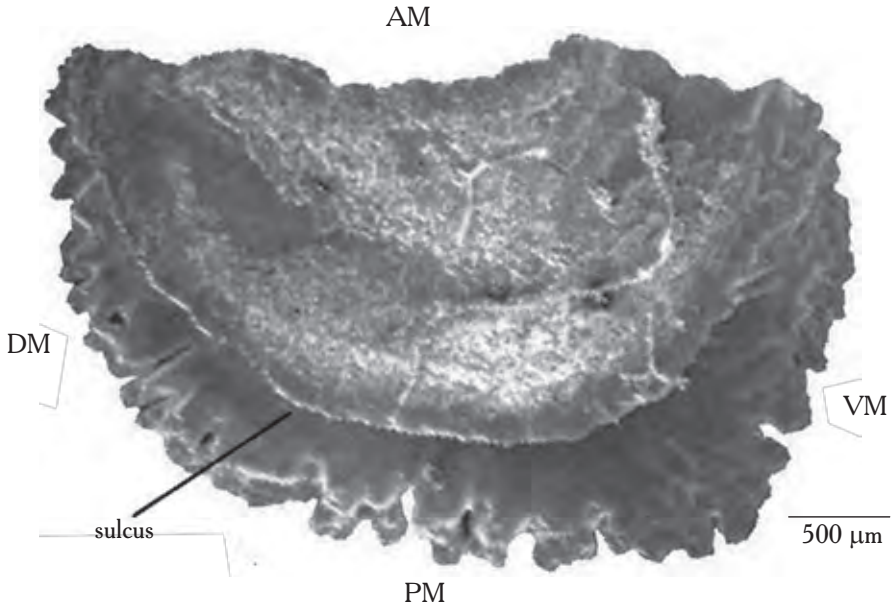


AM= Anterior margin; PM= posterior margin; P= projection; DM= dorsal margin; VM= ventral margin; L= length, Wi= width.

The posterior margin is rounded presenting interruptions in the form of notches. The posterior margin presents grooves all around the dorsal and ventral margins which divide the otolith in two parts. The first part side has larger sized radius in the external aspect (posterior external margin) (figure 9).

Figure 9

Scanning photograph of the right *asteriscus*, internal side of *M. curema*.

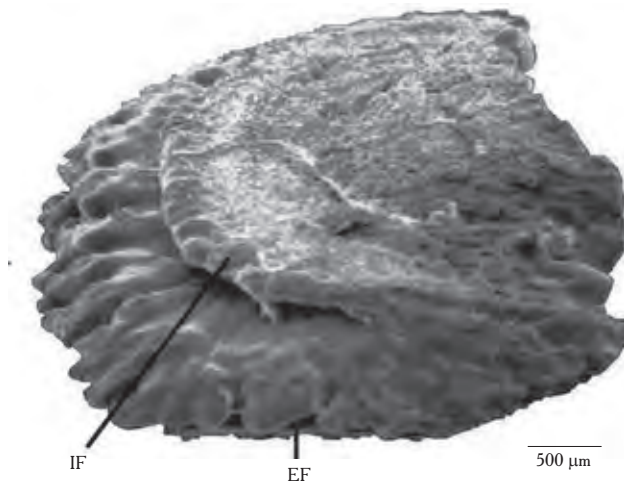


AM = Anterior margin; PM = posterior margin; DM = dorsal margin; VM = ventral margin.

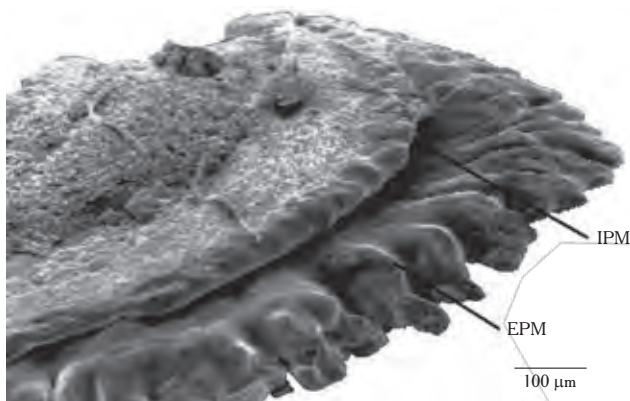
The smaller radius in the internal aspect of the otolith (posterior internal margin) is in contact with the acoustic macula (figure 10). The external side of the *asteriscus* is convex, a feature which increased as the fish ages, the internal side is concave.

Figure 10
Scanning photograph of the right *asteriscus*, internal side of *M. curema*, showing details of the sulcus.

a)



b)

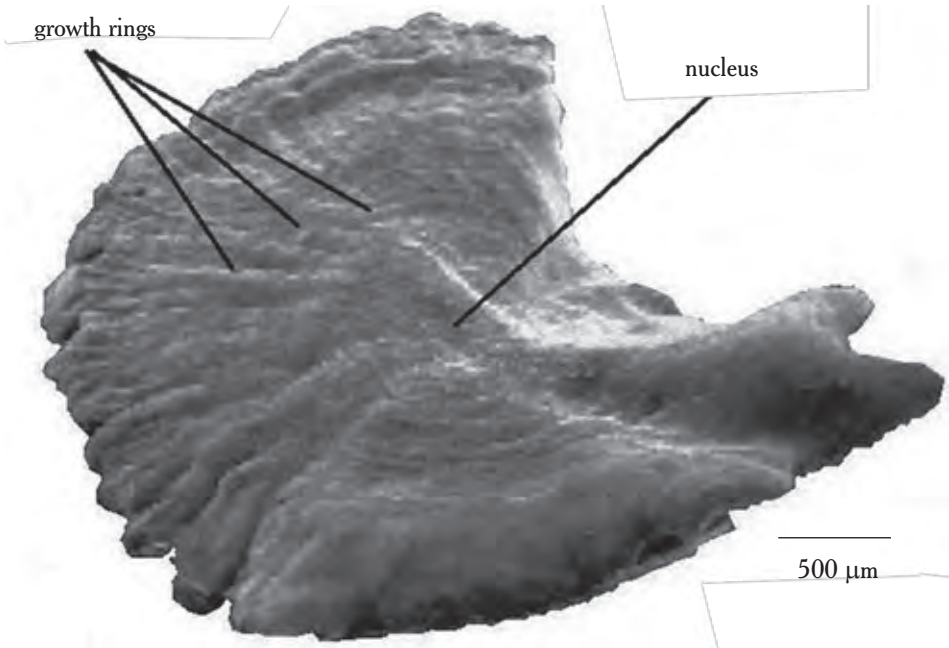


a) IF = Internal aspect and EF = external aspect; b) IPM = internal posterior margin and EPM= external posterior margin.

Growth rings can be observed in the external side of the *asteriscus* (figure 11). Its average length is 0.69 times its average width. At this moment their periodicity cannot be confirmed, but these are rings formed by the aggregations of materials deposited during growth periods.

Figure 11

Scanning photograph of the left *asteriscus*, external side of *M. curema* showing growth rings.

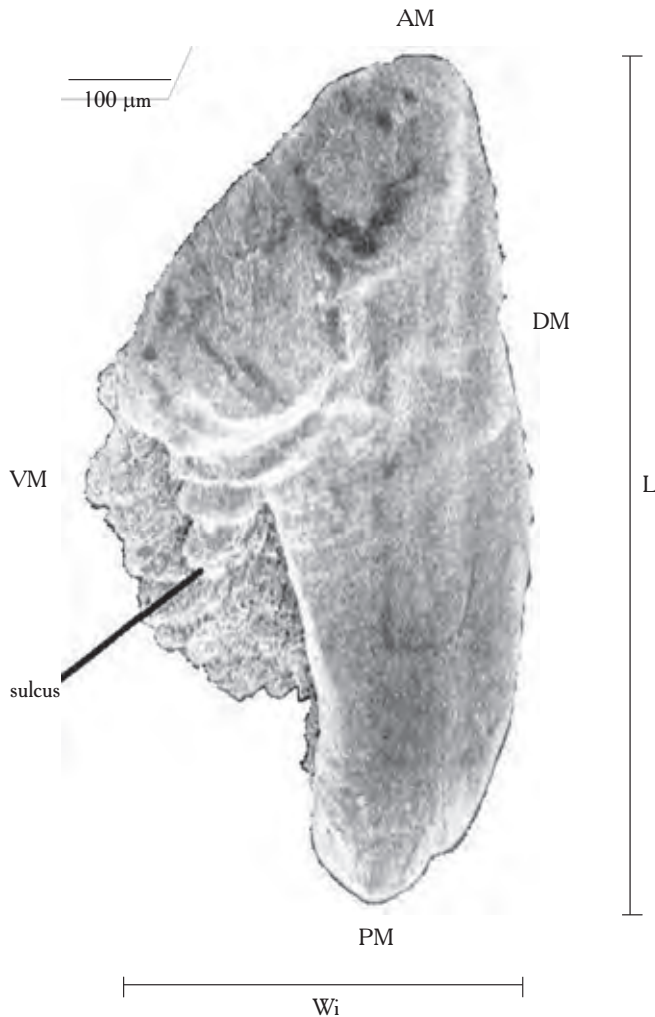


The shape of the *asterisci* varies between specimens and between right and left, as in the *sagittae* but there were no statistical difference in their length ($F'_{0.05 (2, 95=3.941)} = 0.256, p>0.05$). Also between males and females, no statistical difference was found ($F'_{0.05 (2, 94=3.942)} = 0.278, p>0.05$).

Description of the lapillus

The anterior margin of the otolith is rounded and it is oriented toward the front of the fish. Ventral margin descend towards the central part of the otolith and it is shorter than dorsal margin, which is more enlarged and projected towards the posterior edge (figure 12).

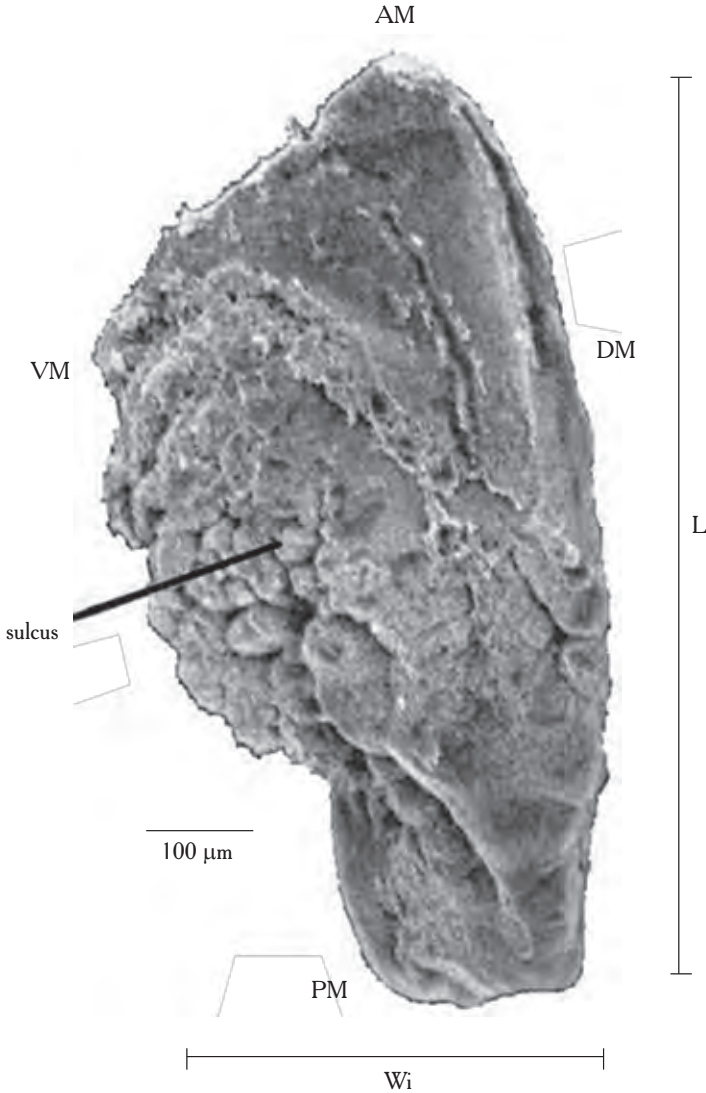
Figure 12
Scanning photography of the right *lapillus* external side of *M. curema*.



AM = Anterior margin; PM = posterior margin; DM = dorsal margin; VM = ventral margin; L = length and Wi = width.

The inner surface is concave, a feature which increase with age. The *sulcus* is found in the posterior border, where it comes in contact with the acoustic macula which extends along the dorsal and ventral margins (figure 13).

Figure 13
Scanning photograph of the left *lapillus*, internal side of *M. curema*.



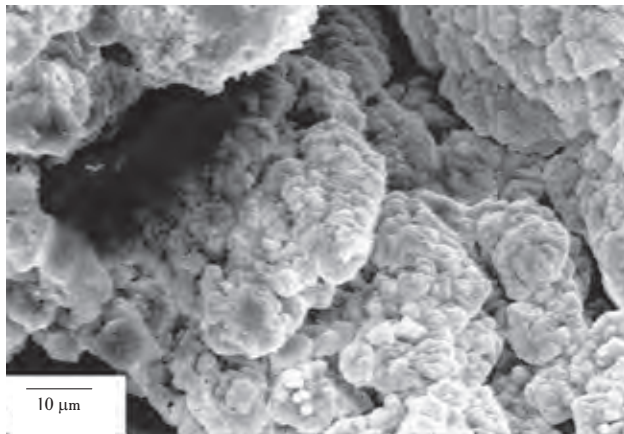
AM = Anterior margin; PM = posterior margin; DM = dorsal margin; VM = ventral margin; L = length and Wi = width.

The *sulcus* shows a large number of calcium carbonate crystals arranged epitaxially with different growth patterns in shape and size that could increase the impulse transmission to the eighth cranial nerve. Figure 14a shows a close up of the *sulcus* with different patterns at the base and the walls. Figure 14b is a close up of the rounded cusps of the *sulcus* formation.

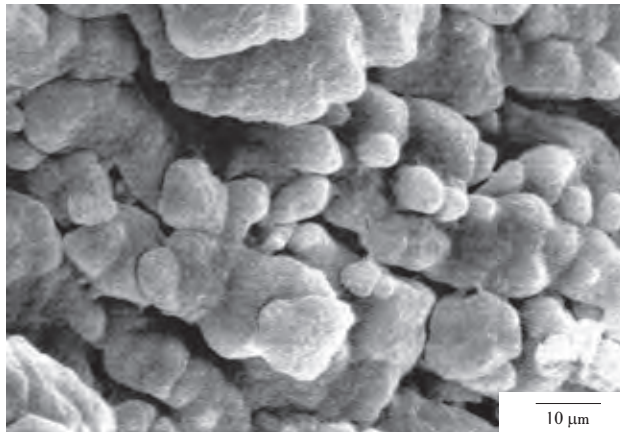
Figure 14

Scanning photograph of the left *lapillus*, internal side of *M. curema*, showing the calcium carbonate crystals in the base of the *sulcus*.

a)



b)



The outer aspect is convex, its dorsal margin shows a smooth surface. Average width of the *lapillus* is 0.47 times its average length.

As in the other two otoliths, visual details were noticed in *lapilli*, although statistical differences could not be found between the length of right and left ($F'_{0.05(2, 125=3,917)} = 0.699, p > 0.05$), and between males and females ($F'_{0.05(2, 125=3,917)} = 0.499, p > 0.05$).

Morphometric analysis of otoliths of Mugil curema

To analyze the morphometric relationships of otoliths, 152 organisms were obtained randomly from the commercial fishery were taken to the lab where otoliths were obtained. Specimen sizes ranged from 20 to 33.60 cm of total length (TL), an average of 24.30 cm (± 2.92 standard deviation); 100 females, 43 males and 9 juvenile organisms that could not be sexed. Sample size determined a minimum of 113 sagittae, 172 asteriscus and 26 lapillus ($\alpha = 0.05$), meaning a higher variation in asteriscus.

Growth of the sagitta

Table 1 shows the calculated average of the rostrum length (total otolith length) and width of *sagitta* by length classes of fish and sexes. Growth of the *rostrum* and width of *sagitta* are smaller in males during lengths 5 to 20 cm; thereafter 25 to 45 cm growth rate decreases in females and it is higher in males' *sagittae*, ANCOVA's result is $F_{(3,138)} = 1.54$.

Table 1
Calculated measures of rostrum (RL) and width (Wi) at different size classes of the *sagitta* of *Mugil curema*.

Classes (cm)	Both sexes		Females		Males	
	RL (mm)	Wi (mm)	RL (mm)	Wi (mm)	RL (mm)	Wi (mm)
5	7.19	3.19	7.35	3.25	5.73	2.73
10	9.68	4.30	9.79	4.34	8.59	3.95
15	11.51	5.13	11.58	5.14	10.88	4.91
20	13.02	5.81	13.04	5.80	12.86	5.73
25	14.32	6.40	14.30	6.37	14.65	6.46
30	15.49	6.92	15.42	6.88	16.29	7.13
35	16.54	7.40	16.44	7.34	17.82	7.74
40	17.52	7.84	17.38	7.76	19.27	8.31
45	18.42	8.25	18.24	8.15	20.64	8.86

RL=Rostrum length; Wi=width.

The relationship between RL and W_i of *sagitta* is expressed by the exponent value $b = 0.683$, which is a negative allometric growth (table 2) indicating that the *sagitta* tends to lengthen as the fish ages. Similar results are found in the relations of females $b = 0.658$ and males $b = 0.687$. These results show that the growth of *sagitta* is eccentric to the core. This is a characteristic which increases with age, *i.e.* the *postrostrum* grows more than the *rostrum*. The dorsal edge grows more than the ventral edge, and a larger amount of material accumulates on the inner than the external side.

Table 2
Relationship between *rostrum* length and width of *sagitta*.

	a	b	n	r ²	F
Both sexes	1.039	0.683	152	0.40	93.21
Females	1.115	0.658	100	0.36	54.95
Males	1.015	0.687	43	0.45	32.94

a= Origin ordinate of relation; b= slope of relation; n= number of individuals;
r²= determination index of relation; F= Fischer index of relation.

The relationship between fish length and RL and W_i of *sagitta* is shown in table 3. The higher value of the allometric index relating fish length to rostrum's length for males has a value of $b = 0.583$, smaller values are found for the species and females, $b = 0.428$ and $b = 0.414$, respectively. Similarly, the relation between fish length and *rostrum* width for males has a value of $b = 0.536$ (0.419 for females and 0.433 for species). In all cases, the values show that there is a direct proportionality between *sagitta* length, width and fish length; this structure is adequate to describe the growth of the organism. High values of the ANOVA (F) show a strong correlation between the structures analyzed in each case.

Table 3
Relationship between the total length of the fish and the measures of *sagitta*.

		a	b	n	r ²	F
RL	Both	3.612	0.428	144	0.64	249.97
	Females	3.773	0.414	100	0.63	166.77
	Males	2.243	0.583	43	0.71	101.98
Wi	Both	1.587	0.433	152	0.57	190.81
	Females	1.654	0.419	100	0.55	125.67
	Males	1.1506	0.536	43	0.57	54.32

a= Origin ordinate of relation; b= slope of relation; n= number of individuals; r²= determination index of relation; F= Fischer index of relation.

Growth of the asteriscus

The relationship between fish length and length and width of *asteriscus* is shown in table 4. Similar to *sagitta*, growth of asteriscus is higher in females during the early stages, although not statistically.

Table 4
Calculated measures of length (L) and width (Wi) of *asteriscus* at different length classes of *Mugil curema*.

Length classes (cm)	Both sexes		Females		Males	
	L (mm)	Wi (mm)	L (mm)	Wi (mm)	L (mm)	Wi (mm)
5	1.36	1.88	1.63	1.86	0.81	1.71
10	1.88	2.64	2.08	2.63	1.42	2.53
15	2.27	3.23	2.40	3.21	1.96	3.18
20	2.59	3.73	2.65	3.70	2.48	3.74
25	2.87	4.16	2.87	4.14	2.96	4.24
30	3.13	4.56	3.05	4.53	3.43	4.70
35	3.36	4.92	3.22	4.89	3.88	5.13
40	3.57	5.25	3.38	5.22	4.33	5.53
45	3.78	5.57	3.52	5.54	4.76	5.91

The relationship between the length and width of the otolith (table 5) is described by the allometric index $b = 0.468$ ($r^2 = 0.374$) and ($F = 55.598$) with similar values for males and females, the latter having a higher value of the allometric index of 0.497. Although r^2 has a very low value, F is high, which indicates that the relation is significant. The low values of r^2 are a result of sampling the commercial catches which have fish sizes from certain length on, between 20 and 40 cm. These results show a negative allometric growth in which the increase in width is greater than length, so, *asteriscus* growth is eccentric to the core; and its anterior border grows more than the posterior border and the dorsal margin grows more than the ventral margin.

Table 5
Relationship between the length and width of the *asteriscus*.

	a	b	n	r ²	F
Both sexes	2.534	0.468	95	0.374	55.598
Females	2.459	0.497	66	0.368	37.205
Males	2.650	0.423	29	0.389	17.213

a= Origin ordinate of relation; b= slope of relation; n= number of individuals; r²= determination index of relation; F= Fischer index of relation.

Table 6 shows the relationship between fish total length and length and width of *asteriscus*. The allometric index value closest to one is for males $b = 0.805$ (statistically different from one, negative allometry), for fish total length and *asteriscus* length. Values of the ANOVA (F) show that the correlation between the structures analyzed in each case, with a tendency to a direct proportionality between fish length and *asteriscus* length are significant. The relation values are low because the sizes of the organisms are those obtained in commercial fishery and organisms smaller than 20 cm are missing.

Table 6
Relationship between total length of the fish and measures of the *asteriscus*.

		a	b	n	R ²	F
Length	Both	0.643	0.465	98	0.31	43.32
	Females	0.932	0.349	68	0.21	17.12
	Males	0.222	0.805	29	0.59	38.38
Width	Both	0.846	0.495	95	0.64	165.50
	Females	0.838	0.496	66	0.67	129.29
	Males	0.688	0.565	29	0.63	46.37

a= Origin ordinate of relation; b= slope of relation; n= number of individuals; R²= determination index of relation; F= Fischer index of relation.

Growth of the lapillus

Table 7 shows the relationship between fish length and length and width of the *lapillus*. As in the *sagitta* and *asteriscus*, the fastest growth of *lapillus* occurs in females at 25 mm in length.

Table 7
Calculated measures of length (L, mm) and width (Wi, mm) of *lapillus* at different length classes of *Mugil curema*.

Length classes	Both sexes		Females		Males	
	L (mm)	Wi (mm)	L (mm)	Wi (mm)	L (mm)	Wi (mm)
5	1.06	0.62	0.99	0.80	1.04	0.36
10	1.48	0.79	1.43	1.04	1.49	0.67
15	1.81	0.92	1.76	1.21	1.84	0.96
20	2.09	1.02	2.05	1.35	2.14	1.24
25	2.33	1.11	2.31	1.46	2.41	1.51
30	2.54	1.19	2.54	1.56	2.65	1.78
35	2.74	1.26	2.75	1.66	2.87	2.04
40	2.93	1.32	2.95	1.74	3.08	2.30
45	3.11	1.38	3.14	1.82	3.27	2.56

The relationship between the length and width of the *lapillus* (table 8) shows that the higher value of the allometric index was found for females with a value of $b = 0.916$, smaller indexes were found for the species and males: $b = 0.869$ and $b = 0.613$, respectively. These values represent a negative allometric growth, in which *lapillus* grows more lengthwise than in width. *Lapillus* growth is eccentric to the core, which means, the anterior and ventral margins show a higher deposition of growth materials than the posterior and dorsal margins.

Table 8
Relationship between length and width of *lapillus*.

Otolith length	a	b	n	r ²	F
Both sexes	0.874	0.613	129	0.34	66.06
Females	0.566	0.916	95	0.34	48.53
Males	0.689	0.869	33	0.39	19.66

a= Origin ordinate of relation; b= slope of relation; n= number of individuals;
r²= determination index of relation; F= Fischer index of relation.

The relationship between fish length and the length and width of *lapillus* is shown in table 9. The higher value of the allometric index for fish total length and *lapillus* width was found for males with a value of $b = 0.891$ which suggests a trend toward direct proportionality between fish length and *lapillus*. This proportionality validates the use of otolith to evaluate the growth of white mullet *M. curema*.

Table 9
Relationship between fish length and other measures of *lapillus*.

	Sex	a	b	n	R ²	F
Length	Both	0.479	0.491	129	0.44	98.05
	Females	0.427	0.524	95	0.47	82.70
	Males	0.447	0.523	33	0.39	20.18
Width	Both	0.343	0.365	129	0.31	56.41
	Females	0.440	0.373	95	0.26	31.96
	Males	0.086	0.891	33	0.59	44.13

Identification of growth rings

Otoliths of 60 specimens were observed with stereoscopic microscope to find growth rings. These were observed in an area from the middle of the otolith to the *posrostrum* on the dorsal margin. The rings on asteriscus were observed on the external side.

Growth ring analysis in *sagittae* otoliths of the *Mugil curema* allowed the identification of seven age groups (table 10). The percentage of *sagittae* showing clearly defined growth rings was 100%. Growth rings are seen in an area from the middle of the otolith to the *posrostrum* on the dorsal margin; in this region the calcium carbonate is deposited faster (see figure 5).

Table 10
Number of the rings and average length (LT cm ± S.D.) of *Mugil curema* in the *sagittae* and scales from several authors.

Number of rings	Otoliths *	n	Scales **	Otoliths ***
0			10.18	18.30
1	14.00 (± 0)	1	14.85	22.30
2	21.8 (± 1.41)	11	19.24	25.20
3	22.9 (± 0.91)	28	22.64	27.80
4	25.3 (± 0.39)	10	25.33	30.30
5	28.3 (± 0.78)	5	27.07	32.50
6	31.1 (± 2.22)	5		

S. D. Standard deviation.

*Present paper.

**Cabral-Solís (1999).

***Ibáñez-Aguirre (1995).

Thirty seven percent of *asterisci* showed the same number of rings as *sagittae*, in the remaining 63%, growth rings were not clearly identified. Growth rings in *asterisci* are shown on the inner side of the otolith as dark concentric lines which run from the ventral to the dorsal margin (see figure 11).

In the case of *lapilli*, growth rings are very difficult to see due to the thickness of the structure, which prevents the observation of growth rings by transmitted light transparency.

Discussion

Retrieving otoliths is not easy most of the time, they can brake easily, and therefore the number of items (n) is different for *sagittae*, *asterisci* and *lapilli*. The same happened to the semicircular canals and the labyrinth system. In this work, the description of such items was done based on bibliography. The acoustic macula transmits vibrations of the otoliths through the eighth cranial nerve to the brain (Mugiya, 1964; 1966a;b). This acoustic macula allows nutrient deposition and is responsible for the growth of otoliths (Gallardo-

Cabello *et al.*, 2006; 2011; Espino-Barr *et al.*, 2006). *Sagittae* and *asterisci* are related with the sound perception, gravity and angular acceleration. The third pair of otoliths, *lapilli*, is responsible for balance (Holst *et al.*, 1950; Lowenstein, 1957).

The *sagittae* are made of calcium carbonate (Lagler *et al.*, 1962) in the form of aragonite (Hickling, 1931; Sasaki and Miyata, 1955; Carlström, 1963; Gallardo-Cabello, 1986) and of a high molecular weight protein named otoline (Degens *et al.*, 1969).

Right and left otoliths of *sagittae*, *asterisci* and *lapilli* can show morphologic differences in the same organism, but morphometric differences were not statistically significant.

In all studied otoliths, growth was higher in females than in males during the early stages preceding gonadal maturity; once it starts —when fish reach 25 cm total length (Cabral-Solís *et al.*, 2010)— otolith growth was higher in males. This phenomenon may be also related to the beginning of gonad maturation and reproduction, when metabolism of calcium and protein are oriented to egg formation and fatty acids storage, and therefore, in females reach a higher ratio. Thus, growth of otoliths decreased more markedly in females than in males (Gallardo-Cabello, 1986; Gallardo-Cabello *et al.*, 2011).

In the present paper it was possible to identify six growth rings on otoliths, compared with five observed by Cabral-Solís (1999) using scales (table 10), probably to the larger mesh sized gillnets used in this work. It is important to note that when the individuals grow, the *sagittae* becomes more curved, making it difficult to observe the last growth rings on the border of the older specimens (see figure 3). Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello (1986) also observed this phenomenon, being possible for these authors only the identification of five growth rings in the otoliths of *Mugil curema* from Tamiahua lagoon, Veracruz, Mexico.

Average length of growth rings obtained in the present paper were equal (growth ring 4) or very similar to those reported by Cabral-Solís (1999) working with scales from *M. curema* in Cuyutlan Lagoon. Average length for each growth ring determined on *sagittae* in *M. curema* from Tamiahua lagoon by Ibáñez-Aguirre (1995) was higher than those reported in the present paper (table 10). Also, the mean length from the nucleus to each fast growth band of the *sagittae* (table 11) shows the same phenomenon; values from *M. curema* in Tamiahua were higher to the obtained in the present study.

Table 11
Mean length (mm) from nucleus to each fast growth band
of the *sagittae* of *M. curema*.

Number of rings	Present paper	Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello (1996)
1	0.8	1.25
2	1.2	2.05
3	1.5	2.81
4	1.7	3.47
5	1.9	3.76
6	2.1	

Average length and width of the nucleus of *sagittae* of *M. curema* from the Cuyutlan Lagoon were 11 and 3.50 mm, respectively. Width of the *sagittae* core of *M. curema* from Tamiahua Lagoon was 9 mm, which means 2.57 times bigger (Ibáñez-Aguirre and Gallardo-Cabello *et al.*, 1996). Taylor (1958; 1960) reported the fish growth as an indirect proportional relation index to latitude and temperature; temperature in Tamiahua Lagoon ranges from 10.3°C to 33°C, and in Cuyutlan Lagoon varies 17.5°C to 34.2°C (Gallardo-Cabello *et al.*, 2005). The temperature could partially explain the differences in fish size between Cuyutlan Lagoon and Tamiahua Lagoon.

Santana *et al.* (2009) carried out a study on micro- and macrostructure analysis of *sagittae* in *M. curema* from the coasts of Brazil. They analyzed daily growth increments in organisms from 1.3 to 15.7 cm of fork length finding five growth zones. Zones I to III corresponded to the first annual growth, meanwhile Zone IV indicated daily growth increment corresponding to the second annual growth ring. From Zone V on, it was not possible to observe daily increment rings, therefore, subsequent rings were considered annual periods.

In our case, we did not consider daily growth increments, or smaller than annually, because growth marks were not visible during the first sampled year and then, these disappeared after the second yearly ring, period related to spawning season. From this period, otolith growth decreases and calcium carbonate and otoline materials depositions were lower, and the growth ring pattern became irregular and difficult to observe. Also at this stage, interruptions sutures made it impossible to identify daily growth increments. This same phenomenon was observed for the daily growth increment and annual periodicity rings in *asterisci*, in which after the second growth mark, deposition of daily increments was diffuse.

We consider that studies on daily growth increments of otoliths, besides giving more information on growth ring identification and age determination, explain many life cycle

phenomena of the organisms during their first life stages, that is, their larvae period, migration from planktonic media to pelagic, demersal and benthonic media and other changes that larvae go through, and also juvenile stages to adults before their recruitment to the area and fishing gears. These studies on otolith microstructure should be expanded, not only on sagittae, but also on asterisci and lapilli otoliths.

Conclusions

No morphometric differences were found between right and left otoliths of fish sides. There was statistical difference between sexes: in early years, otoliths of females were larger until their first reproductive maturity; then, males otoliths tend to reach larger sizes. In all cases otoliths growth is eccentric to the core.

In this paper, six growth rings in *sagittae* and *asterisci* were identified.

Average length and width of the core in the *sagittae* otolith of *M. curema* from Cuyutlan Lagoon, were 11 mm and 3.50 mm, respectively.

Cited Literature

- Barkman, R. C. (1978). The use of otolith growth rings to age young Atlantic silversides, *Menidia menidia*. *Trans. Am. Fish. Soc.* 107:790-792.
- Begg, G. A.; Campana, S. E.; Fowler, A. J. and Suthers, I. M. (2005). Otolith research and application: current directions in innovation and implementation. *Marine and Freshwater Research* 56(5):477-483.
- Berg, E.; Sarvas, T. H.; Harbitz, A.; Fevolden, S. E. and Salberg, A. B. (2005). Accuracy and precision in stock separation of north-east Arctic and Norwegian coastal cod by otoliths –comparing readings, image analyses and a genetic method. *Marine and Freshwater Research* 56(5):753-762.
- Bolz, G. R. and Lough, R.G. (1983). Larval cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) growth on Georges Bank, spring 1981. *Fish. Bull. U.S.* 81:827-836.
- Bolz, G. R. and Lough, R. G. (1988). Growth through the first six months of Atlantic cod, *Gadus morhua*, and haddock, *Melanogrammus aeglefinus*, based on daily otolith increments. *Fish. Bull.* 86:223-236.
- Brothers, E. B; Prince, E. D. and Lee, D.W. (1983). Age and growth of young-of-year bluefin tuna, *Thunnus thynnus*, from otolith microstructure. 49-60 p. In: Prince, E. D. y Pulos, L. M. (Ed.). *Age determination of oceanic pelagic fishes: tunas, billfishes, and sharks*. NOAA Tech. Rep. NMFS 8.
- Cabral-Solís, E. G. (1999). Estudio sobre crecimiento y aspectos reproductivos de la lebrancha (*Mugil curema*) en la Laguna de Cuyutlán, Colima. Tesis de Maestría, U. de C., 80 pp.
- Cabral-Solís, E. G.; Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E. and Ibáñez-Aguirre, A. L. (2010). Reproduction of *Mugil curema* (Pisces: Mugilidae) from the Cuyutlan lagoon, in the Pacific coast of México. *Avances en Investigación Agropecuaria* 14(3):19-32.
- Campana, S. E. and Neilson, J. D. (1985). Microstructure of fish otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 44:1014-1032.
- Carlström, D. (1963). A crystallographic study of vertebrate otoliths. *Biol. Bull. Mar. Biol. Lab, Woods Hole* 125:441-463.
- Daniel, W.W. (1991). *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Ed. Noriega-Limusa, México, 667 pp.
- David, A.W.; Isely, J. J. and Grimes, C. B. (1994). Differences between the *sagitta*, *lapillus*, and *asteriscus* in estimating age and growth in juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. *Fishery Bulletin.* 92:509-515.
- Degens, E. T.; Deuser, W. G. and Haedrich, R. L. (1969). Molecular structure and composition of fish otoliths. *Mar. Biol.* 2(2):105-113.
- Ehrhardt, N. (1981). *Curso sobre métodos en dinámica de poblaciones. 1a. Parte. Estimación de parámetros poblacionales*. México, D. F. 150 pp.

- Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M.; García-Boa, A.; Cabral-Solís, E.G. and Puente-Gómez, M. (2006). Morphologic and morphometric analysis and growth rings identification of otoliths: *sagitta*, *asteriscus* and *lapillus* of *Caranx caninus* (Pisces: Carangidae) in the coast of Colima, Mexico. *J. Fish. Aq. Sc.* 1(2):157-170.
- Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M.; Cabral Solís, E. G.; García-Boa, A. and Puente-Gómez, M. (2008). Growth of the Pacific jack *Caranx caninus* (Pisces: Carangidae) from the coast of Colima, México. *Rev. Biol. Trop.* 56(1):171-179.
- Francis, C.; Harley, S. J.; Campana, S. E. and Doering-Arjes, P. (2005). Use of otolith weight in length-mediated estimation of proportions at age. *Marine and Freshwater Research* 56(5):735-743.
- Gallardo-Cabello, M. (1986). Estudio de la ultraestructura del otolito *sagita* de la brótola *Phycis blennoides* (Brunnich, 1768) en el Mediterráneo occidental (Pisces: Gadidae). *An. Inst. Cienc. del Mar. y Limnol. UNAM, México* 13(2):197-206.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; González-Orozco, F. and García-Boa, A. (2003). Age determination of *Anisotremus interruptus* (Gill, 1863) (Perciformes: Haemulidae) by reading scales, in the coast of Colima, México. *Rev. Biol. Trop.* 51(2):519-528.
- Gallardo-Cabello, M.; Cabral Solís, E. G.; Espino-Barr, E. and Ibáñez-Aguirre, A. L. (2005). Growth analysis of white mullet *Mugil curema* (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) in the Cuyutlan Lagoon, Colima, México. *Hidrobiológica* 15(3):321-325.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; García-Boa, A.; Cabral-Solís, E. G. and Puente-Gómez, M. (2006). Morphologic and morphometric analysis and growth rings identification of otoliths: *sagitta*, *asteriscus* and *lapillus* of *Caranx caballus* (Pisces: Carangidae) in the coast of Colima, Mexico. *International Journal of Zoological Research* 2(1):34-47.
- Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E.; Nava-Ortega, R. A.; García-Boa, A.; Cabral-Solís, E. G. and Puente-Gómez, M. (2011). Analysis of the otoliths of *sagitta*, *asteriscus* and *lapillus* of Pacific sierra *Scomberomorus sierra* (Pisces: Scombridae) in the coast of Colima, Mexico. *Journal of Fisheries and Aquatic Science* 6(4):390-403.
- Granados-Flores, K.; Gallardo-Cabello, M.; Espino-Barr, E. and Cabral-Solís, E. G. (2010). Age determination of *Microlepidotus brevipinnis* (Steindachner, 1869) (Pisces: Haemulidae) in the coast of Jalisco, Mexico, by reading otoliths and scales. *International Journal of Zoological Research* 6(1):1-12.
- Hickling, C. F. (1931). The structure of the otolith of the hake. *Q. Jl. Microsc. Sci.* 74:547-561.
- Holst, E.; Kaiser, H.; Schoen, L.; Roebig, G. and Göldner, G. (1950). Die Arbeitsweise de Statolithenapparates bei Fischen. *Zeitschrift für vergleichende Physiologie* 32:60-120.
- Ibáñez-Aguirre, A. L. (1995). *Algunos aspectos de la dinámica de poblaciones de Mugil cephalus (Linneo, 1758) y M. curema (Valenciennes, 1836) (Pisces: Mugilidae) en la laguna de Tamiahua, Veracruz.* Tesis de Doctorado UNAM, Fac. Ccias., 216 pp.
- Ibáñez-Aguirre, A. L. and Gallardo-Cabello, M. (1996). Age determination of the grey mullet *Mugil cephalus* L. and the white mullet *Mugil curema* V. (Pisces: Mugilidae) in Tamiahua lagoon, Veracruz. *Ciencias Marinas* 22(3):329-345.
- Joseph, D. C. (1962). Growth characteristics of two Southern California surffishes, the California corbina and spotfin croaker, Family Sciaenidae. The Resources Agency of California. Dep. of Fish and Game. *Fish Bull.* 119:1-54.
- Lagardere, F. (1989). Influence of feeding conditions and temperature on the growth rate and otolith-increment deposition of larval Dover sole (*Solea solea*) (L.). *Rapp. P. -v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer.* 191:390-399.
- Lagler, K. F.; Bardach, J. E. and Miller, R. R. (1962). *Ichthyology*. The University of Michigan, John Wiley and Sons, USA, 491 pp.
- Lowenstein, O. (1957). The sense organs, the acusticolateralis system. 2: pp. 155-186. In: Brown, M. E. (Ed.). *The physiology of fishes*. Academic Press. N.Y. 526 pp.
- Mascareña-Osorio, I.; Aburto-Oropeza, O. and Balart, E. F. (2003). *Otolitos de peces de arrecife del Golfo de California*. UABCS y Cibnor, México, 120 pp.

- Mugiya, Y. (1964). Calcification in fish and shell-fish Seasonal occurrence of a pre-albumin fraction in the otolith fluid of some fish corresponding to the period of opaque zone formation in their otoliths. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 30:445-467.
- Mugiya, Y. (1966a). Calcification in fish and shell-fish. A study on paper electrophoretic patterns of the acid mucopolysaccharides and Pas-positive materials in the otolith fluid of some fish. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 32:117-129.
- Mugiya, Y. (1966b). Calcification in fish and shell-fish Seasonal change in calcium and magnesium concentration of the otolith fluid in some fish with special reference to the zone formation of their otolith. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.* 32:549-557.
- SAGARPA (2010). *Anuario estadístico de pesca 2009*. Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2009_capitulo_i_preliminar
- Santana, F. M.; Morize, E.; Clavier, J. and Lessa, R. (2009). Otolith micro-and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white mullet *Mugil curema*. *Aquat. Biol.* 7:199-206.
- Santana-Hernández, H.; Espino-Barr, E.; Gallardo-Cabello, M. and García-Boa, A. (2008). Morphologic and morphometric analysis and growth rings identification of otoliths: *sagitta*, *asteriscus* and *lapillus* of yellowfin tuna *Thunnus albacares* (Bonaterre, 1788) (Pisces: Scombridae) in the Eastern Pacific. *International Journal of Zoological Research* 4 (3):138-151.
- Sasaki, H. and Miyata, J. (1955). Experimentelle Studien über Otolithen. *Zeitschr. Rhinol. Otol.* 34:740-748.
- Secor, B. W.; Dean, J. M. and Laban, E. H. (1992). Otolith removal and preparation for microstructural examination. Chapter 3: 19-57. In: Stevenson, D. K. y Campana, S. E. (Eds.). *Otolith microstructure examination and analysis*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences 117: 126 pp.
- Solomon, G.; Matsushita, K.; Shimizu, M. and Nose, Y. (1985). Age and growth of rose bitterling in Shin Tone River. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 51:55-62.
- Sparre, P. y Venema, S. C. (1995). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1 - Manual*. FAO Doc. Tec. de Pesca 306/1, Roma, 420 pp.
- Stevensen, D. K. and Campana, S. E. (1992). *Otolith microstructure examination and analysis*. Can Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117. 126 pp.
- Suthers, I. M.; Frank, K. T. and Campana, S. E. (1989). Spatial comparison of recent growth in postlarval Atlantic cod (*Gadus morhua*) off southwestern Nova Scotia: inferior growth in a presumed nursery area. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46(1):113-124.
- Taylor, C. C. (1958). Cod growth and temperature. *J. Conseil.* 23(3):366-370
- Taylor, C. C. (1960). Temperature, growth and mortality – the Pacific cockle. *J. Conseil.* 26(1):117-124.
- Victor, B. C. and Brothers, E. B. (1982). Age and growth of the fallfish *Semotilus corporalis* with daily otolith increments as a method of annulus verification. *Can. J. Zool.* 60:2543-2550.
- Zar, J. H. (1996). *Biostatistical analysis*. 3rd ed. Prentice Hall. USA., 662 pp.

Recibido: Octubre 10, 2011

Aceptado: Agosto 29, 2012

Use and management of tree fodder resources on farms in central Veracruz, Mexico

Uso y manejo de recursos arbóreos en explotaciones ganaderas del centro de Veracruz, México

Ascencio-Rojas, L.;¹ **Valles-de la Mora, B.;**^{2*} **Ibrahim, M.**³
y Castillo-Gallegos, E.²

¹Programa de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Turrialba, Costa Rica.

²Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería
Tropical (CEIEGT, FMVZ-UNAM)

Km 7.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Tlapacoyan, Veracruz; México (C. P. 93600).

³Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Área de Agroforestería. Turrialba, Costa Rica.

*Corresponding author: braulio_36@hotmail.com

Abstract

Cattle producers were surveyed to evaluate the use and potential of trees and shrubs in 60 livestock farms from the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz, Mexico. The study identified, located, and described the use of promising woody species as fodder in three animal production systems. Surveys recorded information about: animal production systems, pasture management, main agricultural products of the farm, identification, management and use of trees and shrubs in the farm. Data was analyzed using descriptive statistics. Three animal production systems were characterized: dual-purpose (57%), cow-calf operation (30%), and pasture-based finishing (13%); where 145 tree species were identified, with *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* and *Cedrela odorata* as the most common. The main use of trees species were, fuelwood and charcoal, lumber, and live fence posts. Also, the first two, from the 12 species were the most eaten by cattle as fodder material, mainly as branching (38.80%) or cut-and-carry use

Resumen

Se realizó este estudio para determinar el uso y potencial de árboles y arbustos en 60 explotaciones ganaderas de los municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Los productores fueron encuestados con el objetivo de identificar, localizar y describir el uso de especies leñosas promisorias de interés forrajero, en tres sistemas de producción animal. Las encuestas registraron información acerca de: tamaño de la explotación, miembros (edad, escolaridad, años de experiencia) de la familia, sistema de producción animal, manejo de pasturas, principales productos de la explotación; y la identificación, manejo y uso de árboles y arbustos en el sitio. Los datos se analizaron por estadísticos descriptivos como promedios y frecuencias relativas. Se caracterizaron tres sistemas de producción animal. Doble propósito (57%), cría y finalización (30%), y finalización en pasturas (13%); donde se identificaron 145 especies de árboles, siendo *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* y *Cedrela odorata* las más comunes. Las dos primeras, de 12 especies fueron las más consumidas por el ganado,

(3.50%). The study showed a high diversity of woody species, with multiple functions in within the farms, highlighting some woody species as fodder, which adds value to the animal production systems when are used at critical times of the year.

Key words

Animal production systems, humid tropics, woody perennial forage species.

principalmente en ramoneo (38.80%) o corte y acarreo (3.50%). El uso principal de estas especies fue: leña, carbón, madera y cercos vivos. El estudio mostró que existe una alta diversidad de especies leñosas de uso forrajero, con múltiples funciones en las explotaciones, destacando algunas especies como forrajeras, con un valor añadido en los sistemas de producción animal durante las épocas críticas del año.

Palabras clave

Sistemas de producción animal, trópico húmedo, especies forrajeras leñosas perennes.

Introduction

In many regions, grasses do not meet the requirements of the animals in the dry season, especially in cattle. At this time, the animals often lose weight and milk production declines. Consequently, producers have resorted to alternative crops as food (Casasola *et al.*, 2001).

The humid tropics are characterized by high livestock production, but in many farms this activity is carried-out under intensive production systems. In recent years, there have been numerous investigations regarding the potential of forests and rainforests, seeking to create economic and ecological alternatives to improve livestock production systems, and thus prevent the environmental degradation (Jiménez, 2000).

In Mexico, there is great diversity of tree and shrub species with forage potential, which can enable the sustainability of farming systems, making them less dependent on external inputs such as energy and protein concentrates. Also, trees and shrubs offer a variety of services to animal production systems such as live fence, shade, firewood and soil improvers (Ramírez *et al.*, 2000). Toledo *et al.* (1995) conducted a study in indigenous communities in the humid tropics of Mexico, where from 1,124 plants found, 75 of them were trees and shrubs with a variety of alternative uses for farmers.

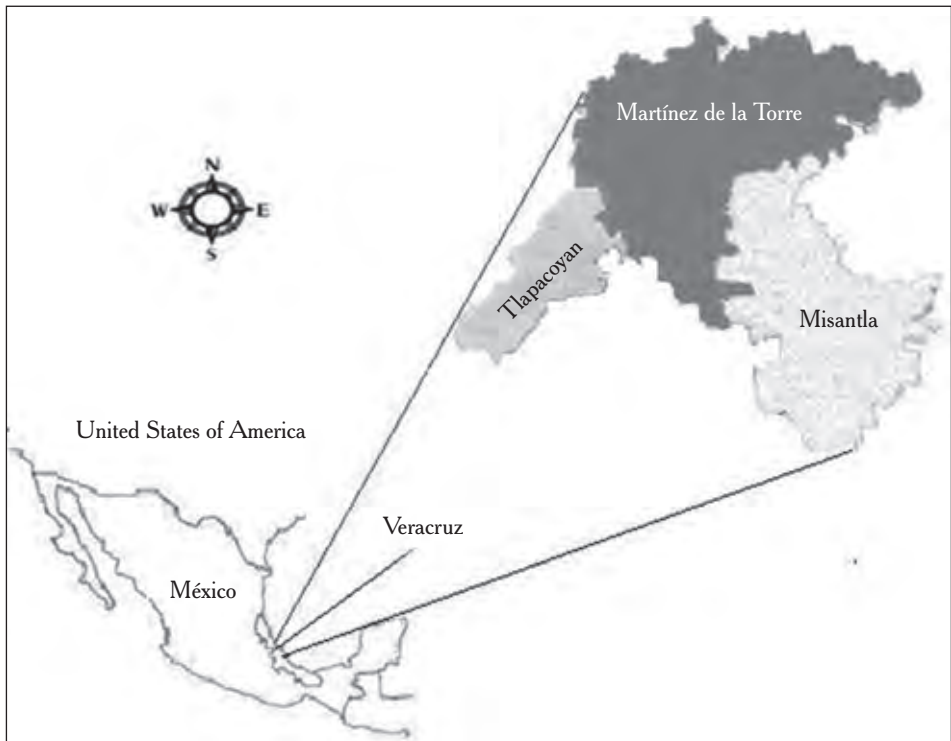
The woody perennial species with forage potential, include a large number of tree species, either for their foliage or fruit, used to feed cattle (Martínez, 2003). The main objective of this study was to characterize and identify potential woody perennial species as forage alternatives for cattle farms with different animal production systems, in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, state of Veracruz, Mexico, in order to design strategies for animal feed through silvopastoral systems.

Materials and methods

Location and description of the study area

The study area was located in the municipalities of Tlapacoyan, Martínez de la Torre, and Misantla, placed at the north-central region of Veracruz state, Mexico (figure 1).

Figure 1
Location map of study area.



In these municipalities exist a representative number of different types of farms with different production systems: from small farmers with a land area of 6-10 ha and few animals, to large producers with areas larger than 100 ha and over 200 animals on the property.

Characterization of farms

Sixty surveys were applied to randomly determined cattle producers, from which, 20 were selected in each municipality Data was collected in 2006, by structured interviews,

covering the topics described in table 1. Social nature questions were asked, in order to take into account socioeconomic factors that may interfere with decisions that affect or benefit the use or adoption of tree species.

Characterization of woody species and botanical identification

Information was provided by the perspective producer, regarding the use and importance of each specie on their farm. During the interview a tour was made along with producer, in order to observe and verify data provided. The uses of each species were recorded individually, using one form per farm. The tree and shrub species were identified by their morphological characteristics, as well as common names provided by the producers. Species were identified with the support of bibliographic materials, such as: *Tropical Trees of Mexico* (Pennington and Sarukhan, 2005) and *Árboles de Centroamérica* (Cordero and Boshier, 2003). Also, an experienced taxonomist supported the task of species identification.

Table 1
Social characteristics of farmers in three animal production systems
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre,
Veracruz (Mexico).

<i>Characteristics</i>		<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>
Age of farmers		51.2	55.7	50.6
Years of experience as farmer		24.2	32.7	23.8
Academic background	Elementary school incomplete	17.7	27.8	0.0
	Elementary school	35.3	33.3	25.0
	Secondary education	26.5	22.2	25.0
	Bachelor degree	8.8	11.1	37.5
	College and University	11.8	11.1	12.5
Land owning regime	Land owner	88.2	94.4	75.0
	Communal	8.8	5.6	12.5
	Land rent	2.9	0.0	12.5
How the ranch was acquired	Purchased	32.4	27.8	12.5
	Inherited	64.7	72.2	62.5
	Granted	2.9	0.0	25.0

Classification of tree species according to their location and uses

The classification of tree species in terms of location and uses in the three municipalities were based on the following characteristics: 1) Fuel (firewood, charcoal); 2) Scattered trees in paddocks (shadow); 3) Living fences (boundary and pasture land); 4) Timber (building houses, furniture, poles galley); 5) Food (flower, fruit, leaves, roots, stems); 6) Crafts and utensils (key chains, spoons, baskets, tool handles); 7) Medical use.

The main characteristics of woody species were grouped in: a) Location: dispersed trees in pastures, live fences; b) Plan part preferred by cattle: leaves, stems, flowers, fruits, bark, seeds, roots; c) Type of propagation of tree species: seeds, cuttings; d) How animals eat tree species: cut and carry, branching, or picking up from the ground. Producers were

asked, to list in order of importance, five species trees which animals ate more frequently or preferred.

Data was interpreted using descriptive statistics as averages (percentages) and frequency distributions.

Results

Socioeconomic characteristics of livestock producers

As a result of the survey, three different animal production systems were characterized: dual-purpose (57%), cow-calf operation (30%), and pasture-based finishing (13%), with dual-purpose as the most important animal production system in the region. Farmers with more years of experience were found using the cow-calf operation system. The farmers of different animal production systems have different levels of income from their farms (table 2). The percentage of income that came directly from the farm had the highest value in the cow-calf operation system (100%). Public services as telephone services and schools, in places where farms are located, are shown also in the same table 2.

Table 2
 Economic characteristics and services of farmers in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

<i>Characteristic</i>	<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>	
Income from farm, (%)	25 %	20.6	22.2	37.5
	50 %	41.2	38.9	12.5
	75 %	20.6	5.6	25.0
	100 %	17.7	33.3	25.0
Use that provides income	Trade	41.18	22.2	37.5
	Services	35.3	50.0	37.5
	No activity	23.5	27.8	25.0
Agricultural products sold by the farmers	Calf	100.0	66.7	0.0
	Milk	85.3	16.7	0.0
	Lumber	47.1	50	37.5
	Fruits	32.4	38.9	25.0
	Firewood	23.5	33.3	50.0
	Fat cattle	26.5	11.1	75.0
	Crops	17.6	11.1	0.0
Services available to farmers	Drinking water	100	100	100
	Rural road	79.5	72.3	87.5
	Electric power	70.6	88.9	50.0
	Schools	47.1	33.3	0.0
	Health services	32.5	33.3	0.0
	Telephone	20.6	0.0	0.0
	Paved road	14.7	16.7	12.5
	Drainage system	11.8	5.6	0.0

Land use

Of the 60 producers surveyed, a total area of 2,564 ha was estimated. The main land uses were grazing, grass cutting (cutting fodder banks), production of citrus, especially lemon and orange plantations, banana plantations; and a lesser extension, crops of coffee, pepper, tomato, beans, cassava, sugar cane, and pumpkin (table 3). Farmers of the three animal production systems have scattered trees in their pastures, and others land uses were prevalent.

Table 3

Land use by farmers at three animal production systems, in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

<i>Land use</i>	<i>Dual-purpose,</i> <i>n=34</i>		<i>Cow-calf operation,</i> <i>n=18</i>		<i>Pasture-based finishing (%)</i> , <i>n=8</i>	
	Area (ha)	Average	Area (ha)	Average	Area (ha)	Average
Grazing land	1,167.0	34.3	727.0	40.4	257.0	32.1
Chopped forage	47.0	1.4	6.0	0.3	17.0	2.1
Citrus plantations	72.0	2.1	70.0	3.9	11.0	1.4
Forest patches	62.0	1.8	37.0	2.1	5.0	0.6
Agricultural crops	10.0	0.3	36.0	2.0	3.0	0.4
Banana/coffee plantations	32.0	0.9	5.0	0.3	0.0	0.0
<i>Total</i>	<i>1,390.0</i>		<i>881.0</i>		<i>293.0</i>	
Percentage of farmers which give a different use to the land:						
Scattered trees in pastures	100.0		100.0		100.0	
Chopped forage	41.2		22.2		37.5	
Fruit trees in pastures	11.8		5.5		0.0	
Agricultural crops	17.6		11.1		0.0	
Fruit tree plantations	14.7		38.9		25.0	

Grasses and cattle breeds in farms

In the farms, different species of grasses were found, predominantly *Cynodon nlemfuensis*, *Paspalum notatum* and *Axonopus compressus* (table 4). Farmers did not use any introduced herbaceous legumes in their pastures. The most common type of grazing was rotational, with five, six and nine paddocks, in dual-purpose, cow-calf operation, and pasture-based finishing system, respectively (figure 2). The predominant cattle breeds were of the genus *Bos indicus* (Brahman, Indobrasil, Nellore, Gyr, Guzerat and Sardo negro), and to a lesser extent genus *Bos taurus* (Holstein, Brown Swiss, Simmental, Angus and Jersey). However, the dominating races were Brahman and Brown Swiss (table 5).

Table 4
Species of grasses in farms, in three animal production systems, in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

Common name	Scientific name	Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
Santo Domingo stargrass	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	82.4	88.9	100.0
Bahia grass	<i>Paspalum notatum</i>	82.4	83.3	50.0
Carpet grass	<i>Axonopus compressus</i>	67.7	77.8	62.5
Bitter grass	<i>Paspalum virgatum</i>	52.9	50.0	37.5
Camalote	<i>Paspalum paniculatum</i>	41.2	44.4	12.5
Sabana grass	<i>Sporobolus virginicus</i>	23.3	22.2	0.0
Taiwan grass	<i>Pennisetum purpureum</i>	17.7	16.7	0.0
Pangola grass	<i>Digitaria eriantha</i>	14.7	11.1	25.0
Insurgentes grass	<i>Brachiaria brizantha</i>	11.8	22.2	37.5
Tanzania grass	<i>Panicum maximum cv Tanzania</i>	8.8	5.5	50.0
Guinea grass	<i>Panicum maximum cv Privilegio</i>	8.8	11.1	12.5
King grass	<i>Pennisetum hibrido</i>	8.8	11.1	12.5
Merkeron grass	<i>Pennisetum purpureum cv Merkeri</i>	8.8	5.5	0.0
Mulato grass	<i>Brachiaria hibrido</i>	5.5	0.0	0.0
Signal grass	<i>Brachiaria decumbens</i>	2.9	0.0	12.5
Humidicola grass	<i>Brachiaria humidicola</i>	2.9	0.0	12.5
Mombasa grass	<i>Panicum maximum cv Mombasa</i>	0.0	5.6	37.5

Figure 2
Grazing systems in farms at three animal production systems
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez,
Veracruz (Mexico).

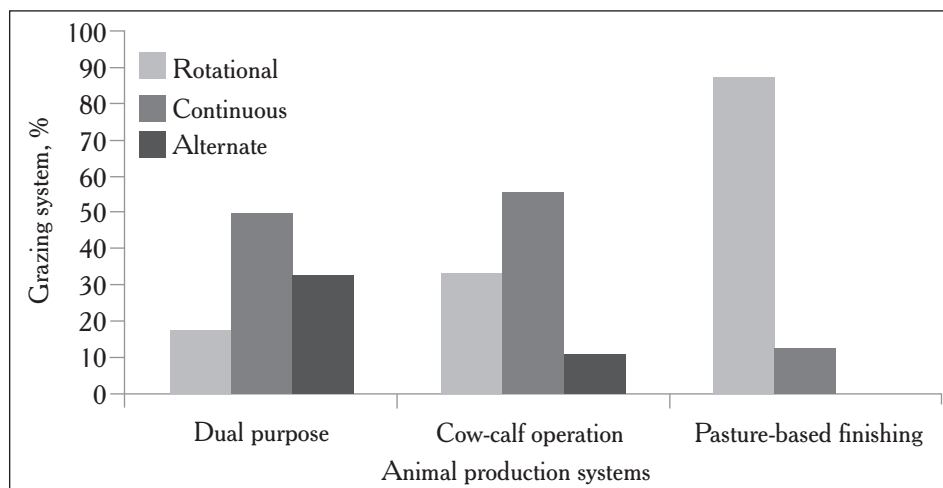


Table 5
Cattle breeds predominating in three animal production systems,
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre,
Veracruz (Mexico).

<i>Cattle breeds</i>	<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>
Brahman	100.0	94.4	100.0
Brown Swiss	58.8	61.1	62.5
Holstein	41.2	5.6	0.0
Criollo	32.4	38.9	25.0
Indobrazilian	11.8	50.0	25.0
Simmental	5.8	27.8	0.0
Nellore	5.8	12.5	5.6
Sardo negro	5.8	5.6	0.0
Charolais	2.9	38.9	12.5
Gyr	2.9	11.1	0.0
Guzerat	2.9	11.1	0.0
Jersey	2.9	5.6	0.0
Angus	2.9	5.6	0.0
Beefmaster	0.0	25.0	0.0

Characteristics of adoption and management of tree species

While most producers recognized that tree species provide benefits and services (table 6), some argued that the shadow cast by the tree canopy significantly affects forage production in that area.

A hundred percent of the farms surveyed had woody species in dispersed trees in pastures. In the three animal production systems, animals preferred to eat by browsing woody species located in the hedges. In addition, producers of the cow-calf operation system favored offering cut-and-carry out forage from woody hedges (table 7). The producers of the three systems preferred to prune the woody plants once a year, in order to reduce shadows and to get new posts to establish or renew hedges.

Table 6
Adoption of woody species by farmers in three animal production systems
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre,
Veracruz (Mexico).

	<i>Farmer's opinion</i>	<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>
Farmer's perception of Woody species	Good	79.4	72.2	75.0
	Regular	17.6	27.8	12.5
	Bad	2.9	0.0	12.5
Will you be willing to allocate an area for woody species?	Yes	82.4	77.8	75.0
	No	8.8	16.7	12.5
	Did not know	8.8	5.6	12.5
What are your needs to establish Woody species?	Technical assistance	52.9	38.9	37.5
	Economic funds	5.9	0.0	0.0
	The previous two	41.4	61.1	62.5

Table 7

Management characteristics of woody species by farmers in three animal production systems in the municipalities Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

<i>Management and use of woody species</i>		<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based Finishing (%)</i>
Site for use of woody browse	Live fences	100.0	100.0	100.0
	Dispersed trees	100.0	100.0	87.5
	Fodder banks	2.9	5.6	0.0
Site using of woody species for cut and carry	Live fences	2.9	22.2	0.0
	Dispersed trees	5.9	5.6	0.0
	Fodder banks	8.8	5.6	0.0
Propagation of live fences	Mature branches	94.1	88.9	87.5
	Seed	2.9	22.2	0.0
Propagation of dispersed trees	Seed/plant	17.6	27.8	12.5
	Regeneration	52.9	44.4	25.0
Cuttings by year	One	58.8	55.6	75.0
	Two	41.2	44.4	12.5
	No cuttings	0.0	0.0	12.5
Distance among woody species in live fences	A meter or less	8.8	11.1	0.0
	Two meters	44.1	50.0	62.5
	Three meters	38.2	27.8	12.5
	Four meters	5.9	5.6	0.0
	Five meters or more	2.9	5.6	12.5
Period of use of Woody species	Dry season	88.2	72.2	75.0
	Rainfall season	11.8	27.8	25.0

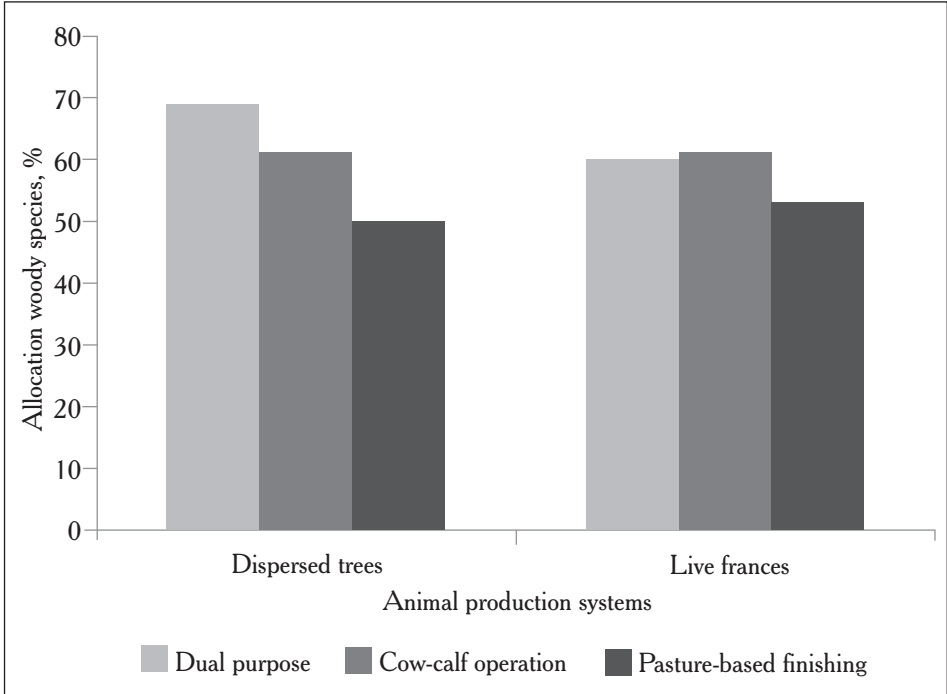
We identified 49 families, 120 genera and 145 tree species, in the three animal production systems. Cattle consumed a total of 65 species during dry season (table 8). In the dual-purpose system the highest percentage of trees in pastures was found with 94 species (figure 3).

Table 8
Main families of woody species in farms, in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan Misantra and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

Family (Scientific and Spanish common name)	Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
Leguminosae	19.6	19.7	20.2
Moraceae	6.5	7.4	7.1
Rutaceae	6.5	7.4	6.0
Lauraceae	3.6	3.3	2.4
Meliaceae	3.6	4.9	3.6
Palmae	3.6	4.1	4.8
Anacardiaceae	2.9	3.3	3.6
Bignoniaceae	2.9	1.6	3.6
Euphorbiaceae	2.9	4.1	4.8
Most common woody species in farms:			
<i>Bursera simaruba</i> (Chaca)	100.0	100.0	100.0
<i>Gliricidia sepium</i> (Cocuite)	97.1	100.0	100.0
<i>Cedrela odorata</i> (Cedro)	91.2	100.0	87.5
<i>Psidium guajava</i> (Guayaba)	82.4	72.2	87.5
<i>Spondias mombin</i> (Jobo)	82.4	88.9	75.0
<i>Ficus cotinifolia</i> (Higuera)	76.5	83.3	100.0
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guacimo)	73.5	72.2	50.0
<i>Mangifera indica</i> (Mango)	55.9	61.1	50.0
<i>Erythrina americana</i> (Colorín)	61.8	77.8	37.5
<i>Parmentiera aculeata</i> (Chote)	50.0	72.2	50.0

Figure 3

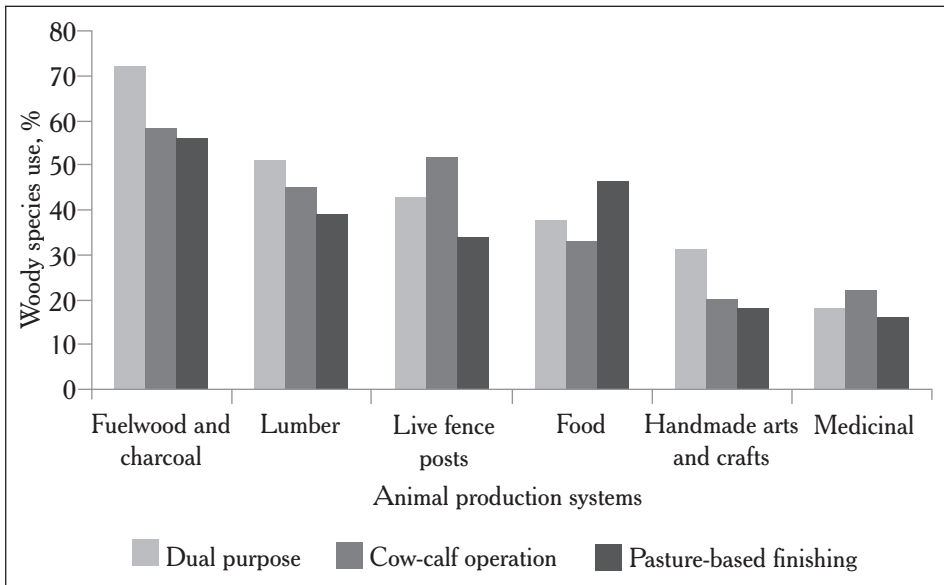
Location of tree species in pastures of cattle farms by land use in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez, Veracruz (Mexico).



According to the survey, six main uses of woody species uses were identified, which were ranked in order of importance: 1) fuel (firewood, charcoal), 2) timber (building houses and furniture), 3) poles (building galleys, repair facilities for cattle), 4) food (flowers, fruits, leaves, roots, stems), 5) crafts and utensils (key chains, spoons, baskets, tool handles), 6) medicine (figure 4).

Figure 4

Main use of woody species of cattle farms in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Mianzla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).



Farmers showed preference for 39 tree and shrub species for consumption, among them: *Guazuma ulmifolia*, *Mangifera indica*, *Spondias mombin*, *Persea schiedeana*, *Persea americana*, *Spondias purpurea*, *Psidium guajava*, *Pouteria sapota*, *Tamarindus indica*, *Manilkara sapota* and citrus products in general (table 9). Animals have preference for the foliage of the trees; and the intake of some fruits depends on availability. Products of some fruits are annual, and these match up with the dry season (figure 5).

Table 9

Woody species with more frequency of use in cattle farms in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

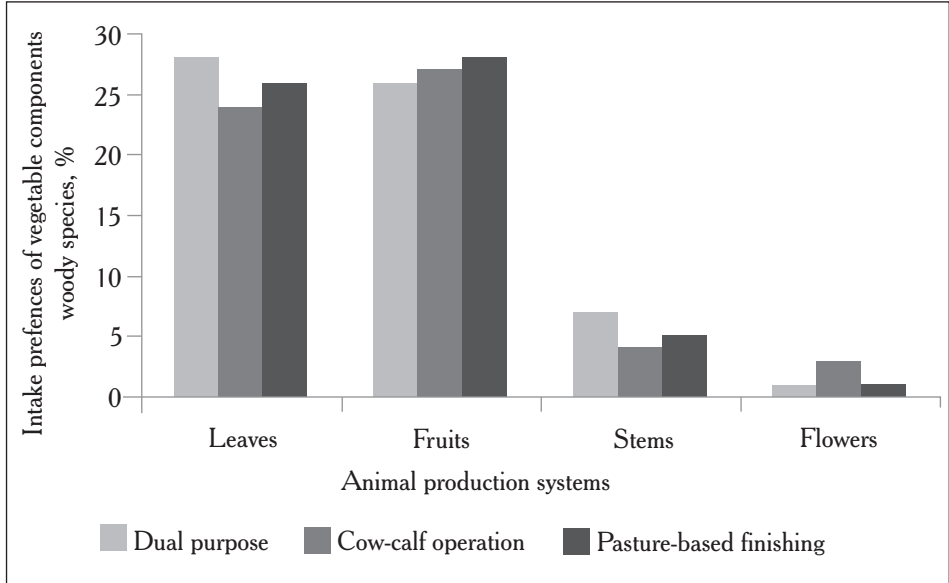
Scientific (and Spanish common) name	Fuel Wood	Lumber	Live fence posts	Food	Hand-made arts and crafts	Medicinal
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guacimo)	•	•	•	•	•	•
<i>Mangifera indica</i> (Mango)	•	•	•	•	•	•
<i>Persea schiedeana</i> (Chinina or pagua)	•	•	•	•	•	
<i>Cordia alliodora</i> (Palo María)	•	•	•		•	
<i>Inga jinicuil</i> (Genecuil)	•	•	•	•	•	
<i>Erythrina americana</i> (Colorín)	•		•	•	•	
<i>Guadua aculeata</i> (Tarro)		•	•		•	
<i>Parmentiera aculeata</i> (Chote)	•	•	•		•	•
<i>Manilkara sapota</i> (Chicozapote)	•	•	•	•	•	•
<i>Salix humboldtiana</i> (Sauce)	•	•	•		•	•
<i>Tabebuia rosea</i> (Palo de rosa)	•	•	•		•	

Table 10
Species used as fodder for animal feed, in three animal production systems.

Scientific (and common) name	Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
<i>Gliricidia sepium</i> (Cocuite)	73.5	88.8	75.0
<i>Bursera simaruba</i> (Chaca)	64.7	77.7	62.5
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guacimo)	52.9	66.6	50.0
<i>Erythrina americana</i> (Colorín)	35.3	55.5	37.5
<i>Diphysa robinoides</i> (Amarillo)	23.5	44.4	25.0
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> (Ombligo)	29.4	44.4	0.0
<i>Leucaena leucocephala</i> (Guaje)	23.5	22.2	25.0
<i>Parmentiera aculeata</i> (Chote)	14.7	22.2	12.5
<i>Morus alba</i> (Morera)	17.6	5.5	25.0
<i>Bambusa vulgaris</i> (Bambú)	11.8	16.6	0.0
<i>Cajanus cajan</i> (Gandul)	8.8	5.5	12.5
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (Tulipán)	5.9	11.1	12.5
<i>Calliandra houstoniana</i> (Caliandra)	5.9	0.0	0.0

Figure 5

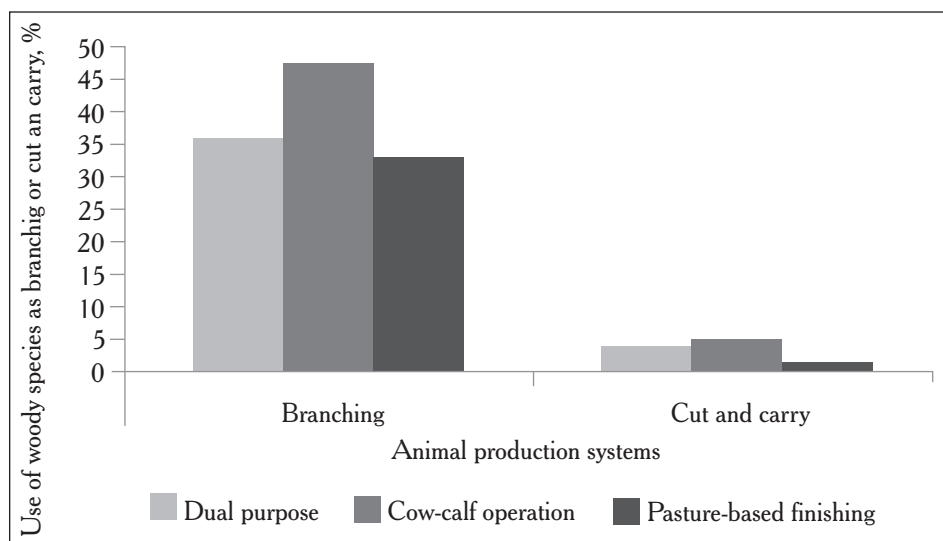
Intake preferences of vegetable components in woody species, in cattle farms of three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).



According to the management that was given to the animals, the more frequent use was branching of live fences and scattered trees, besides fruits and leaves; and less frequently, cut-and-carry foliage (figure 6).

Figure 6

Use of woody species as branching or cut-and-carry, according to three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).



Discussion

There are many examples from all parts of the tropical world where tree fodders have had positive effects on animal production (Patterson *et al.*, 1998; Akkasaeng *et al.*, 1989; Joshi and Singh, 1990). This survey identified over 145 naturally-occurring, or naturalized tree species that are commonly fed to cattle, indicating the high potential of these local species for use as animal fodder. Attention must be focused on the use of multi-purpose fodder trees to provide animal feed, to improve soil fertility and to supply firewood in small-scale farms in the region.

Land Use

The land uses were varied, but the use as pastures had the highest percentage which shows that farmers prefer areas devoted solely to grazing, which match those found in Costa Rica, by Restrepo (2002) who reported that more than 80% of the use of land

corresponded to pastures. In this work we found that the most common grasses in the three systems are, *C. nlemfuensis* and genera of native grasses *Paspalum* and *Axonopus*. This information matches the report by Améndola *et al.* (2005) and Castillo *et al.* (2005) who reported that native grasses are the main forage resource in the Mexican tropics, occupying from 25 to 75% of grazing land. Continuous grazing was the most common in the dual-purpose and cow-calf operation animal production systems; however, farmers engaged in the pasture-based finishing system use rotational grazing.

Characteristics of availability and management of tree species

Species such as *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Spondias mombin*, and *Erythrina americana* are used for ease of handling, easy propagation, and they offer other beneficial products such as firewood, timber and fodder.

The most widely used method of propagation, for the establishment of living fences of species such as *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, and *Spondias* is by using the living stakes from the trees. Natural regeneration in scattered trees in pastures may occur in species such as *Cedrela odorata*, *Spondias mombin* and *Guazuma ulmifolia*. The above information corresponds with that reported by Martínez (2003) who found similar propagation methods, in tree species.

The frequency of pruning throughout the year have different rates in the three systems of production. The higher percentage showed that those farmers engaged in pasture-based finishing preferred pruning once a year. The purpose of pruning is that the branches do not produce much shade, and also to get new posts that can be used to establish or renew hedges. The purpose of pruning trees located in hedges, coincides with the reported by López *et al.* (2007) who reported that in Nicaragua the pruning is done to remove posts, establish or renew hedges.

Farmers' perceptions about the woody species

The adoption of silvopastoral systems has been limited in the use of woody species as source of forage because many of the benefits have not been ready known, a situation that coincides with studies carried out in Chiapas (Pinto, 2002). The perception, of farmers about tree species, was good, since more than 70% of the producers of the three animal production systems, thinks that trees provide benefits and services to their pastures. Others mentioned that they do not like trees, because the grass production is affected by effect of the shadow.

Frequency of tree species

The legume family is important for its high number of species (27). Similarly, Pinto (2002) found that the predominant species in silvopastoral systems are legumes, and they are considered as potential fodder. However, a major limitation on the inclusion of new species, is the lack of knowledge of these by the farmers. Farmers set only species that they considered of commercial value such as cedar and mahogany, as well as live fences. This coincides with Bustamante and Romero (1991) who mentioned that in the silvopastoral

systems, the main objective is the livestock production, followed by production of timber, fuelwood, fruits, and finally the use of live fences and shade.

In this work, the highest number of tree species per farm was observed in the dual-purpose system (62 species). This varietal richness exceeds the 18 different species in live fences reported by Cerrud (2002), in Bugaba, Panama. The highest percentage found in live fences (69%) is similar to the ranges found by Souza de Abreu *et al.* (2000), Villanueva (2001), Harvey *et al.* (2003) and Villacís *et al.* (2003) who state that the percentages of use in live fences, ranged from 49 to 89%.

Main uses of woody species

Five woody species were highlighted in the surveyed farms. The species *Guazuma ulmifolia*, *Mangifera indica*, *Parmentiera aculeata*, *Manilkara sapota*, and *Salix humboldtiana* were with more applications. In Veracruz, Mexico, Avendaño and Acosta (2000), characterized species used as living fences, finding a total of 218 species. Of these, 88% had several categories of additional uses. A tree species have high forage value, if we consider other factors, besides those already mentioned, and which are related to their nutritional value and palatability (Pinto, 2002).

Conclusions

Results confirm the hypothesis that cattle farms in the studied municipalities have a high diversity of woody species. Woody species has multiple functions in cattle farms, highlighting the live fences, and scattered trees in pastures. Woody species have different uses, as: firewood, timber and poles. Some woody species may be promising as fodder, which adds value to the systems of production that they can be used at critical times of the year, as a nutritional supplement.

Cited Literature

- Améndola, R.; Castillo, E. and Martínez, P. A. (2005). Country Pasture/Forage Resource Profiles. Mexico. <http://www.fao.org/waicent/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Counprof/mexico/Mexico.htm> (Acceded on 10 December, 2010).
- Akkasaeng, R.; Gutteridge, R. C. and Wanapat, M. (1989). Evaluation of trees and shrubs for forage and fuelwood in Northeast Thailand. *The International Tree Crops Journal* 5(4):209–220.
- Avendaño, R. S. y Acosta, R. I. (2000). Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques*. 6(1):55–71.
- Bustamante, J. y Romero, F. (1991). Producción ganadera en un contexto agroforestal. Sistemas silvopastoriles. *Carta de RISPAL* No 20:3.
- Casasola, F.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Klein, C. (2001). Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotenté, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 8(30):17-20.
- Castillo, G. E.; Valles, M. B.; 't Manneetje, L. y Aluja, S. A. (2005). Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano. *Téc. Pec. Méx.* 43(2):287-295.
- Cerrud, R. A. (2002). *Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el Distrito de Bugaba, Panamá*. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

- Cordero, J. y Boshier, D. H. (2003). *Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas*. Oxford Forestry Institute, U.K., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), San José, Costa Rica. 1079 pp.
- Harvey, C. A.; Villanueva, C.; Villacís, J.; Chacón, M.; Muñoz, D.; López, M.; Ibrahim, M.; Gómez, R.; Taylor, R.; Martínez, J.; Navas, A.; Sáenz, J.; Sánchez, D.; Medina, A.; Vilchez, S.; Hernández, B.; Pérez, A.; Ruiz, F.; López, F.; Lang, I.; Kunth, S. y Sinclair, F. L. (2003). Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40):4-5.
- Jiménez, F. G. (2000). *Potencial de árboles y arbustos forrajeros en la región maya-tzotzil del norte de Chiapas, México*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Joshi, N. P. and Singh, S. B. (1990) *Availability and use of shrubs and tree fodders in Nepal*. Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals. In: Devendra, C. Editor. Proceedings, Workshop held at Depasar, Indonesia, 24-29 July 1989. Ottawa, Canada: International Development Research Centre (IDRC). pp. 211-220.
- López, F.; Gómez, R.; Harvey, C.; López, M. y Sinclair, F. (2007). Toma de decisiones de los productores ganaderos sobre el manejo de árboles en potreros en Matiguás Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 45: 93-100.
- Martínez, J. L. (2003). *Conocimiento local de productores ganaderos sobre cobertura arbórea en la parte baja de la cuenca del río Bulbul en Matiguás, Nicaragua*. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la investigación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. Ediciones Científicas Universitarias. México, D.F. 521 pp.
- Paterson, R. T.; Karanja G. M.; Roothaert R. L.; Nyaata O. Z. and Kariuki I. W. (1998). A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agroforestry Systems* 41(2):181-199, 1998.
- Pinto, R. R. (2002). *Árboles y arbustos con potencial forrajero del Valle central de Chiapas*. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Ramírez, L.; Kú, J.C.; Sandoval, C. y Solorio, F. (2000). *Producción animal con pasturas asociadas con especies arbóreas y arbustivas*. Curso de actualización en producción de carne y leche en el trópico con base en el pastoreo Tuxpán, Veracruz, México. En: Castillo, E. (Editor). CEIEGT-FMVZ-UNAM, Veracruz, México. pp. 29-39.
- Restrepo, S. C. (2002). *Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica*. Tesis maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Souza de Abreu, M. H.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Jiménez, F. (2000). Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos. Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):53-56.
- Toledo, V. M.; Batiz, A. I.; Becerra, R.; Martínez, E. y Ramos, H.C. (1995). La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia*. 20(4):177-187.
- Villacís, J.; Harvey, C. A.; Ibrahim, M. y Villanueva, C. (2003). Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(39/40):17-23.
- Villanueva, C. (2001). *Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del río Virilla, San José, Costa Rica*. Tesis maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Recibido: Marzo 19, 2012
 Aceptado: Septiembre 25, 2012



Título: *Leyendas de luna*

Técnica: Mixta (lápices de cera con grafito sobre fabriano)

Autor: Adoración Palma García (2manoS)

Medida: 28 x 21 cm

Año: 2012

Rendimiento total de materia seca y calidad nutritiva de hojas y tallos jóvenes de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* en el trópico húmedo de Veracruz, México

Total dry matter yield and nutritive quality of leaves and young stems of four *Cratylia argentea* accessions in the humid tropics of Veracruz, Mexico

Castillo-Gallegos, E.;^{1*} Estrada-Flores, J. G.;² Valles-de la Mora, B.;¹ Castelán-Ortega, O. A.;³ Ocaña-Zavaleta, E.¹ y Jarillo-Rodríguez, J.¹

¹Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Universidad Nacional Autónoma de México
Col. Centro, Martínez de la Torre, Veracruz, México
A. P. 136 (C. P. 93600)
Teléfono y fax: +52 232 32 43941.

²Centro de Investigación en Ciencias Agropecuarias y Rurales
Universidad Autónoma del Estado de México
Carretera Toluca-Atlacomulco Km. 14.5 (C. P. 50000)
Teléfono y fax: +52 722 29 65552.

³Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Autónoma del Estado de México
Instituto Literario No.100, Colonia Centro
Toluca, México. (C. P. 50000).

*Correspondencia: pime11302002@yahoo.com.mx

Resumen

Se evaluaron cuatro accesiones de la leguminosa forrajera *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676, durante un periodo de crecimiento ininterrumpido de 12 meses, para rendimiento de forraje de hojas (HO), tallos comestibles (TC), tallos no comestibles (TN) y calidad nutritiva de HO y TC, en el estado de Veracruz, México. Los rendimientos de forraje por componente de la planta fueron similares entre accesiones: 2580 ± 212 , 33 ± 5 y 2444 ± 233 kg MS/ha, para HO, TC y TN,

Abstract

Four accessions of *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 and 18676, were evaluated during an uninterrupted growth period of 12 months, to assess forage yield of leaves (LF), edible (ES) and non edible (NS) stem and nutritive quality of LF and ES, in the State of Veracruz, México. Forage yield of the plant components was similar between accessions: 2580 ± 212 , 33 ± 5 and 2444 ± 233 kg DM/ha, for LF, ES and NS, respectively. The accessions were similar in

respectivamente. Las accesiones fueron similares en proteína cruda (19.10%), fibra en detergente neutro (61.10%), fibra en detergente ácido (42.20%) y lignina (14.20%). La HO presentó más proteína cruda que TC, pero fue menor con respecto a NDF, ADF, y mayor en LIG. Para la desaparición *in situ* de la MS, las accesiones difirieron en la proporción del componente altamente soluble (a) de la materia seca, pero todos tuvieron tasas de degradación fraccional (c) y materia seca lentamente degradable (b), estadísticamente similares. La producción de gas *in vitro* del componente hoja fue la misma para todas las accesiones. Se concluyó que, en esta evaluación, las accesiones fueron similares entre ellas.

Palabras clave

Trópico, leguminosas, paredes celulares, materia seca degradable, producción de gas.

crude protein (19.10%), neutral detergent fiber (61.10%), acid detergent fiber (42.20%), and lignin (14.20%). LF had more crude protein than ES, but was lower with respect to NDF, ADF, and higher in LIG. For *in situ* DM disappearance, accessions differed in the highly soluble component (a) of the dry matter proportion; but all had a similar fractional rate of degradation (c) and a slow degradable dry matter (b). The *in vitro* gas production of the leaf component was the same for all accessions. It was concluded that in the present evaluation the accessions were similar between them.

Key words

Tropics, legumes, cell wall, dry matter degradation, gas production.

Introducción

La base de los sistemas de producción ganadera del trópico mexicano son los pastos nativos (Fernández *et al.*, 2006), los cuales presentan problemas como tasas de crecimiento reducidas (<25 kg MS/ha/día) así como un marcado crecimiento estacional que, de ninguna manera, lleva a obtener niveles sustentables de producción lechera y de carne. El sobrepastoreo también contribuye a pérdidas de nutrientes y materia orgánica del suelo; en parte, porque los ganaderos no fertilizan sus pasturas.

Las leguminosas forrajeras tropicales podrían ser alternativas de solución a esos problemas, ya que presentan alta calidad nutritiva y también pueden fijar N al suelo que, con el tiempo, se vuelve disponible a las gramíneas asociadas, incrementando entonces la producción de las pasturas. Más aún, las leguminosas en asociación con gramíneas pueden incrementar la cantidad de carbón secuestrado por las pasturas (Abberton *et al.*, 2007; Castillo *et al.*, 2005). Por lo tanto, estas plantas pueden contribuir a disminuir el impacto negativo que las industrias pastoriles tienen en el ambiente.

Aun bajo las condiciones bondadosas del trópico húmedo mexicano, el período seco puede durar de cuatro a seis meses, periodo en el cual la cantidad de pastura y su calidad disminuyen; y, por tal razón, no se pueden cubrir las demandas nutritivas del ganado. Por eso, es necesario encontrar forrajes que se adapten a dichas épocas críticas. Hay algunas especies de leguminosas adaptadas a las condiciones de la época seca, que ya han sido probadas en otras regiones tropicales de América Latina (Pizarro y Carvalho, 1996), de tal forma que es posible que algunas de ellas pudieran establecerse en la región centro-norte del estado de Veracruz (México), con el fin de valorar su potencial de pro-

ducción de forraje. En tal sentido, especies como *Cratylia argentea* podrían ser evaluadas bajo pastoreo, asociadas o como banco de proteína, y así verificar su capacidad de mejorar la producción y productividad de las pasturas en esta región (Enríquez *et al.*, 2003).

Cratylia argentea es una leguminosa arbustiva nativa de Brasil, Perú y Bolivia, que se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 900 msnm, en lugares con climas húmedos o subhúmedos, y épocas secas de cinco a seis meses. Se adapta, además, a suelos ácidos de mediana fertilidad con buen drenaje (Lascano *et al.*, 2005). La accesión CIAT 18516 es la más evaluada, y cosechada cada 12 a 14 semanas ha producido desde 8 g de MS/planta en Isla Veracruz, hasta 123 g MS/planta en Atenas, Costa Rica. Crece bien en la época seca, produciendo alrededor del 30% al 50% del rendimiento anual de forraje.

C. argentea presenta un crecimiento abundante durante su establecimiento, periodo que suele durar un año; durante el cual, se acumula forraje de alta calidad que puede ser cosechado para ser usado (fresco o seco), como suplemento de ganado en pastoreo, o incluirse en raciones secas. Además, se acumulan también numerosos tallos no comestibles, que al corte de establecimiento se pueden secar y usar como leña, energético básico en muchos hogares rurales.

Por tal motivo, se especula que es necesario evaluar —en una primera etapa— la producción de forraje comestible; además de aspectos secundarios, como producción de biomasa de tallo no comestible, que pudiera ser una fuente energética.

Por todo lo anterior, el objetivo del presente experimento fue evaluar —bajo condiciones de clima cálido y húmedo y suelos ácidos— el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva de éste, al corte de establecimiento, después de casi un año de crecimiento ininterrumpido, de las accesiones de *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676.

Materiales y métodos

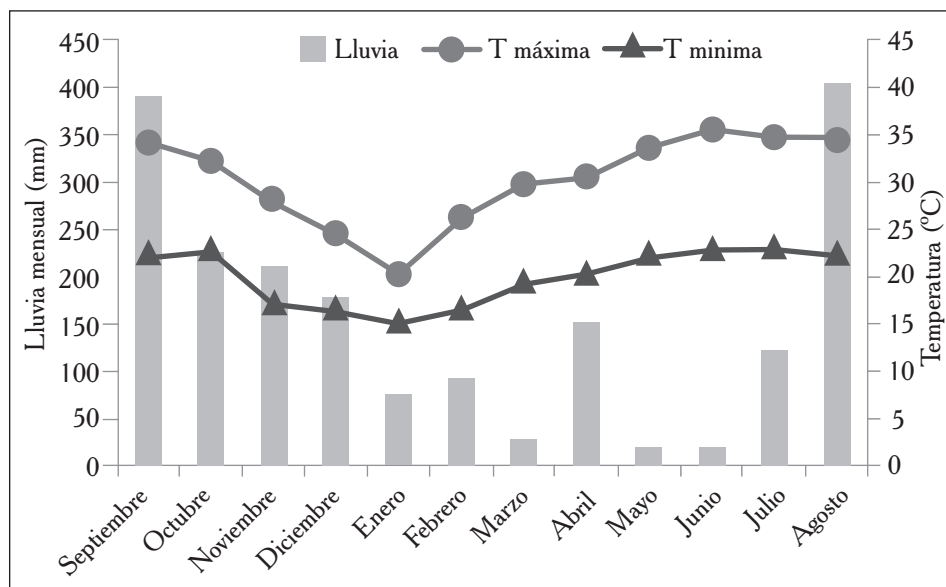
El estudio se llevó a cabo en la Unidad de Producción de Vaquillas F1 del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT), Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. La Unidad se localiza en el municipio de Atzalan, estado de Veracruz (México), a 20° 02' latitud N, 97° 34' longitud O y 111 metros sobre el nivel del mar.

El clima es cálido y húmedo con lluvias todo el año. De acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (1981), es un clima Af(m)w”(e). En un lugar distante, a 4 km del experimento, la temperatura y precipitación pluvial media anual del periodo de 1980 a 2000, fue de $23.7 \pm 0.5^\circ\text{C}$ y $1,991 \pm 392$ mm, respectivamente.

En el mismo lugar, las medias de temperaturas mínima y máxima, además de la lluvia, ocurridas durante el periodo experimental se presentan en la figura 1, y fueron respectivamente, 20.0°C , 30.4°C y 1,926 mm. En la capa de 0-20 cm, el suelo es arcilloso (52%, 28% y 20% de arcilla, limo y arena, respectivamente), ácido (pH de 4.7), bajo en N total ($0.983 \text{ g}^*\text{kg}^{-1}$), P extraíble ($0.04 \text{ cmol}^*\text{kg}^{-1}$), K extraíble ($1.45 \text{ cmol}^*\text{kg}^{-1}$) y capacidad de intercambio catiónico ($11.95 \text{ cmol}^*\text{kg}^{-1}$).

Figura 1

Temperatura y precipitación por mes de la siembra a la primera cosecha de forraje de las accesiones de *Cratylia argentea* CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676, cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.



Previo a la siembra, el área experimental (32 m x 25 m) se aró y se le dieron dos pasos de rastra cruzada. El área de cada parcela fue de 27 m². Se sembraron cuatro semillas por punto de siembra, a profundidad de 4 a 5 cm. La separación entre surcos y entre puntos de siembra fue de 1 m. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, empleando la pendiente como criterio para bloquear, con tres bloques como repeticiones. Se sembró el 1 de septiembre de 2006, y la primera cosecha de forraje se realizó del 23 al 27 de agosto de 2007. Las plantas se cortaron con machete, a una altura de 70 cm.

El material cosechado se separó en hojas (HO), tallos comestibles (TC, < 3 mm diámetro) y no comestibles (TN, > 3 mm diámetro), esto último con base en observaciones de campo realizadas por los autores en plantas bajo pastoreo (Datos sin publicar). Los primeros dos componentes se secaron a 60°C, hasta alcanzar peso constante; y luego se molieron en un molino de laboratorio Thomas-Wiley modelo 4 (Thomas Scientific, USA) con criba de dos mm. Las muestras empleadas para la producción de gas *in vitro* se molieron con criba de un mm.

El material molido se analizó por duplicado para proteína cruda (PC, %) mediante el procedimiento Kjeldahl (AOAC, 1984), así como para fibra por detergente neutro (FDN, %), fibra por detergente ácido (FDA, %) y lignina (LIC, %) (Van Soest *et al.*,

1991) empleando el procedimiento de bolsas filtrantes (bolsas modelo F57, ANKOM Technologies, Macedon NY) (Komarek *et al.*, 1994).

La desaparición *in situ* (DIS, %) de hojas a 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h de incubación ruminal se hizo por triplicado en tres vacas fistuladas al rumen, empleando la técnica de la bolsa de nailon (Ørskov y McDonald, 1979), sin tratamiento previo con pepsina en medio ácido; la desaparición a tiempo cero se estimó por duplicado, lavando con agua a 38°C durante 30 min.

Los datos se ajustaron al modelo propuesto por estos mismos autores: $y = a + b(1 - e^{-c \cdot t})$, donde: 'y', es la materia seca degradada al tiempo 't', 'a' es la materia seca altamente soluble cuando $t = 0$ (%), 'b' es la materia seca lentamente degradable (%), 'a + b' es la extensión de la digestión (%), 'c' es la tasa fraccional de degradación de 'b' (fracción/h) y 't' es el tiempo de incubación en el rumen (h).

Se ajustó un modelo por combinación de accesión (4) x repetición (3) x vaca (3), para un total de 36 muestras analizadas, de tal forma que se pudo efectuar un análisis de varianza de cada parámetro de la curva.

Las vacas fistuladas fueron del fenotipo $\frac{3}{4}$ *Bos taurus* - $\frac{1}{4}$ *Bos indicus* y tenían una edad de cinco años y un peso promedio de 630 ± 55 kg al efectuar el experimento. Estos animales se fistularon al año de edad y se han utilizado muchas veces para realizar mediciones de degradación *in situ*; aunque fértiles, se han mantenido vacías toda su vida. Los animales pastaron gramas nativas a una carga animal equivalente de dos vacas/ha, y recibieron diariamente dos kg/vaca de un concentrado comercial con 14% de PC, proveniente de un solo lote. La suplementación se utilizó para producir poblaciones uniformes de bacterias ruminales que redujeron la variación entre animales, lo que permite la expresión de las verdaderas diferencias entre accesiones. Esto fue equivalente a usar un solo donante de líquido ruminal, como comúnmente se hace en los procedimientos *in vitro* (van der Koelen *et al.*, 1992).

Se evaluó la dinámica de producción de gas *in vitro* de hojas y tallos comestibles, de acuerdo a Menke *et al.* (1979); los datos generados se ajustaron a la ecuación exponencial de Krishnamoorthy *et al.* (1991): $y = b(1 - e^{-c \cdot (x-L)})$; donde 'y' (ml) es la producción de gas acumulada al tiempo 'x' (h); 'b' es la asíntota o producción potencial de gas acumulado a medida que $x \rightarrow J$ (ml); 'c' es la tasa fraccional a la cual se acumula la producción de gas al tiempo 'x'; y 'L' es el tiempo de retardo e. g. el tiempo (h) que toma a los microbios ruminales colonizar e iniciar la producción de gas a partir de la FDN de lenta degradabilidad.

Las 48 muestras de forraje producto de (4) accesiones x (3) repeticiones x (2) componentes de la planta x (2) sub-muestras (duplicados), se analizaron en una sola corrida, empleando dos tipos de rastrojo de maíz como estándares, así como un blanco también por duplicado. Se ajustó un modelo por combinación de accesión x componente de la planta x repetición; de tal manera que fue posible realizar un análisis de varianza de cada parámetro del modelo.

Con el fin de cumplir con los supuestos del análisis de varianza, las unidades porcentuales se transformaron a 'arcoseno $\sqrt{\%/100}$ ' y la relación material consumible (HO+TC)

a tallos no consumibles (TN), que es adimensional, se transformó a valores de 'log natural de $y+1$ '. El modelo del análisis de varianza tuvo los efectos de bloque como repetición (la vaca confundida con el bloque en el caso de DIS), accesión, componente de la planta, y la interacción accesión x componente de la planta. Se usó PROC GLM del SAS, para realizar los análisis; empleando la opción LSMEANS para generar medias de cuadrados mínimos y comparaciones entre estas (SAS, 2010).

Resultados

La accesión no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento de materia seca al primer corte de los componentes HO, TC y TN, que mostraron medias \pm errores estándar generales de 2580 ± 212 , 33 ± 5 y 2444 ± 233 kg/ha, respectivamente. Por el contrario, las proporciones de hojas y tallos no comestibles sí fueron afectadas significativamente por la accesión (cuadro 1). La CIAT 18668 mostró la proporción de HO más alta, la cual no fue estadísticamente diferente de CIAT 18516 y 18676, pero sí estadísticamente superior a CIAT 18666, cuyo valor fue el menor de todas las accesiones.

Con respecto a TN, las diferencias entre accesiones se comportaron en orden inverso; es decir, CIAT 18668 presentó la proporción más baja y CIAT 18666 la más alta. Por otro lado, el tallo comestible no fue afectado por la accesión, presentando una media general \pm error estándar de $0.61\% \pm 0.03\%$. En el caso de la relación material comestible (hoja + tallo comestible) a tallo no comestible, las diferencias entre accesiones fueron similares a las diferencias en proporción de hoja.

Cuadro 1

Porcentaje del rendimiento total de materia seca al primer corte, ocupado por la hoja, tallo comestible, tallo no comestible y relación comestible/no comestible, de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.

Accesión CIAT	Hoja	Tallo comestible	Tallo no comestible	Comestible/ No comestible
	-----%-----			
18516	48.96 ^{ab}	0.78 ^a	50.25 ^{ab}	0.99 ^{ab}
18666	45.92 ^b	0.66 ^a	53.40 ^a	0.88 ^b
18668	56.35 ^a	0.59 ^a	43.03 ^b	1.32 ^a
18676	54.65 ^{ab}	0.45 ^a	44.89 ^{ab}	1.23 ^{ab}

Medias seguidas de la misma literal son estadísticamente iguales ($P>0.05$).

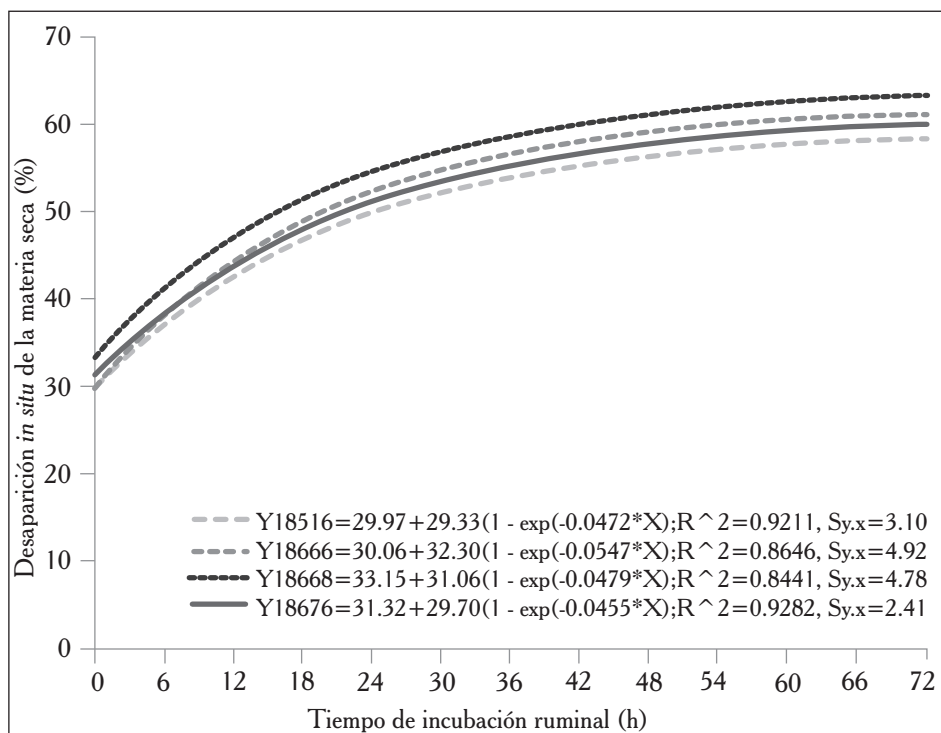
De los efectos del modelo, sólo el componente de la planta fue significativo ($P < 0.05$) sobre todos los componentes químicos; en tanto que los demás efectos (bloque, accesión, y la interacción accesión x componente de la planta) no fueron significativos. Las medias generales \pm errores estándar fueron: 19.10% \pm 0.70% para PC; 61.10% \pm 1.00% para FDN; 42.20% \pm 1.20% para FDA; y 14.20% \pm 0.30% para LIG. Las hojas tuvieron significativamente más PC que los tallos comestibles (20% *vs.* 16.20%), y fueron significativamente menores que los tallos en cuanto a FDN (57.10% *vs.* 65.20%), FDA (36.8% *vs.* 47.50%), pero no en LIG, pues las hojas mostraron un contenido significativamente mayor que los tallos comestibles (15.10% *vs.* 13.30%) (cuadro 2).

Con respecto a la DIS del componente hoja, el efecto del bloque no fue significativo sobre 'a' y 'b', pero sí lo fue sobre la tasa fraccional 'c'. El efecto de la accesión fue significativo sólo sobre 'a', pero no sobre los demás parámetros. Asimismo, ni el efecto de la vaca o la interacción accesión x vaca afectaron los parámetros del modelo de Ørskov y McDonald (1979).

El promedio del coeficiente de determinación de las curvas individuales fue 0.8970 con un error estándar de \pm 0.0222. Por lo tanto, las accesiones sólo difirieron en la proporción del componente altamente soluble de la materia seca: 29.97%, 30.06%, 33.15% y 31.32% para CIAT 18516, 18666, 18668 y 18676, respectivamente; siendo la 18668 significativamente superior a las demás, que no difirieron entre sí; en tanto que todas tuvieron una tasa fraccional de degradación común (0.0488 ± 0.0192 por hora) del componente lentamente degradable de la materia seca (30.60% \pm 4.52%), tal como lo muestra la figura 2.

Figura 2

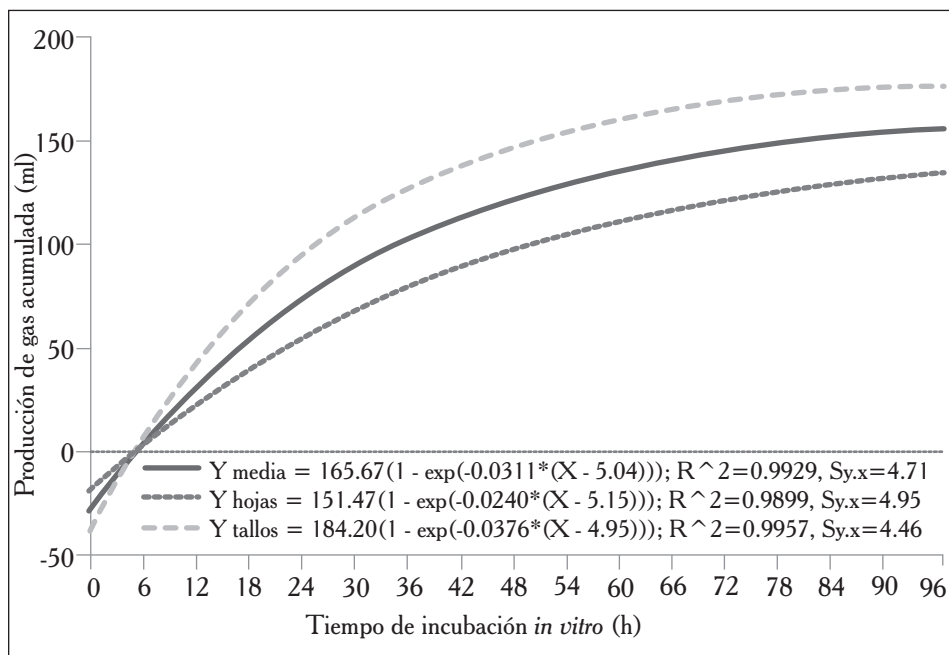
Desaparición de materia seca *in situ* como función del tiempo de incubación en el rumen, de acuerdo al modelo de Ørskov y McDonald (1979), de hojas de la primera cosecha de cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.



Los parámetros del modelo de Krishnamoorthy *et al.* (1991) no fueron afectados por el bloque, la accesión o la interacción accesión x componente de la planta. El ajuste de las curvas individuales fue bastante bueno, dado que el promedio de los coeficientes de determinación fue 0.9907 con un error estándar de ± 0.0070 . Por lo tanto, una sola curva podría ser usada para describir la dinámica de producción de gas *in vitro* de las cuatro accesiones, la cual se presenta en la figura 3, donde también se muestra que el efecto del componente de la planta fue significativo sobre todos los parámetros.

Figura 3

Producción de gas *in vitro* como función del tiempo de incubación (de acuerdo al modelo de Krishnamoorthy *et al.*, 1991) de hojas, tallos comestibles y ambos componentes, promediados a través de las cuatro accesiones de *Cratylia argentea* cultivadas en el trópico húmedo del estado de Veracruz, México.



Discusión

Los rendimientos promedio de materia seca de hojas, tallos comestibles y tallos no comestibles fueron estadísticamente iguales. Por lo tanto, para esta situación particular, la selección de una accesión superior debe tener como base otras características. En primer lugar, la proporción de HO fue superior en CIAT 18668 con respecto a CIAT 18666, la cual mostró la proporción de HO más baja. Más aún, tal diferencia fue también significativa con respecto a la relación material consumible a tallo no consumible.

Por otro lado, CIAT 18516 y CIAT 18676 fueron similares a CIAT 18668, lo que implica que las dos primeras serían tan buenas candidatas a ser seleccionadas como esta última (cuadro 1). En resumen, las variables del rendimiento de materia seca y las derivadas de ésta, sólo fueron útiles para seleccionar la accesión menos productiva.

Incluso, después de casi doce meses de crecimiento ininterrumpido, 51.50% de la biomasa aérea eran hojas, lo que resultó en una relación material comestible a tallo no comestible promedio de 1.1:1. En Costa Rica, *C. argentea* se cosechó cada doce semanas durante un año, y se encontró que la relación hoja a tallo era de 1.76:1 para suelos de “mesón” y 1.43:1 para suelos de “terrazza” (Suárez *et al.*, 2008). Los valores costarricenses son mayores a los del presente experimento, porque hubo una diferencia de 40 semanas (52 vs. 12) en edad al corte. En cualquier caso, relaciones > 1:1 reflejan la capacidad de *C. argentea* de retener tanto hojas jóvenes como maduras. Argel (1995) informó que en la época seca y a una frecuencia de corte de 12-14 semanas, esta especie retuvo 90% de hojas jóvenes y 50% de hojas maduras.

El siguiente tamiz de pruebas por el que pasaron las accesiones fue la composición química del material comestible. Sin embargo, las accesiones fueron estadísticamente iguales con respecto a sus contenidos de proteína cruda, fibra en detergente neutro, fibra en detergente ácido y lignina (cuadro 2). Las HO superaron en este aspecto a los TC, de tal manera que esto guiaría de nuevo a CIAT 18668, pues ésta fue la que tuvo mayor proporción de hoja. De hecho, como la contribución del TC al rendimiento total de materia seca fue tan reducida, sólo el rendimiento de hoja debería considerarse para seleccionar la mejor accesión.

En el presente estudio, la composición química de *C. argentea* estuvo dentro del rango de valores citados por otros investigadores (cuadro 2). Factores tales como diferencias en condiciones agro-climáticas, tipo de suelo y fertilización, edad de los arbustos, estado de madurez de las hojas, diferentes partes de la planta muestreadas (hojas, zarcillos, ramas y tallos) pudieron haber contribuido a algunas de las diferencias en los valores citados. Sin embargo, la composición química del follaje de *C. argentea* es bastante uniforme a pesar de los cambios en ambiente y manejo, lo cual es una característica deseable para mejorar la producción animal proveniente de pasturas de baja calidad. Además, la composición química de las cuatro accesiones no cambió drásticamente con la edad de la planta y se mantuvo a niveles aceptables, incluso con casi doce meses de crecimiento ininterrumpido.

Cuadro 2

Datos de la literatura compilados por los autores y datos del presente experimento sobre composición química del forraje de *Cratylia argentea*.

País	Edad al corte	Componente de la planta ²	Componente químico, %				Referencia
			PC	FDN	FDA	LIG	
Brasil	60	PCO	26.7				Xavier <i>et al.</i> (1990)
	120		13.8				
Brasil	60	PCO	21.3	67.6	39.0	Aroeira y Xavier (1991)	
Colombia	70-84	HO&TC	25.6	59.8	35.6	Fassler y Lascano (1995)	
Colombia	90	HO	21.4				Lascano (1996)
Brasil	142	PCO	16.0		48.0	5.4	Sobrinho y Nunhes (1996)
Colombia	N. R. ¹	HO	19.0	67.0	43.0	Wilson y Lascano (1997)	
	60		22.8	55.6	33.8	8.7	
Costa Rica	90	HO&TC	21.1	56.3	34.2	9.8	Franco (1997)
	120		20.8	57.2	36.1	10.9	
Costa Rica	60	PCO	17.6	54.8		14.8	Lobo y Acuña (1999)
	90		15.4	59.3		15.5	
Costa Rica	= 120	HO&TN	19.8	51.3	34.8	Ibrahim <i>et al.</i> (2001)	
Colombia	N. R.	N. R.	22.0				Plazas y Lascano (2005)
Nicaragua	84	HO&TC	17.7	60.0	32.6	Sánchez y Ledin (2006)	
Puerto Rico	134	HO&TN	16.6	57.2	43.9	Crespo (2007)	
Colombia	90	HO	18.0	59.7	51.4	Suárez <i>et al.</i> (2008b)	
México	364	HO	20.0	57.1	36.8	15.1	El presente experimento
		TC	16.2	65.2	47.5	13.3	

¹ N. R. = No reportada. ² HO = hoja; TC = tallo comestible; TN = tallo no comestible; PCO = planta completa.

Franco (1997) no encontró efecto estadístico de la edad de cosecha sobre la degradabilidad de la materia seca, *in situ*, de hojas y tallos jóvenes. Los valores de los parámetros del modelo de Ørskov y McDonald (1979) para dos, tres y cuatro meses de edad fueron respectivamente: para 'a', 31.30%, 28.20% y 24%; para 'b', 30.30%, 24.40% y 26.50%; para 'c', 0.08, 0.08 y 0.07 por hora. Los valores de 'a' y 'b' son muy similares a los del presente estudio (figura 2); en tanto que aquellos de 'c' son mayores por alrededor de 0.03 unidades, diferencia que pudo deberse a la mayor proporción de hojas maduras en el presente experimento, cuyas plantas se cosecharon en un estado avanzado de madurez.

Por otro lado, otros autores (Aroeira y Xavier, 1991) encontraron que la planta completa de 60 días de edad de *Cratylia floribunda* tuvo valores de 22.80%, 46.30% y 0.03/h, para 'a', 'b' y 'c', respectivamente, que fueron menores, mayores y menores a los valores encontrados en el presente experimento.

La dinámica de producción de gas fue diferente entre hojas y tallos comestibles, teniendo las primeras un potencial de producción de gas y una tasa fraccional menores que los de los segundos. Se sabe que los taninos de las hojas interfieren con la cantidad y tasa de producción de gas (Barahona *et al.*, 2003). Por lo tanto, las hojas son digeridas a menor velocidad y en menor extensión que los tallos jóvenes.

Por otra parte, el tratamiento de las muestras de hoja con H₂SO₄ al 72%, oxida los taninos, sobreestimando el contenido de lignina de las hojas, de ahí que en el presente experimento las hojas presentaran mayor contenido de lignina que los tallos comestibles. No obstante, es poco probable que tales inconsistencias en los análisis químicos empleados hayan jugado un papel importante en los resultados de degradación *in situ* y producción de gas *in vitro*, pues Bernal *et al.* (2008) clasifican a *C. argentea* como no taninífera.

Estos mismos autores encontraron que las leguminosas sin taninos *Vigna unguiculata* y *Cratylia argentea*, con 0% de taninos condensados ambas, presentaron valores asintóticos de producción de gas (214 ml y 157 ml, respectivamente) y degradación de materia seca (68.50% y 51.20%, respectivamente) más altos, en comparación con heno de las taniníferas *Calliandra calothyrsus* (23.00% de taninos condensados) y *Flemingia macrophylla* (3.66% de taninos condensados) que produjeron menos gas (93 ml y 80 ml, respectivamente) y cuya materia seca se degradó menos (25.60% y 25%, respectivamente). Dados estos resultados, las determinaciones de taninos son innecesarias en *C. argentea*.

Además, no tener el contenido de taninos en hojas y tallos comestibles es de menor importancia, porque la proporción de los segundos fue muy baja (cuadro 1), y por lo mismo, de reducido o nulo efecto para la nutrición del rumiante.

Por otro lado, los dos bioensayos realizados en el material comestible no arrojaron diferencias prácticas, ni estadísticas entre accesiones en cuanto al curso de degradación *in situ* de la materia seca o la dinámica de producción de gas *in vitro* (figuras 2 y 3).

Al final, el rendimiento de forraje y la calidad nutritiva de las cuatro accesiones de *C. argentea* fue similar. Esta ausencia de diferencias en rendimiento y calidad llevó a otros autores (Lascano *et al.*, 2005) a emplear una mezcla de semillas de las accesiones 18516 y 18668 para crear el cultivar Veranera, el único disponible comercialmente a la fecha.

Estos dos cultivares presentan igual hábito de crecimiento y plantas con morfología similar, además que se adaptan a las mismas condiciones de clima y suelos, presentando casi las mismas concentraciones de proteína cruda, Ca, P y digestibilidad de la materia seca *in vitro* (Schultze-Kraft, 1996). Ambos cultivares mostraron la misma fenología en diferentes sitios de Costa Rica (Argel, 1995). Sin embargo, es necesario estudiar la producción y calidad del forraje de las cuatro accesiones a lo largo del año, con el fin de decidir cuál de éstas debe seleccionarse para formar un cultivar local; o, si es el caso, mezclar semilla de dos o más accesiones.

Al evaluar leguminosas forrajeras arbustivas, raras veces se considera su papel como productoras de leña.

Una exploración de la literatura, no permitió localizar valores del contenido energético con base seca en los tallos de *C. argentea*. Por lo tanto, se utilizó el valor promedio de la madera de las especies tropicales *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Gmelina arborea*, informado por Fuwape y Akindele (1997) de 21.60 MJ/kg (ECCA, 2011), bajo el supuesto de que tal valor se puede aplicar a *C. argentea*; se multiplicó éste por el rendimiento de tallo no comestible —que fue de 2.444 kg/ha⁻¹— resultando un rendimiento de energía de 52.79 GJ/ha, equivalentes a 1,778 l de petróleo crudo, cuya densidad energética es de 29.70 MJ/l.

Esto sugiere que el tallo no comestible de *C. argentea* podría sustituir al energético no renovable, y representaría un ahorro económico directo en el hogar rural; y, al mismo tiempo, sería ambientalmente amigable, al aliviar la presión sobre los árboles nativos para producir leña. Esto resalta la calidad de especie leguminosa multipropósito de *Cratylia argentea*, que sería semejante a otras como *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium*.

Conclusiones

Las cuatro accesiones de *Cratylia argentea* fueron similares en rendimiento de MS de hoja, tallo comestible y tallo no comestible, así como en valor nutritivo de sus componentes comestibles, que en hoja fueron cercanos al 20% de proteína cruda, lo cual indica que puede ser un buen suplemento proteínico, dado fresco o seco, para animales que pastan gramíneas tropicales de baja calidad nutritiva. Se concluyó que en esta primera etapa de evaluación, ninguna de las accesiones fue superior a las demás. La segunda etapa de evaluación, con cortes a diferentes edades de rebrote en distintas épocas del año, permitirá identificar la accesión que sea más productiva en etapas de evaluación agronómica y con animales en pastoreo.

Agradecimientos

El programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la DGAPA, UNAM, financió parte del presente experimento a través del proyecto IN208007 *Rendimiento de materia seca, valor nutritivo y adaptación de 8 leguminosas y 4 gramíneas en tres sitios del estado de Veracruz*. Las Doctoras M. E. Velasco Z. (FMVZ, Universidad Autónoma de Chiapas) e I. Carmona M. (Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP), donaron la semilla de las accesiones de *Cratylia argentea*.

Literatura citada

- Abberton, M. T.; MacDuff, J. H.; Marshall, A. H. y Humphreys, M. W. (2007). *The genetic improvement of forage grasses and legumes to reduce greenhouse gas emissions*. http://www.fao.org/ag/AGP/agpc/doc/climatechange/papers/abberton_%20geneticimprovement.pdf (consultada el 14 de abril de 2011).
- AOAC (1984). *Official methods of analysis*. 13th ed. Mensha, Wisconsin; Association of Official Analytical Chemists. 1545 pp.
- Argel, P. J. (1995). Evaluación agronómica de *Cratylia argentea* en México y Centroamérica. En: Pizarro, E. A. y Coradin, L. (editores). *Memorias: Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Brasilia, Brasil. p. 75-82.
- Aroeira, L. J. M. y Xavier, D. F. (1991). Digestibilidade e degradabilidade da *Cratylia furibunda* no rumen. *Past. Trop.* 13(3):15-19.
- Barahona, R.; Lascano, C. E.; Narvaez, N.; Owen, E.; Morris, P. y Theodorou, M. K. (2003). *In vitro* degradability of mature and immature leaves of tropical forage legumes differing in condensed tannin and non-starch polysaccharide content and composition. *J. Sci. Food Agric.* 83:1256-1266.
- Bernal, L.; Ávila, P.; Ramírez, G.; Lascano, C. E.; Tiemann, T. y Hess, H. (2008). Efecto del ensilaje y el heno de *Calliandra calothyrsus*, *Flemingia macrophylla*, *Cratylia argentea* y *Vigna unguiculata* sobre la producción de gas *in vitro*. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 16(3):101-107.
- Castillo, G. E.; Valles, M. B.; Manneje, L. t y Aluja-Schunemann, A. (2005). Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano. *Téc. Pec. Méx.* 43(2):287-295.
- Crespo, C. M. (2007). *Características agronómicas, composición química y selectividad ingestiva por ganado ovino de tres leguminosas arbustivas: Cratylia argentea (Desv.) Kuntze, Calliandra calothyrsus Meisn. y Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit*. Tesis de Maestro en Ciencias. Universidad de Puerto Rico. Mayaguez, Puerto Rico.
- ECCA Business Wood Energy Knowledge Center. (2011). *Biomass Calorific Value Calculator*. <http://www.eccabusiness.govt.nz/wood-energy-resources/biomass-calorific> (Consultado el 20 de diciembre de 2011).
- Enríquez, Q. J. F.; Hernández, A.; Pérez, J.; Quero, A. y Moreno, J. (2003). Densidad de siembra y frecuencias de corte en el rendimiento de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en el sur de Veracruz. *Téc. Pec. Méx.* 42(1):75-84.
- Fassler, O. M. y Lascano, C. E. (1995). The effect of mixtures of sun-dried tropical shrub legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Trop. Grasslds.* 29:92-96.
- Fernández, T. L.; Castillo, G. E.; Ocaña, Z. E.; Valles, M. B. y Jarillo, R. J. (2006). Características de la vegetación en gramas nativas solas o asociadas con *Arachis pintoi* CIAT 17434 en pastoreo rotacional intensivo. *Téc. Pecu. Méx.* 44(3):365-378.
- Franco, V. M. H. (1997). *Evaluación de la calidad nutricional de Cratylia argentea como suplemento en el sistema de producción de doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica*. Tesis de *Magister Scientiae*. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Fuwape, J. A. y Akindele, S. O. (1997). Biomass yield and energy of some fast-growing multipurpose trees in Nigeria. *Biomass and Bioenergy.* 12:101-106.
- García, E. (1981). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 3a. Ed. Instituto de Geografía, UNAM. México. 217 pp.
- Ibrahim, M.; Franco, M.; Pezo, D. A.; Camero, A. y Araya, J. L. (2001). Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agrofor. Syst.* 51:167-175.
- Koelen van der, C. J.; Goedhart, P. W.; Vuuren van, A. M. y Savoini, G. 1992. Sources of variation of the *in situ* nylon bag technique. *Animal Feed Science and Technology.* 38:35-42.
- Komarek, A. R.; Robertson, J. B. y Van Soest, P. J. (1994). *Comparison of the filter bag technique to conventional filtration in the Van Soest NDF analysis of 21 feeds*. Proceedings of the National Conference on Forage Quality Evaluation and Utilization. University of Nebraska. 2 pp.

- Krishnamoorthy, U.; Soller, H.; Steingass, H. y Menke, K. H. (1991). A comparative study on rumen fermentation of energy supplements *in vitro*. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 65:28.
- Lascano, C. E. (1995). Calidad nutritiva y utilización de *Cratylia argentea*. *Memorias: Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Brasilia, Brasil. p. 83-97.
- Lascano, C.; Rincón, A.; Plazas, C.; Ávila, P.; Bueno, G. y Argel, P. (2005). *Cultivar Veranera (Cratylia argentea Desvaux O. Kuntze) – Leguminosa arbustiva de usos múltiples para zonas con periodos prolongados de sequía en Colombia*. CORPOICA, CIAT. Cali, Colombia. 27 pp.
- Lobo, M. V. y Acuña, V. (1999). Productividad forrajera de *Cratylia argentea*. *Memorias del XI Congreso Nacional Agronómico (Costa Rica)*. Resumen 419. Pág. 557.
- Menke, K. H.; Raab, L.; Salewski, A.; Steingass, H.; Fritz, D. y Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feedingstuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93:217-222.
- Ørskov, E. R. y McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92:499-503.
- Pizarro, E. A. y Carvalho, M. A. (1996). Alternative forages for the tropics: Arachis and Paspalum. En: Springer, T. L. y Pittman, R. N. (Editores). *Identifying germplasm for succesful forage legume-grass interactions*. Proc. Symp. Crop Sci. Soc. Am., Seattle, Washington. pp 1-14.
- Plazas, B. C. H. y Lascano, C. E. (2005). Utilidad de *Cratylia argentea* en ganaderías de doble propósito del Piedemonte de los Llanos Orientales de Colombia. *Past. Trop.* 27:2.
- Sánchez, N. R. y Ledin, I. (2006). Effect of feeding different levels of foliage from *Cratylia argentea* to creole dairy cows on intake, digestibility milk production and milk composition. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 38:343-351.
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/STAT® 9.22 User's Guide. Chapter 39: The GLM Procedure (Book Excerpt). Cary, NC: SAS Institute Inc. pp 2986-3177.
- Schultze-Kraft, R. (1996). *Leguminous forage shrubs for acid soils in the tropics*. En: Elgersma, A.; Struik, P. C. y Maesen, L. J. G. van der (Editores). *Grassland Science in Perspective*. Wageningen Agricultural University. p. 67-81.
- Sobrinho, J. M. y Nunhes, M. R. (1995). Estudos desenvueltos pela Empresa Goiana Agropecuária com *Cratylia argentea*. *Memorias: Potencial del género Cratylia como leguminosa forrajera*. EMBRAPA, CENARGEN, CPAC y CIAT. Brasilia, Brasil. p. 53-61.
- Suárez, J. C.; Ramírez, B. L. y Velásquez, J. E. (2008). Comportamiento agronómico de cinco especies forrajeras bajo el sistema de corte y acarreo en suelos de terraza y mesón en el piedemonte amazónico colombiano. *Zootecnia Trop.* 26:347-350.
- Suárez, J. C.; Carula, J. E. y Velásquez, J. E. (2008b). Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte Amazónico. *Zootecnia Trop.* 26: 231-234.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 473-481.
- Wilson Q. T. y Lascano, C. (1997). *Cratylia argentea* como suplemento de un heno de gramínea de baja calidad utilizado por ovinos. *Past. Trop.* 19:2-8.
- Xavier, D. F.; Carvalho, M. M. y Botrel, M. A. (1990). Curva de crecimiento e acumulação de proteína bruta de leguminosa *Cratylia floribunda*. *Past. Trop.* 12:35-38.

Recibido: Enero 05, 2012
Aceptado: Octubre 09, 2012



Título: *Flornaciendo*
Técnica: Scratch sobre estireno
Autor: Adoración Palma García (2manoS)
Medida: 20 x 25 cm
Año: 2012

Use and management of tree fodder resources on farms in central Veracruz, Mexico

Uso y manejo de recursos arbóreos en explotaciones ganaderas del centro de Veracruz, México

Ascencio-Rojas, L.;¹ **Valles-de la Mora, B.;**^{2*} **Ibrahim, M.**³
y Castillo-Gallegos, E.²

¹Programa de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Turrialba, Costa Rica.

²Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería
Tropical (CEIEGT, FMVZ-UNAM)

Km 7.5 Carretera Martínez de la Torre-Tlapacoyan, Tlapacoyan, Veracruz; México (C. P. 93600).

³Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Área de Agroforestería. Turrialba, Costa Rica.

*Corresponding author: braulio_36@hotmail.com

Abstract

Cattle producers were surveyed to evaluate the use and potential of trees and shrubs in 60 livestock farms from the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz, Mexico. The study identified, located, and described the use of promising woody species as fodder in three animal production systems. Surveys recorded information about: animal production systems, pasture management, main agricultural products of the farm, identification, management and use of trees and shrubs in the farm. Data was analyzed using descriptive statistics. Three animal production systems were characterized: dual-purpose (57%), cow-calf operation (30%), and pasture-based finishing (13%); where 145 tree species were identified, with *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* and *Cedrela odorata* as the most common. The main use of trees species were, fuelwood and charcoal, lumber, and live fence posts. Also, the first two, from the 12 species were the most eaten by cattle as fodder material, mainly as branching (38.80%) or cut-and-carry use

Resumen

Se realizó este estudio para determinar el uso y potencial de árboles y arbustos en 60 explotaciones ganaderas de los municipios de Tlapacoyan, Misantla y Martínez de la Torre, Veracruz, México. Los productores fueron encuestados con el objetivo de identificar, localizar y describir el uso de especies leñosas promisorias de interés forrajero, en tres sistemas de producción animal. Las encuestas registraron información acerca de: tamaño de la explotación, miembros (edad, escolaridad, años de experiencia) de la familia, sistema de producción animal, manejo de pasturas, principales productos de la explotación; y la identificación, manejo y uso de árboles y arbustos en el sitio. Los datos se analizaron por estadísticos descriptivos como promedios y frecuencias relativas. Se caracterizaron tres sistemas de producción animal. Doble propósito (57%), cría y finalización (30%), y finalización en pasturas (13%); donde se identificaron 145 especies de árboles, siendo *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium* y *Cedrela odorata* las más comunes. Las dos primeras, de 12 especies fueron las más consumidas por el ganado,

(3.50%). The study showed a high diversity of woody species, with multiple functions in within the farms, highlighting some woody species as fodder, which adds value to the animal production systems when are used at critical times of the year.

Key words

Animal production systems, humid tropics, woody perennial forage species.

principalmente en ramoneo (38.80%) o corte y acarreo (3.50%). El uso principal de estas especies fue: leña, carbón, madera y cercos vivos. El estudio mostró que existe una alta diversidad de especies leñosas de uso forrajero, con múltiples funciones en las explotaciones, destacando algunas especies como forrajeras, con un valor añadido en los sistemas de producción animal durante las épocas críticas del año.

Palabras clave

Sistemas de producción animal, trópico húmedo, especies forrajeras leñosas perennes.

Introduction

In many regions, grasses do not meet the requirements of the animals in the dry season, especially in cattle. At this time, the animals often lose weight and milk production declines. Consequently, producers have resorted to alternative crops as food (Casasola *et al.*, 2001).

The humid tropics are characterized by high livestock production, but in many farms this activity is carried-out under intensive production systems. In recent years, there have been numerous investigations regarding the potential of forests and rainforests, seeking to create economic and ecological alternatives to improve livestock production systems, and thus prevent the environmental degradation (Jiménez, 2000).

In Mexico, there is great diversity of tree and shrub species with forage potential, which can enable the sustainability of farming systems, making them less dependent on external inputs such as energy and protein concentrates. Also, trees and shrubs offer a variety of services to animal production systems such as live fence, shade, firewood and soil improvers (Ramírez *et al.*, 2000). Toledo *et al.* (1995) conducted a study in indigenous communities in the humid tropics of Mexico, where from 1,124 plants found, 75 of them were trees and shrubs with a variety of alternative uses for farmers.

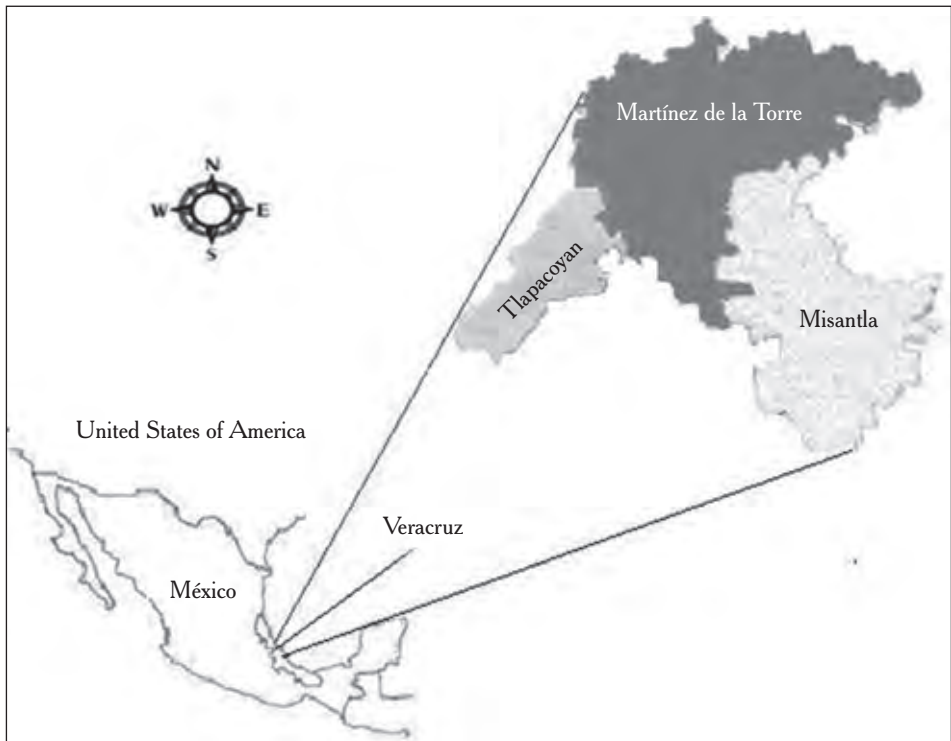
The woody perennial species with forage potential, include a large number of tree species, either for their foliage or fruit, used to feed cattle (Martínez, 2003). The main objective of this study was to characterize and identify potential woody perennial species as forage alternatives for cattle farms with different animal production systems, in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, state of Veracruz, Mexico, in order to design strategies for animal feed through silvopastoral systems.

Materials and methods

Location and description of the study area

The study area was located in the municipalities of Tlapacoyan, Martínez de la Torre, and Misantla, placed at the north-central region of Veracruz state, Mexico (figure 1).

Figure 1
Location map of study area.



In these municipalities exist a representative number of different types of farms with different production systems: from small farmers with a land area of 6-10 ha and few animals, to large producers with areas larger than 100 ha and over 200 animals on the property.

Characterization of farms

Sixty surveys were applied to randomly determined cattle producers, from which, 20 were selected in each municipality Data was collected in 2006, by structured interviews,

covering the topics described in table 1. Social nature questions were asked, in order to take into account socioeconomic factors that may interfere with decisions that affect or benefit the use or adoption of tree species.

Characterization of woody species and botanical identification

Information was provided by the perspective producer, regarding the use and importance of each specie on their farm. During the interview a tour was made along with producer, in order to observe and verify data provided. The uses of each species were recorded individually, using one form per farm. The tree and shrub species were identified by their morphological characteristics, as well as common names provided by the producers. Species were identified with the support of bibliographic materials, such as: *Tropical Trees of Mexico* (Pennington and Sarukhan, 2005) and *Árboles de Centroamérica* (Cordero and Boshier, 2003). Also, an experienced taxonomist supported the task of species identification.

Table 1
Social characteristics of farmers in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

<i>Characteristics</i>	<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>	
Age of farmers	51.2	55.7	50.6	
Years of experience as farmer	24.2	32.7	23.8	
Academic background	Elementary school incomplete	17.7	27.8	0.0
	Elementary school	35.3	33.3	25.0
	Secondary education	26.5	22.2	25.0
	Bachelor degree	8.8	11.1	37.5
	College and University	11.8	11.1	12.5
Land owning regime	Land owner	88.2	94.4	75.0
	Communal	8.8	5.6	12.5
	Land rent	2.9	0.0	12.5
How the ranch was acquired	Purchased	32.4	27.8	12.5
	Inherited	64.7	72.2	62.5
	Granted	2.9	0.0	25.0

Classification of tree species according to their location and uses

The classification of tree species in terms of location and uses in the three municipalities were based on the following characteristics: 1) Fuel (firewood, charcoal); 2) Scattered trees in paddocks (shadow); 3) Living fences (boundary and pasture land); 4) Timber (building houses, furniture, poles galley); 5) Food (flower, fruit, leaves, roots, stems); 6) Crafts and utensils (key chains, spoons, baskets, tool handles); 7) Medical use.

The main characteristics of woody species were grouped in: a) Location: dispersed trees in pastures, live fences; b) Plan part preferred by cattle: leaves, stems, flowers, fruits, bark, seeds, roots; c) Type of propagation of tree species: seeds, cuttings; d) How animals eat tree species: cut and carry, branching, or picking up from the ground. Producers were

asked, to list in order of importance, five species trees which animals ate more frequently or preferred.

Data was interpreted using descriptive statistics as averages (percentages) and frequency distributions.

Results

Socioeconomic characteristics of livestock producers

As a result of the survey, three different animal production systems were characterized: dual-purpose (57%), cow-calf operation (30%), and pasture-based finishing (13%), with dual-purpose as the most important animal production system in the region. Farmers with more years of experience were found using the cow-calf operation system. The farmers of different animal production systems have different levels of income from their farms (table 2). The percentage of income that came directly from the farm had the highest value in the cow-calf operation system (100%). Public services as telephone services and schools, in places where farms are located, are shown also in the same table 2.

Table 2
Economic characteristics and services of farmers in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

Characteristic		Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
Income from farm, (%)	25 %	20.6	22.2	37.5
	50 %	41.2	38.9	12.5
	75 %	20.6	5.6	25.0
	100 %	17.7	33.3	25.0
Use that provides income	Trade	41.18	22.2	37.5
	Services	35.3	50.0	37.5
	No activity	23.5	27.8	25.0
Agricultural products sold by the farmers	Calf	100.0	66.7	0.0
	Milk	85.3	16.7	0.0
	Lumber	47.1	50	37.5
	Fruits	32.4	38.9	25.0
	Firewood	23.5	33.3	50.0
	Fat cattle	26.5	11.1	75.0
	Crops	17.6	11.1	0.0
Services available to farmers	Drinking water	100	100	100
	Rural road	79.5	72.3	87.5
	Electric power	70.6	88.9	50.0
	Schools	47.1	33.3	0.0
	Health services	32.5	33.3	0.0
	Telephone	20.6	0.0	0.0
	Paved road	14.7	16.7	12.5
	Drainage system	11.8	5.6	0.0

Land use

Of the 60 producers surveyed, a total area of 2,564 ha was estimated. The main land uses were grazing, grass cutting (cutting fodder banks), production of citrus, especially lemon and orange plantations, banana plantations; and a lesser extension, crops of coffee, pepper, tomato, beans, cassava, sugar cane, and pumpkin (table 3). Farmers of the three animal production systems have scattered trees in their pastures, and others land uses were prevalent.

Table 3

Land use by farmers at three animal production systems, in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

<i>Land use</i>	<i>Dual-purpose,</i> <i>n=34</i>		<i>Cow-calf operation,</i> <i>n=18</i>		<i>Pasture-based finishing (%)</i> , <i>n=8</i>	
	Area (ha)	Average	Area (ha)	Average	Area (ha)	Average
Grazing land	1,167.0	34.3	727.0	40.4	257.0	32.1
Chopped forage	47.0	1.4	6.0	0.3	17.0	2.1
Citrus plantations	72.0	2.1	70.0	3.9	11.0	1.4
Forest patches	62.0	1.8	37.0	2.1	5.0	0.6
Agricultural crops	10.0	0.3	36.0	2.0	3.0	0.4
Banana/coffee plantations	32.0	0.9	5.0	0.3	0.0	0.0
<i>Total</i>	<i>1,390.0</i>		<i>881.0</i>		<i>293.0</i>	
Percentage of farmers which give a different use to the land:						
Scattered trees in pastures	100.0		100.0		100.0	
Chopped forage	41.2		22.2		37.5	
Fruit trees in pastures	11.8		5.5		0.0	
Agricultural crops	17.6		11.1		0.0	
Fruit tree plantations	14.7		38.9		25.0	

Grasses and cattle breeds in farms

In the farms, different species of grasses were found, predominantly *Cynodon nlemfuensis*, *Paspalum notatum* and *Axonopus compressus* (table 4). Farmers did not use any introduced herbaceous legumes in their pastures. The most common type of grazing was rotational, with five, six and nine paddocks, in dual-purpose, cow-calf operation, and pasture-based finishing system, respectively (figure 2). The predominant cattle breeds were of the genus *Bos indicus* (Brahman, Indobrasil, Nellore, Gyr, Guzerat and Sardo negro), and to a lesser extent genus *Bos taurus* (Holstein, Brown Swiss, Simmental, Angus and Jersey). However, the dominating races were Brahman and Brown Swiss (table 5).

Table 4
Species of grasses in farms, in three animal production systems, in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

Common name	Scientific name	Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
Santo Domingo stargrass	<i>Cynodon nlemfuensis</i>	82.4	88.9	100.0
Bahia grass	<i>Paspalum notatum</i>	82.4	83.3	50.0
Carpet grass	<i>Axonopus compressus</i>	67.7	77.8	62.5
Bitter grass	<i>Paspalum virgatum</i>	52.9	50.0	37.5
Camalote	<i>Paspalum paniculatum</i>	41.2	44.4	12.5
Sabana grass	<i>Sporobolus virginicus</i>	23.3	22.2	0.0
Taiwan grass	<i>Pennisetum purpureum</i>	17.7	16.7	0.0
Pangola grass	<i>Digitaria eriantha</i>	14.7	11.1	25.0
Insurgentes grass	<i>Brachiaria brizantha</i>	11.8	22.2	37.5
Tanzania grass	<i>Panicum maximum cv Tanzania</i>	8.8	5.5	50.0
Guinea grass	<i>Panicum maximum cv Privilegio</i>	8.8	11.1	12.5
King grass	<i>Pennisetum hibrido</i>	8.8	11.1	12.5
Merkeron grass	<i>Pennisetum purpureum cv Merkeri</i>	8.8	5.5	0.0
Mulato grass	<i>Brachiaria hibrido</i>	5.5	0.0	0.0
Signal grass	<i>Brachiaria decumbens</i>	2.9	0.0	12.5
Humidicola grass	<i>Brachiaria humidicola</i>	2.9	0.0	12.5
Mombasa grass	<i>Panicum maximum cv Mombasa</i>	0.0	5.6	37.5

Figure 2
Grazing systems in farms at three animal production systems
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez,
Veracruz (Mexico).

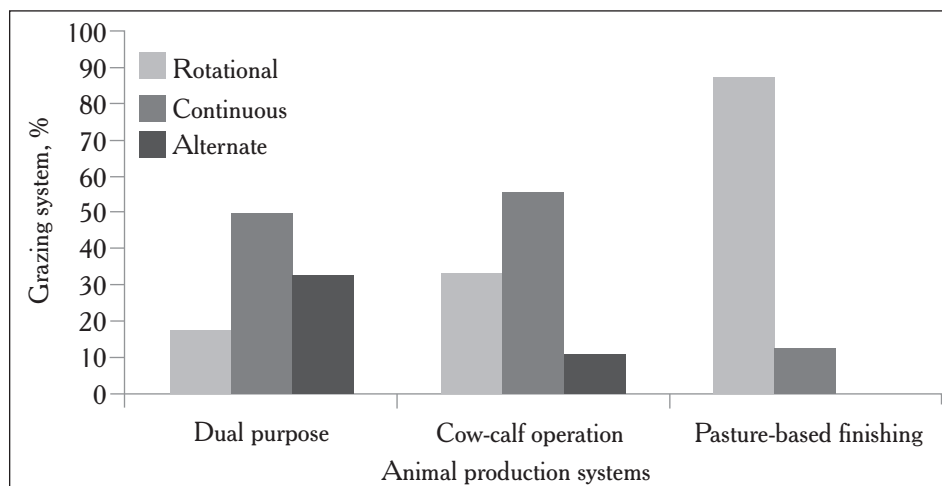


Table 5
Cattle breeds predominating in three animal production systems,
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre,
Veracruz (Mexico).

<i>Cattle breeds</i>	<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>
Brahman	100.0	94.4	100.0
Brown Swiss	58.8	61.1	62.5
Holstein	41.2	5.6	0.0
Criollo	32.4	38.9	25.0
Indobrazilian	11.8	50.0	25.0
Simmental	5.8	27.8	0.0
Nellore	5.8	12.5	5.6
Sardo negro	5.8	5.6	0.0
Charolais	2.9	38.9	12.5
Gyr	2.9	11.1	0.0
Guzerat	2.9	11.1	0.0
Jersey	2.9	5.6	0.0
Angus	2.9	5.6	0.0
Beefmaster	0.0	25.0	0.0

Characteristics of adoption and management of tree species

While most producers recognized that tree species provide benefits and services (table 6), some argued that the shadow cast by the tree canopy significantly affects forage production in that area.

A hundred percent of the farms surveyed had woody species in dispersed trees in pastures. In the three animal production systems, animals preferred to eat by browsing woody species located in the hedges. In addition, producers of the cow-calf operation system favored offering cut-and-carry out forage from woody hedges (table 7). The producers of the three systems preferred to prune the woody plants once a year, in order to reduce shadows and to get new posts to establish or renew hedges.

Table 6
Adoption of woody species by farmers in three animal production systems
in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre,
Veracruz (Mexico).

	<i>Farmer's opinion</i>	<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based finishing (%)</i>
Farmer's perception of Woody species	Good	79.4	72.2	75.0
	Regular	17.6	27.8	12.5
	Bad	2.9	0.0	12.5
Will you be willing to allocate an area for woody species?	Yes	82.4	77.8	75.0
	No	8.8	16.7	12.5
	Did not know	8.8	5.6	12.5
What are your needs to establish Woody species?	Technical assistance	52.9	38.9	37.5
	Economic funds	5.9	0.0	0.0
	The previous two	41.4	61.1	62.5

Table 7

Management characteristics of woody species by farmers in three animal production systems in the municipalities Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

<i>Management and use of woody species</i>		<i>Dual-purpose (%)</i>	<i>Cow-calf operation (%)</i>	<i>Pasture-based Finishing (%)</i>
Site for use of woody browse	Live fences	100.0	100.0	100.0
	Dispersed trees	100.0	100.0	87.5
	Fodder banks	2.9	5.6	0.0
Site using of woody species for cut and carry	Live fences	2.9	22.2	0.0
	Dispersed trees	5.9	5.6	0.0
	Fodder banks	8.8	5.6	0.0
Propagation of live fences	Mature branches	94.1	88.9	87.5
	Seed	2.9	22.2	0.0
Propagation of dispersed trees	Seed/plant	17.6	27.8	12.5
	Regeneration	52.9	44.4	25.0
Cuttings by year	One	58.8	55.6	75.0
	Two	41.2	44.4	12.5
	No cuttings	0.0	0.0	12.5
Distance among woody species in live fences	A meter or less	8.8	11.1	0.0
	Two meters	44.1	50.0	62.5
	Three meters	38.2	27.8	12.5
	Four meters	5.9	5.6	0.0
	Five meters or more	2.9	5.6	12.5
Period of use of Woody species	Dry season	88.2	72.2	75.0
	Rainfall season	11.8	27.8	25.0

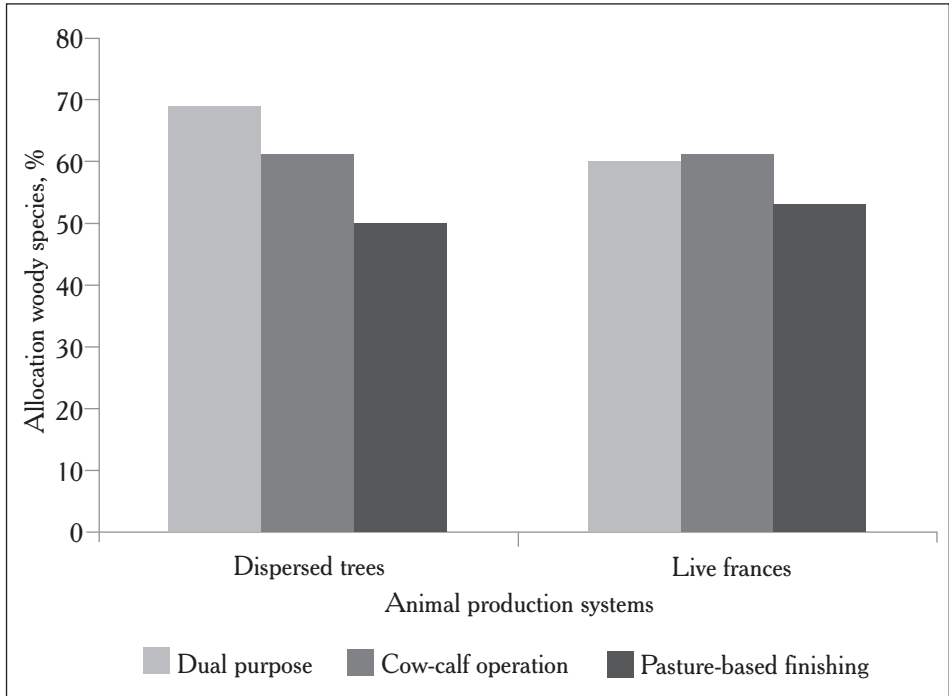
We identified 49 families, 120 genera and 145 tree species, in the three animal production systems. Cattle consumed a total of 65 species during dry season (table 8). In the dual-purpose system the highest percentage of trees in pastures was found with 94 species (figure 3).

Table 8
Main families of woody species in farms, in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan Misantra and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

Family (Scientific and Spanish common name)	Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
Leguminosae	19.6	19.7	20.2
Moraceae	6.5	7.4	7.1
Rutaceae	6.5	7.4	6.0
Lauraceae	3.6	3.3	2.4
Meliaceae	3.6	4.9	3.6
Palmae	3.6	4.1	4.8
Anacardiaceae	2.9	3.3	3.6
Bignoniaceae	2.9	1.6	3.6
Euphorbiaceae	2.9	4.1	4.8
Most common woody species in farms:			
<i>Bursera simaruba</i> (Chaca)	100.0	100.0	100.0
<i>Gliricidia sepium</i> (Cocuite)	97.1	100.0	100.0
<i>Cedrela odorata</i> (Cedro)	91.2	100.0	87.5
<i>Psidium guajava</i> (Guayaba)	82.4	72.2	87.5
<i>Spondias mombin</i> (Jobo)	82.4	88.9	75.0
<i>Ficus cotinifolia</i> (Higuera)	76.5	83.3	100.0
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guacimo)	73.5	72.2	50.0
<i>Mangifera indica</i> (Mango)	55.9	61.1	50.0
<i>Erythrina americana</i> (Colorín)	61.8	77.8	37.5
<i>Parmentiera aculeata</i> (Chote)	50.0	72.2	50.0

Figure 3

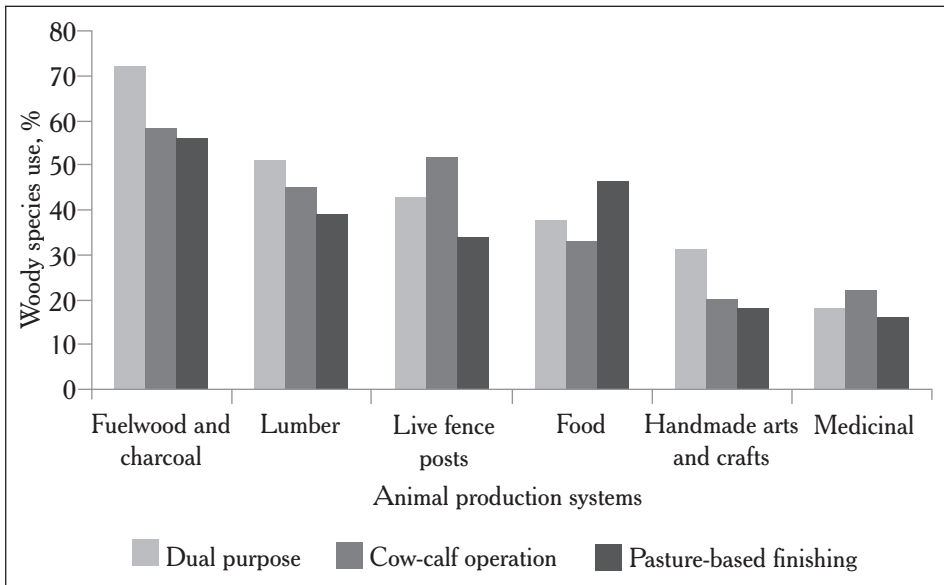
Location of tree species in pastures of cattle farms by land use in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez, Veracruz (Mexico).



According to the survey, six main uses of woody species uses were identified, which were ranked in order of importance: 1) fuel (firewood, charcoal), 2) timber (building houses and furniture), 3) poles (building galleys, repair facilities for cattle), 4) food (flowers, fruits, leaves, roots, stems), 5) crafts and utensils (key chains, spoons, baskets, tool handles), 6) medicine (figure 4).

Figure 4

Main use of woody species of cattle farms in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).



Farmers showed preference for 39 tree and shrub species for consumption, among them: *Guazuma ulmifolia*, *Mangifera indica*, *Spondias mombin*, *Persea schiedeana*, *Persea americana*, *Spondias purpurea*, *Psidium guajava*, *Pouteria sapota*, *Tamarindus indica*, *Manilkara sapota* and citrus products in general (table 9). Animals have preference for the foliage of the trees; and the intake of some fruits depends on availability. Products of some fruits are annual, and these match up with the dry season (figure 5).

Table 9

Woody species with more frequency of use in cattle farms in three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).

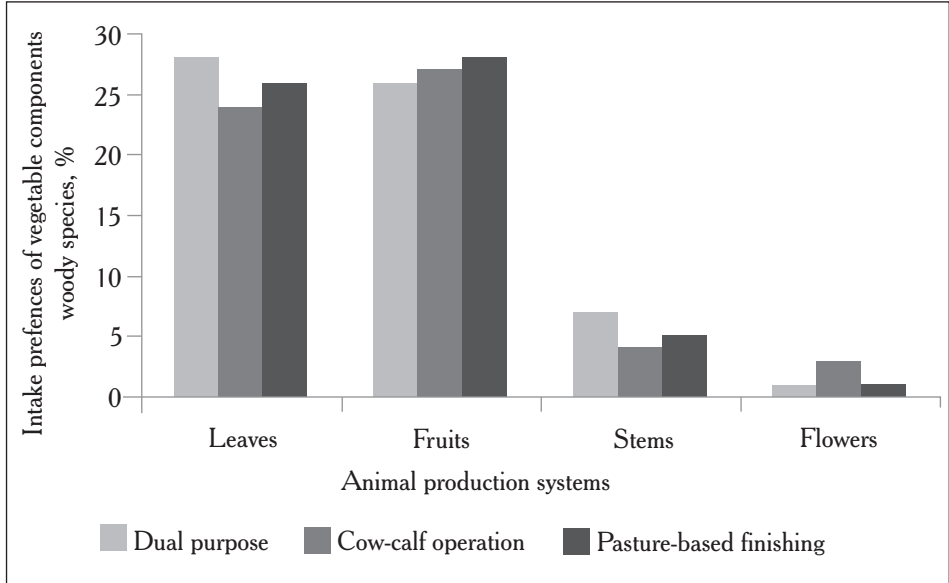
Scientific (and Spanish common) name	Fuel Wood	Lumber	Live fence posts	Food	Hand-made arts and crafts	Medicinal
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guacimo)	•	•	•	•	•	•
<i>Mangifera indica</i> (Mango)	•	•	•	•	•	•
<i>Persea schiedeana</i> (Chinina or pagua)	•	•	•	•	•	
<i>Cordia alliodora</i> (Palo María)	•	•	•		•	
<i>Inga jinicuil</i> (Genecuil)	•	•	•	•	•	
<i>Erythrina americana</i> (Colorín)	•		•	•	•	
<i>Guadua aculeata</i> (Tarro)		•	•		•	
<i>Parmentiera aculeata</i> (Chote)	•	•	•		•	•
<i>Manilkara sapota</i> (Chicozapote)	•	•	•	•	•	•
<i>Salix humboldtiana</i> (Sauce)	•	•	•		•	•
<i>Tabebuia rosea</i> (Palo de rosa)	•	•	•		•	

Table 10
Species used as fodder for animal feed, in three animal production systems.

Scientific (and common) name	Dual-purpose (%)	Cow-calf operation (%)	Pasture-based finishing (%)
<i>Gliricidia sepium</i> (Cocuite)	73.5	88.8	75.0
<i>Bursera simaruba</i> (Chaca)	64.7	77.7	62.5
<i>Guazuma ulmifolia</i> (Guacimo)	52.9	66.6	50.0
<i>Erythrina americana</i> (Colorín)	35.3	55.5	37.5
<i>Diphysa robinoides</i> (Amarillo)	23.5	44.4	25.0
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> (Ombligo)	29.4	44.4	0.0
<i>Leucaena leucocephala</i> (Guaje)	23.5	22.2	25.0
<i>Parmentiera aculeata</i> (Chote)	14.7	22.2	12.5
<i>Morus alba</i> (Morera)	17.6	5.5	25.0
<i>Bambusa vulgaris</i> (Bambú)	11.8	16.6	0.0
<i>Cajanus cajan</i> (Gandul)	8.8	5.5	12.5
<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> (Tulipán)	5.9	11.1	12.5
<i>Calliandra houstoniana</i> (Caliandra)	5.9	0.0	0.0

Figure 5

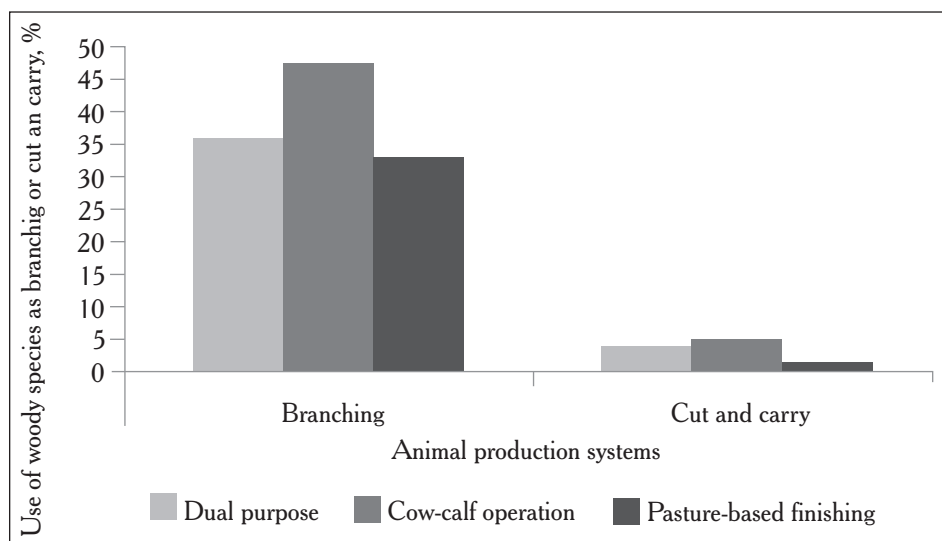
Intake preferences of vegetable components in woody species, in cattle farms of three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).



According to the management that was given to the animals, the more frequent use was branching of live fences and scattered trees, besides fruits and leaves; and less frequently, cut-and-carry foliage (figure 6).

Figure 6

Use of woody species as branching or cut-and-carry, according to three animal production systems in the municipalities of Tlapacoyan, Misantla and Martínez de la Torre, Veracruz (Mexico).



Discussion

There are many examples from all parts of the tropical world where tree fodders have had positive effects on animal production (Patterson *et al.*, 1998; Akkasaeng *et al.*, 1989; Joshi and Singh, 1990). This survey identified over 145 naturally-occurring, or naturalized tree species that are commonly fed to cattle, indicating the high potential of these local species for use as animal fodder. Attention must be focused on the use of multi-purpose fodder trees to provide animal feed, to improve soil fertility and to supply firewood in small-scale farms in the region.

Land Use

The land uses were varied, but the use as pastures had the highest percentage which shows that farmers prefer areas devoted solely to grazing, which match those found in Costa Rica, by Restrepo (2002) who reported that more than 80% of the use of land

corresponded to pastures. In this work we found that the most common grasses in the three systems are, *C. nlemfuensis* and genera of native grasses *Paspalum* and *Axonopus*. This information matches the report by Améndola *et al.* (2005) and Castillo *et al.* (2005) who reported that native grasses are the main forage resource in the Mexican tropics, occupying from 25 to 75% of grazing land. Continuous grazing was the most common in the dual-purpose and cow-calf operation animal production systems; however, farmers engaged in the pasture-based finishing system use rotational grazing.

Characteristics of availability and management of tree species

Species such as *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, *Spondias mombin*, and *Erythrina americana* are used for ease of handling, easy propagation, and they offer other beneficial products such as firewood, timber and fodder.

The most widely used method of propagation, for the establishment of living fences of species such as *Bursera simaruba*, *Gliricidia sepium*, and *Spondias* is by using the living stakes from the trees. Natural regeneration in scattered trees in pastures may occur in species such as *Cedrela odorata*, *Spondias mombin* and *Guazuma ulmifolia*. The above information corresponds with that reported by Martínez (2003) who found similar propagation methods, in tree species.

The frequency of pruning throughout the year have different rates in the three systems of production. The higher percentage showed that those farmers engaged in pasture-based finishing preferred pruning once a year. The purpose of pruning is that the branches do not produce much shade, and also to get new posts that can be used to establish or renew hedges. The purpose of pruning trees located in hedges, coincides with the reported by López *et al.* (2007) who reported that in Nicaragua the pruning is done to remove posts, establish or renew hedges.

Farmers' perceptions about the woody species

The adoption of silvopastoral systems has been limited in the use of woody species as source of forage because many of the benefits have not been ready known, a situation that coincides with studies carried out in Chiapas (Pinto, 2002). The perception, of farmers about tree species, was good, since more than 70% of the producers of the three animal production systems, thinks that trees provide benefits and services to their pastures. Others mentioned that they do not like trees, because the grass production is affected by effect of the shadow.

Frequency of tree species

The legume family is important for its high number of species (27). Similarly, Pinto (2002) found that the predominant species in silvopastoral systems are legumes, and they are considered as potential fodder. However, a major limitation on the inclusion of new species, is the lack of knowledge of these by the farmers. Farmers set only species that they considered of commercial value such as cedar and mahogany, as well as live fences. This coincides with Bustamante and Romero (1991) who mentioned that in the silvopastoral

systems, the main objective is the livestock production, followed by production of timber, fuelwood, fruits, and finally the use of live fences and shade.

In this work, the highest number of tree species per farm was observed in the dual-purpose system (62 species). This varietal richness exceeds the 18 different species in live fences reported by Cerrud (2002), in Bugaba, Panama. The highest percentage found in live fences (69%) is similar to the ranges found by Souza de Abreu *et al.* (2000), Villanueva (2001), Harvey *et al.* (2003) and Villacís *et al.* (2003) who state that the percentages of use in live fences, ranged from 49 to 89%.

Main uses of woody species

Five woody species were highlighted in the surveyed farms. The species *Guazuma ulmifolia*, *Mangifera indica*, *Parmentiera aculeata*, *Manilkara sapota*, and *Salix humboldtiana* were with more applications. In Veracruz, Mexico, Avendaño and Acosta (2000), characterized species used as living fences, finding a total of 218 species. Of these, 88% had several categories of additional uses. A tree species have high forage value, if we consider other factors, besides those already mentioned, and which are related to their nutritional value and palatability (Pinto, 2002).

Conclusions

Results confirm the hypothesis that cattle farms in the studied municipalities have a high diversity of woody species. Woody species has multiple functions in cattle farms, highlighting the live fences, and scattered trees in pastures. Woody species have different uses, as: firewood, timber and poles. Some woody species may be promising as fodder, which adds value to the systems of production that they can be used at critical times of the year, as a nutritional supplement.

Cited Literature

- Améndola, R.; Castillo, E. and Martínez, P. A. (2005). Country Pasture/Forage Resource Profiles. Mexico. <http://www.fao.org/waicent/FAOINFO/AGRICULT/AGP/AGPC/doc/Counprof/mexico/Mexico.htm> (Acceded on 10 December, 2010).
- Akkasaeng, R.; Gutteridge, R. C. and Wanapat, M. (1989). Evaluation of trees and shrubs for forage and fuelwood in Northeast Thailand. *The International Tree Crops Journal* 5(4):209–220.
- Avendaño, R. S. y Acosta, R. I. (2000). Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. *Madera y Bosques*. 6(1):55–71.
- Bustamante, J. y Romero, F. (1991). Producción ganadera en un contexto agroforestal. Sistemas silvopastoriles. *Carta de RISPAL* No 20:3.
- Casasola, F.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Klein, C. (2001). Caracterización y productividad de sistemas silvopastoriles tradicionales en Moropotenté, Estelí, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 8(30):17-20.
- Castillo, G. E.; Valles, M. B.; 't Manneetje, L. y Aluja, S. A. (2005). Efecto de introducir *Arachis pintoi* sobre variables del suelo de pasturas de grama nativa del trópico húmedo mexicano. *Téc. Pec. Méx.* 43(2):287-295.
- Cerrud, R. A. (2002). *Caracterización de los sistemas silvopastoriles tradicionales en el Distrito de Bugaba, Panamá*. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

- Cordero, J. y Boshier, D. H. (2003). *Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas*. Oxford Forestry Institute, U.K., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), San José, Costa Rica. 1079 pp.
- Harvey, C. A.; Villanueva, C.; Villacís, J.; Chacón, M.; Muñoz, D.; López, M.; Ibrahim, M.; Gómez, R.; Taylor, R.; Martínez, J.; Navas, A.; Sáenz, J.; Sánchez, D.; Medina, A.; Vilchez, S.; Hernández, B.; Pérez, A.; Ruiz, F.; López, F.; Lang, I.; Kunth, S. y Sinclair, F. L. (2003). Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40):4-5.
- Jiménez, F. G. (2000). *Potencial de árboles y arbustos forrajeros en la región maya-tzotzil del norte de Chiapas, México*. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Joshi, N. P. and Singh, S. B. (1990) *Availability and use of shrubs and tree fodders in Nepal*. Shrubs and Tree Fodders for Farm Animals. In: Devendra, C. Editor. Proceedings, Workshop held at Depasar, Indonesia, 24-29 July 1989. Ottawa, Canada: International Development Research Centre (IDRC). pp. 211-220.
- López, F.; Gómez, R.; Harvey, C.; López, M. y Sinclair, F. (2007). Toma de decisiones de los productores ganaderos sobre el manejo de árboles en potreros en Matiguás Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 45: 93-100.
- Martínez, J. L. (2003). *Conocimiento local de productores ganaderos sobre cobertura arbórea en la parte baja de la cuenca del río Bulbul en Matiguás, Nicaragua*. Tesis de maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la investigación de las principales especies*. Universidad Nacional Autónoma de México y Fondo de Cultura Económica. Ediciones Científicas Universitarias. México, D.F. 521 pp.
- Paterson, R. T.; Karanja G. M.; Roothaert R. L.; Nyaata O. Z. and Kariuki I. W. (1998). A review of tree fodder production and utilization within smallholder agroforestry systems in Kenya. *Agroforestry Systems* 41(2):181-199, 1998.
- Pinto, R. R. (2002). *Árboles y arbustos con potencial forrajero del Valle central de Chiapas*. Tesis Doctorado. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Ramírez, L.; Kú, J.C.; Sandoval, C. y Solorio, F. (2000). *Producción animal con pasturas asociadas con especies arbóreas y arbustivas*. Curso de actualización en producción de carne y leche en el trópico con base en el pastoreo Tuxpán, Veracruz, México. En: Castillo, E. (Editor). CEIEGT-FMVZ-UNAM, Veracruz, México. pp. 29-39.
- Restrepo, S. C. (2002). *Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica*. Tesis maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Souza de Abreu, M. H.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Jiménez, F. (2000). Caracterización del componente arbóreo en los sistemas ganaderos de la Fortuna de San Carlos. Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 7(26):53-56.
- Toledo, V. M.; Batiz, A. I.; Becerra, R.; Martínez, E. y Ramos, H.C. (1995). La selva útil: etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia*. 20(4):177-187.
- Villacís, J.; Harvey, C. A.; Ibrahim, M. y Villanueva, C. (2003). Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(39/40):17-23.
- Villanueva, C. (2001). *Ganadería y beneficios de los sistemas silvopastoriles en la cuenca alta del río Virilla, San José, Costa Rica*. Tesis maestría. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Recibido: Marzo 19, 2012
 Aceptado: Septiembre 25, 2012



Título: *Leyendas de luna*

Técnica: Mixta (lápices de cera con grafito sobre fabriano)

Autor: Adoración Palma García (2manoS)

Medida: 28 x 21 cm

Año: 2012

Applicability of prediction equations for cutability in beef carcasses in Jalisco, Mexico

Aplicabilidad de ecuaciones de predicción de rendimiento de cortes de canales de bovino en el estado de Jalisco, México

Zorrilla-Ríos, J. M.;^{1*} Lancaster, P. A.;² Goad, C. L.³
and Carrasco, D. M.¹

¹Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias
Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

²Animal Science Department, Oklahoma State University
Stillwater 74078. USA.

³Statistics Department, Oklahoma State University
Stillwater 74078. USA.

*Corresponding author: zorrillarios@yahoo.com.mx

Abstract

The beef industry in Jalisco State, Mexico lacks a local system to estimate yield of retail cuts from carcasses. The applicability of previously published equations to predict retail yield in thirty carcasses fabricated under a local Spanish-Jalisco style by a commercial butcher shop at the metropolitan area of Guadalajara, Jalisco (Mexico), was investigated. Carcass weight, *Longissimus* muscle area, rib fat thickness and kidney and pelvic fat were measured. All retail cut and trimmings were weighed and expressed either as total weight (TRC) or as percentage of carcass weight (TRYD). Published equations to predict TRYD had an adjusted R^2 of 0.279 to 0.355. Three out of seven equations evaluated gave an intercept and slope coefficient similar to zero and one, respectively. Using TRC had an adjusted R^2 of 0.929 to 0.969. The same three equations showing an intercept and slope coefficients similar to zero and one, respectively. Regression analysis revealed that the best model to predict TRYD included all variables except carcass weight, explaining 44.50% of the variation. In contrast, the prediction of TRC indicated that carcass weight explained 95.60%

Resumen

Se evaluaron ecuaciones disponibles en la literatura de predicción de rendimiento, en cortes de canales de bovino deshuesadas tipo español-jalisciense, en condiciones comerciales en la zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco (México). A 30 canales de bovino se les registró peso, área del músculo *Longissimus dorsae* (LMA), grosor de la grasa subcutánea (SCFAT), grasa pélvica renal y peso individual de cada corte y recorte. La suma de los cortes y recortes se expresó tanto como rendimiento total en kilogramos (TRC) como en porcentaje del peso de la canal (TRYD). Las ecuaciones disponibles de predicción de TRYD mostraron una R^2 ajustada de 0.279 a 0.355. Tres de siete ecuaciones evaluadas mostraron un coeficiente del intercepto cercano a cero y uno para tasa de cambio. Al expresar los datos como TRC, arrojó una R^2 ajustada de 0.929 a 0.969. Estas mismas tres ecuaciones mostraron un coeficiente de intercepto y tasa de cambio cercanos a cero y uno, respectivamente. Los análisis de regresión entre las características medidas en las canales y su rendimiento sugieren que el mejor modelo para predecir el TRYD incluye todas las varia-

of the variation. Inclusion of *Longissimus* muscle area and rib fat thickness only improved the adjusted R^2 from 0.955 to 0.967. In conclusion, some published equations could be used to predict TRC but as ribbing of the carcass previous its evaluation is not a standard practice at Jalisco nor other regions in Mexico, their applicability would be limited. Further research is warranted to develop a model exempt from ribbing the carcasses.

Key words

Meat, yield, retail cuts, bovine.

bles consideradas, excepto el peso de la canal, justificando el 44.50% de la variación del porcentaje de rendimiento. Cuando se analiza el TRC, el peso de la canal explicó el 95.60% de la variación existente. Se concluye que algunas ecuaciones disponibles de predicción de rendimiento de cortes para canales de bovino podrían ser aplicadas a canales procesadas en el estado de Jalisco, cuando expresen TRC.

Palabras clave

Carne, rendimiento, cortes comerciales, ganado.

Introduction

Differentiation of the quality of end products in the livestock sector has been recognized as a tool designed to assist in a consumer satisfaction, by reducing the intrinsic high degree of variation encountered in most biological systems. The beef industry is not an exception to above condition (National Beef Quality Audit, 2005).

The determination of yield in retail cuts referred as cutability (AMSA, 2001) and its prediction through mathematical models based on its measurable traits on the whole carcass (Brungardt and Bray, 1963; USDA, 1965; Abraham *et al.*, 1980; Kempster *et al.*, 1982), is a strategy for the beef industry aimed to achieve a better definition of the beef carcasses merit at the market place.

The need to validate available models to predict current carcass retail cuts when applied to conditions different to those upon which the equations were generated is recognized (Crouse *et al.*, 1975; Abraham *et al.*, 1968; Shackelford *et al.*, 1995; Lawrence *et al.*, 2008). The objective of the present study was to determine the degree of applicability of previously published equations to predict the yield of retail cuts from beef carcass produced and processed commercially in Jalisco State, Mexico.

Materials and Methods

Thirty beef carcasses from intact young bulls were fabricated into retail cuts of meat, total bone, total fat and trimmings at a commercial butcher shop situated in the metropolitan area of Guadalajara, Jalisco, Mexico. The carcasses made available for the present study corresponded to those fitting in the criteria traditionally used by the butcher in terms of conformation, weight and gender.

Animals were slaughtered at the Municipal abattoir of Guadalajara, and the carcasses were split in half along the spinal column and chilled for 18 h before being transported to the butcher shop. Cold carcass weights were recorded including the kidney, the fat surrounding the kidney and the pelvic fat. The tail was present although no records were kept as to which side of the carcass, a factor which will influence the weight of the

carcass side. Each side of the carcass was ribbed between the 6th and the 7th rib for the measurement of *Longissimus* muscle area (LMA) by means of a grid placed on the cut surface of the ribeye and the thickness of the subcutaneous fat obtained at a point three-fourths of the distance of the length of the ribeye from its chine bone side.

All carcasses were deboned by the same team of workers under local traditional “Spanish-Jalisco” style fabrication (SARH, 1976). Intervention by the researchers involved in the present study was limited to the measurement of cold carcass weight, the LMA and thickness of the subcutaneous fat (SCFAT) at the 6th rib on the carcasses, and the individual weights of each cut, and total weight of bones, kidney and pelvic fat and trim generated. Total weight of retail cuts was calculated as the sum of the weight of all individual beef cuts. The sum of the weight of retail cuts and weight of kidney and pelvic fat were also expressed as percentage of cold carcass weight.

The published equations to predict beef carcass cutability tested in the present study are listed in table 1.

Table 1
Previously published equations to predict cutability of beef carcasses
in the United States beef cattle population.

<i>Eq</i>	<i>Reference</i>	<i>Independent</i>	<i>Intercept</i>	<i>Carcass wt (Cwt)¹</i>	<i>Rib eye area</i>	<i>Rib fat</i>	<i>KPH, % Cwt</i>
1	Murphy <i>et al.</i> (1960)	% BCTRC round, loin, rib, chuck	52.56	-0.0080 lb	+0.682 in ²	-4.95 in	-1.06
2	Cole <i>et al.</i> (1962) Eq 5	Lean separable muscle one side, lb	37.43	+0.2462 lb		-1.91 mm	
3	USDA, 1965 as quoted by Cross <i>et al.</i> (1973)	% BCTRC round, loin, rib, chuck	51.34	-0.0093 lb	+0.740 in ²	-5.784 in	-0.46
4	Kauffman <i>et al.</i> (1975)	Fat-standardized (10%) muscle as %Cwt	57.96		+0.180 cm ²	-3.70 cm	
5	Abraham <i>et al.</i> (1980) Eq5 table 2	% BCTRC round, loin, rib. Chuck	55.35	-0.0111 kg	+0.095 cm ²	-2.30 cm	-1.09
6	Abraham <i>et al.</i> (1980) Eq5 table 6	% Total boneless retail cuts + other boneless partions standardized to 25% fat.	83.94	-0.0087 kg	+0.068 cm ²	-4.22 cm	-1.80

Continúa en la pág. 123

Viene de la pág. 122

7	Abraham <i>et al.</i> (1980) Eq5 table 7	% Total boneless retail cuts+other boneless portions standardized to 0% fat.	75.95	-0.0090 kg	+0.068 cm ²	-3.60 cm	-1.58
8	Dikeman <i>et al.</i> (1998) Eq C-2	Weight of total retail cuts trimmed at 0 cm	10.52	+0.52 kg	+0.63 cm ²	-13.03 cm	-4.04
9	Dikeman <i>et al.</i> (1998) Eq C-5	% of total retail cuts trimmed at 0 cm	65.69	-0.029 kg	+0.19 cm ²	-3.91 cm	-0.029

¹Cwt, hot or cold carcass weight.

Results

Descriptive statistics for the variables measured and considered for the initial and imputed datasets are presented in table 2.

Table 2
Descriptive statistics and abbreviations for independent and dependent variables in the initial and imputed¹ datasets.

<i>Variable</i>	<i>Abbr</i>	<i>Initial data set</i>				<i>Imputed data set</i>		
		<i>N</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Range</i>
Carcass wt., kg	CCWT	30	287.5	62.6	202.6-451.7	287.5	62.7	202.6-451.7
<i>Longissimus</i> muscle area, cm ²	LMA	29	74.6	12.0	56.0-96.5	74.58	11.8	56.0-96.5
6 th rib fat thickness, mm	SCFAT	24	5.1	3.7	1.0-13.0	4.8	3.5	0.7-13.0
Kidney and pelvic fat, %	KPF	28	2.1	0.7	1.3-3.6	2.1	0.7	1.3-3.6
Total retail cuts, kg	TRC	30	212.6	47.9	149.6-347.7	212.6	47.9	149.6-347.7
Retail yield, %	TRYD	30	74.0	3.13	67.3-80.3	74.0	3.13	67.3-80.3

¹ All imputed data correspond to 30 observations.

Not all observations had complete data, thus an imputation method was used to fill in missing values for independent variables. Missing values were imputed using maximum likelihood estimates (Proc MI; SAS Instit. Inc, 2011) with the EM statement used to invoke the expectation-maximization algorithm for maximum likelihood estimation using means and standard deviations from available cases for the initial estimates in the EM algorithm. The imputation results for this paper were generated using SAS/STAT (PROC MI) software, Version 9.3. Copyright © 2011 SAS Institute Inc. Previously published equations to predict cutability were used to compute predicted retail cuts (kg) or retail yield (%); predicted retail yield (%) was also converted to predicted retail cuts (kg) by multiplying by the carcass weight. A simple linear regression model (Proc Reg SAS software, Version 9.3. Copyright @ 2011 SAS Institute Inc.) was used to evaluate the

relationship between observed and predicted values, and 95% confidence limits were constructed for B_0 and B_1 to test the null hypotheses that $\beta_0 = 0$ and $\beta_1 = 1$, respectively.

It is important to note that the variables carcass weight (CCWT), total retail cuts (TRC) and retail yield (TRYD) did not have any missing values. The mean and standard deviation for LMA and kidney and pelvic fat (KPF) changed very little in the imputed dataset compared with the initial dataset due the fact that only one or two observations had missing values for these variables. Subcutaneous fat thickness at the 6th rib had the most missing values; however imputing values using the maximum likelihood estimation method did not affect the coefficient of variation (38 vs. 36% for the initial and imputed datasets). In addition, the range in values did not substantially change which could have significantly affected the prediction of those models in which the data was used.

In the initial dataset, the Pearson correlation coefficients among carcass measurements and the recovery of retail cuts for CCWT and LMA were positively correlated ($P < 0.05$) with total retail cuts (TRC) (0.98 and 0.43, respectively), but only LMA was positively correlated with retail yield (TRYD) (0.51). Kidney and pelvic fat (KPF as % of CWT) was negatively correlated with retail yield (TRYD) (-0.38). Correlation coefficients were similar in the imputed dataset with the exception that SCFAT was negatively correlated with retail yield (TRYD) (-0.43) compared to no significant correlation in the initial dataset (-0.34). Among the independent variables, CCWT was positively correlated with SCFAT (0.41) and LMA was negatively correlated with KPF (-0.52) in the imputed dataset.

The outcome of their application to the present data under their original TRYD or TRC version is shown in table 3.

A comparison of previously published equations with the predicted value converted to weight of retail cuts where applicable is presented in table 4.

Table 3

Regression coefficients ($B \pm SE$), 95% confidence limits and fit statistics for regression of observed values on predicted values from previously published equations to estimate cutability of beef carcasses.

Eq	Reference	Dependent variable	R ²	RMSE ¹	Bo (intercept)	95% CL β_0	B ₁ (slope)	95% CL β_1
1	Murphy <i>et al.</i> (1960)	TRYD, %	0.307	2.65	32.42 ± 11.79	8.27, 56.57	0.79 ± 0.22	0.33, 1.26
2	Cole <i>et al.</i> (1962) Eq 5	TRC, lb	0.956	10.18	-59.11 ± 11.11	-81.88, -36.35	1.47 ± 0.06	1.35, 1.60
3	USDA (1965)	TRYD, %	0.280	2.71	34.89 ± 11.86	10.60, 59.18	0.75 ± 0.23	0.28, 1.22
4	Kauffman <i>et al.</i> (1975)	TRYD, %	0.355	2.56	26.36 ± 12.12	1.53, 51.20	0.68 ± 0.17	0.33, 1.04
5	Abraham <i>et al.</i> (1980) Eq1	TRYD, %	0.336	2.60	24.94 ± 13.02	-1.74, 51.62	0.88 ± 0.23	0.40, 1.35
6	Abraham <i>et al.</i> (1980) Eq2	TRYD, %	0.311	2.64	21.62 ± 14.72	-8.53, 51.77	0.65 ± 0.18	0.27, 1.02
7	Abraham <i>et al.</i> (1980) Eq3	TRYD, %	0.315	2.64	20.58 ± 14.89	-9.93, 51.08	0.73 ± 0.20	0.31, 1.14
8	Dikeman <i>et al.</i> (1998) Eq2	TRYD, kg	0.929	12.95	-38.50 ± 13.27	-65.68, -11.32	1.30 ± 0.07	1.17, 1.44
9	Dikeman <i>et al.</i> (1998) Eq5	TRYD, %	0.279	2.70	39.32 ± 10.52	17.76, 60.88	0.50 ± 0.15	0.19, 0.81

¹RMSE = root mean square error.

Table 4

Regression coefficients ($B \pm SE$), 95% confidence limits and fit statistics for regression of observed values on predicted values converted to a weight basis¹ from previously published equations to estimate cutability of beef carcasses.

Eq	Reference	Dependent variable	R ²	RMSE ¹	Bo (intercept)	95% CL β_0	B ₁ (slope)	95% CL β_1
1	Murphy <i>et al.</i> (1960)	TRC, kg	0.966	8.96	-17.22±8.28	-34.18,-0.27	1.54±0.05	1.42,1.65
2	Cole <i>et al.</i> (1962) eq 5	TRC, lb ³	0.956	10.18	-59.11±11.11	-81.88,-36.35	1.47±0.06	1.35,1.60
3	USDA (1965)	TRC, kg	0.967	8.86	-24.18±8.42	-41.43,-6.94	1.59±0.05	1.48,1.71
4	Kauffman <i>et al.</i> (1975)	TRC, kg	0.969	8.59	4.92±7.19	-9.81,19.65	1.04±0.04	0.96,1.11
5	Abraham <i>et al.</i> (1980) eq1	TRC, kg	0.969	8.64	-9.65±7.71	-25.45,6.15	1.39±0.05	1.29,1.48
6	Abraham <i>et al.</i> (1980) eq2	TRC, kg	0.969	8.67	-8.95±7.72	-24.76,6.86	0.956±0.03	0.89,1.02
7	Abraham <i>et al.</i> (1980) eq3	TRC, kg	0.969	8.61	-9.43±7.68	-25.16,6.30	1.05±0.04	0.98,1.13
8	Dikeman <i>et al.</i> (1998) eq2	TRC, kg ³	0.929	12.95	-38.50±13.27	-65.68,-11.32	1.30±0.07	1.17,1.44
9	Dikeman <i>et al.</i> (1998) eq5	TRC, kg	0.963	9.36	-24.73±8.93	-43.03,-6.44	1.19±0.04	1.10,1.28

¹RMSE = root mean square error.

Discussion

The thirty carcasses used in this study is a similar number to the 22 observations used in the study of Kauffman *et al.* (1975). This 30 carcasses fabricated out of an estimated 4,200,000 heads slaughtered in Mexico (AMEG, 2006) represent one carcass for every 135,480 carcasses produced, a ratio proportionally comparable to the one carcass fabricated for every 170,000 carcasses produced 45 years ago and used by Murphey *et al.* (1960); 162 carcasses fabricated in the study out of a population of 27,500,000 sent to slaughter at the time (NASS, 2009).

The mean and standard deviation of the sample carcasses in our study and those of previous studies are presented in table 5. The mean carcass weight in the current study (287.5 kg) was intermediate compared with previous studies (227.9 to 340.7 kg), but the coefficient of variation (27.7%) was slightly larger than previous studies (10.4 to 18.4%). The mean LMA of carcasses in our study (74.58 cm²) was within the range of previous studies (61.1 to 75.4 cm²), with equivalent coefficient of variation (15.8 vs. 11.6 to 15.4%, respectively). Rib fat thickness and KPF had means of 4.8 mm and 2.10%, respectively, were lower than previous studies, and the coefficients of variation in the current study (Rib 72.9%, KPF 31.9%) were among the largest (46.1 to 94.7% for rib fat and 19.5 to 27.0% for KPF). The mean weight of retail cuts was similar to that of Dikeman *et al.* (1998), but the variation was greater in the current study (CV = 22.5 vs. 11.9%, respectively). Conversely, the mean percentage of retail yield was larger in the current study compared with previous studies (73.96 vs. 49.89 to 61.5%, respectively), with a similar variation among the two.

Table 5
 Descriptive statistics (mean and standard deviation) for independent and dependent variables in the present study and previously published studies.

Variable	Present study	Dikeman <i>et al.</i> (1998)	Abraham <i>et al.</i> (1980)	Kauffman <i>et al.</i> (1975)	Abraham <i>et al.</i> (1968)	Cole <i>et al.</i> (1962)
No. carcasses	30	610	129	22	835	51
Carcass weight, kg	287.5 (62.6)	321.3 (39.1)	340.7 (60.0)	260 (27)	234.8 (43.3)	227.9
<i>Longissimus</i> muscle area, cm ²	74.58 (11.82)	74.2 (8.6)	75.4 (11.3)	71.6 (10.3)	61.1 (9.4)	56.76
Subcutaneous fat thickness, mm	4.8 (3.5)	11.8 ¹ (5.8)	15.1 (14.3)	13.0 (6.0)	10.9 (6.4)	9.7
Kidney and pelvic fat, %	2.10 (0.67)	3.2 (0.8)	3.7 (1.0)	4.1 (0.8)	NR ²	NR
Total retail cuts, kg	212.6 (47.9)	196.6 ³ (23.5)	NR	NR	NR	125.2
Retail yield, %	73.96 (3.13)	61.5 ³ (4.1)	51.33 (3.49)	NR	49.89 (2.56)	54.94

¹adjusted 12th rib fat thickness.

²NR = not reported.

³Total retail cuts and total fat rimmed to 0.00 cm fat.

The differences in carcass characteristics of the Mexican and U. S. beef populations could be partially a reflection of differences in genetic background (Abraham *et al.*, 1968) with a higher proportion of Brahman crosses in the current study, and-or managerial practices such as the length of grain feeding (120 *vs.* 180 days for Mexico and the U.S., respectively), or gender (young bulls *vs.* steers / heifers for Mexico and the U.S., respectively). In addition, different methodology used in computing retail cuts could contribute to the differences among studies in retail yield. In the current study, weight of retail cuts was calculated as the sum of the total retail cuts obtained from the whole carcass including trimmings similar to Abraham *et al.* (1980), which is different to the approach of using only the retail cuts coming from the four major subprimals: round, loin, ribs, and chuck (Cross *et al.*, 1973; Abraham *et al.*, 1980).

Therefore, in applying previously published equations for cutability into a Mexican beef population (table 3), authors were aware of the theoretical objections referred above as far as their application into different conditions. Nevertheless, in an attempt to eliminate the speculative dose of such assumptions, the predictable outputs of available equations were tested versus observed values, allowing the results to speak by themselves (tables 3 and 4).

Application of published equations in their original version for the prediction of cutability as percentage of carcass weight (TRYD) had a different degree of predictability as when the output for those same equations was transformed into yield of retail cuts in weight basis (TRC).

The output of the equations of Cole *et al.* (1962) and equation 8 of Dikeman *et al.* (1998) in its original version is expressed as weight basis and explained a substantial amount of the variation in the observed total retail cuts on a weight basis ($R^2 = 0.956$ and 0.929 , respectively). However, the intercept was different from zero and the slope was different from one demonstrated by the 95% confidence limits for B_0 and B_1 indicating that the equations did not accurately predict the observed values. The equations of Murphey *et al.* (1960), USDA (1965), and equation 9 of Dikeman *et al.* (1998), which estimate retail yield as a percentage of CCWT, only explained a small amount of the variation ($R^2 = 0.307$, 0.280 , and 0.279 , respectively) in the observed total retail cuts, and did not accurately predict the observed values based on the regression coefficient for the intercept and slope being different from zero and one, respectively. In contrast, the three equations of Abraham *et al.* (1980), (equations 5, 6, and 7); accurately predicted the observed values for TRYD evidenced by the similarity of the regression coefficients for the intercept and slope with zero and one, respectively; however, the 95% confidence interval for both the intercept and slope estimate is quite large leading to the small amount of variation explained in the observed values ($R^2 = 0.311$ to 0.336) (table 4).

Cross *et al.* (1973) found that the Murphey equation and the USDA cutability equation explained 74 and 69% of the variation in observed TRYD of 82 carcasses used in their study, considerably better than when these two equations were applied to our data on Mexican cattle. Reasons for this discrepancy in accuracy of prediction for TRYD of these published equations would doubtably be due to difference in size of the LMA itself, a consequence of a location effect on its measurement, as LMA in the present study are

within the range for LMA reported by Kauffman *et al.* (1975), Abraham *et al.* (1980) and Dikeman *et al.* (1998). Other factors previously recognized theoretically as possible contributors for such a discrepancy on the applicability of published cutability equations in terms of TRYD such as the differences in the genetic background and management systems of the United States and Mexican beef industries, may have an impact when the prediction for cutability is expressed as percentage of carcass weight (TRC), it seems not applicable when output is in weight basis, as shown in the present study.

Conversion of predicted retail yield (% TRYD) to predicted retail cuts (kg, TRC) for the equations of Murphey *et al.* (1960), USDA (1965), Kauffman *et al.* (1975), Abraham *et al.* (1980) and Dikeman *et al.* (1998) significantly improved the amount of variation in the observed values explained by the predicted values compared with predicted retail yield ($R^2 = 0.967$ vs. 0.312 , respectively) (table 4). However, Equations 1, 3, and 9 had intercept coefficients that were significantly different from zero and slope coefficients that were significantly greater than one based on 95% confidence limits. The intercept coefficient of Equation 5 was similar to zero, but the slope coefficient was significantly greater than one. These departures from zero and one for the intercept and slope coefficients, respectively, indicate that these equations under predicted the weight of retail cuts when total retail cuts were low and over predicted the weight of retail cuts when total retail cuts were large. A lack of linear response has been previously identified by Lawrence *et al.* (2008) who indicated that the USDA calculated yield grade equation favors carcasses lighter than 363 kg (800 lb) for having above average muscling and penalizes carcasses heavier than 363 kg (800 lb) for having below average muscling.

In contrast, the intercept and slope coefficients were similar to zero and one, respectively, for Equations 4, 6 and 7 indicating that these equations could accurately predict weight of retail cuts with a margin of error of less than 9 kg (RMSE = 8.6 kg), which is reasonably adequate when the mean weight of retail cuts was 212.6 kg, a 4% error. This could indicate that equations developed using measurements (LMA and SCFAT) collected at the 12th rib in US beef carcasses are applicable to Mexican beef carcasses when measurements are collected at the 6th rib, in contrast to the previous discussion.

In these published equations to predict total weight of retail cuts, carcass weight accounts for the majority of the variation (95% in the current study) so that LMA and SCFAT measurements whether collected at the 6th or 12th rib, have small influence on the prediction. As this biased to predict cutability for carcasses located at the extremes of a range has already been identified for those conditions in which the equations have been developed for, the fact that the same biased is observed when applied under the present study could be interpreted as a fault of the original approach and not due to differences of the conditions into which have been applied here, for instance, the ribbing and measuring the LMA and SCFAT at the 6th rib vs. de 12th.

Thus, it could be assumed that the effect of discrepancy in site of measurement would not be an issue on the predictive ability of these equations when converted to weight of retail cuts.

Studies by Abraham *et al.* (1968) and Cross *et al.* (1973) have also reported strong correlations ($R^2 = 0.88$ to 0.95) between total retail cuts on a weight basis and carcass weight. In contrast, Cole *et al.* (1962); Abraham *et al.* (1968); Cross *et al.* (1973) and Dikeman *et al.* (1998) considered hot or cold carcass weight, LMA, and SCFAT as the most important variables to predict weight of retail cuts due to the fact that they provide information about weight, muscularity, and fat deposition which affect the amount of retail cuts.

However, previous studies (Murphey *et al.*, 1960; Cross *et al.*, 1973; Abraham *et al.*, 1980; Dikeman *et al.*, 1998) have reported that hot or cold carcass weight is an important independent variable in the model to predict retail cuts as a percentage of carcass weight. Abraham *et al.* (1980) reported that including carcass weight improved the R^2 from 0.82 to 0.83 compared with SCFAT, KPF and LMA alone. Furthermore, Abraham *et al.* (1968) reported that the partial correlation coefficient for carcass weight was 0.85 when retail cuts were expressed on a weight basis, but was -0.16 when retail cuts were expressed on a percentage of carcass weight basis and SCFAT, LMA and KPF were constant in each model.

Similarly, Abraham *et al.* (1968), Cross *et al.* (1973) and Dikeman *et al.* (1998) reported that the ability of the independent variables to explain the variation in percent retail cuts was lower than for weight of retail cuts ($R^2 = 0.63$ vs. 0.93 , 0.67 vs. 0.88 and 0.75 vs. 0.90 , respectively). The lower predictive ability of the independent variables when retail cuts are expressed as a percentage is most likely due to the small predictive ability of the independent variables above that of Cwt alone.

The simplicity of application of an equation to predict cutability based on measurements on the carcass which would not require the ribbing of the carcass in order to obtain them would be advantageous for the several regions of the Mexico beef industry, as ribbing of the carcass is a practice only accepted as a conventional procedure for the visual evaluation of the marketing merit of a carcass in restricted beef markets of Mexico. Thus, the lack of experience by the entire beef industry on the application of a cutability equation involving LMA or SCFAT supports the initial use of carcass weight alone to estimate the total retail cuts obtainable from a beef carcass subjected to the Spanish style of fabrication.

The authors recognize that further research is needed to identify those factors that could significantly improve the accuracy of an equation to estimate cutability beyond that based on the weight of the beef carcass, aiming to establish differences in their commercial merit under the wide range of Mexican production systems, the genetics of the population, and carcass fabrication into retail cuts among others.

Conclusions

The use of published equations to predict beef carcass cutability under different conditions from which they were originated phase three options: their application without previous testing, their automatic rejection based on theoretical grounds or their challenge under present circumstances. Both first options incurred in preconceived ideas which could lead to erroneous conclusions.

The present study adopted the third option and based on the results presented here, it can be concluded that some published equations to predict cutability have applicability into Jalisco beef carcasses when these equations are adjusted to express retail cuts on a weight basis rather than percentage of total carcass weight. It seems feasible that a model including only carcass weight may offer an acceptable option by the users, mainly for its simplicity of application. This in itself would be an attractive outcome for recommending equations based only on carcass weight over models including variables that require ribbing of a carcass, as this practice is accepted to be applied at the abattoir level for judging the commercial merit of a carcass by only a limited number of intermediaries of the commercial beef chain in Mexico.

Cited Literature

- Abraham, H. C.; Carpenter, Z. L.; King, G. T. and Butler, O. D. (1968). Relationships of carcass weight, conformation and carcass measurements and their use in predicting beef carcass cutability. *J. Anim. Sci.* 27:604-610.
- Abraham, H. C.; Murphey, C. E.; Cross, H. R.; Smith, G. C. and Franks, W. J. Jr. (1980). Factors affecting beef carcass cutability: an evaluation of the USDA yield grades for beef. *J. Anim. Sci.* 50:841-851.
- AMEG. (2006). *Carne de bovino. Indicadores económicos de la industria*. 9a Ed. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C. 41 pp.
- AMSA. (2001). *Meat Evaluation Handbook*. American Meat Science Association. USA. 161 pp.
- Brungardt, V. H. and Bray, R. W. (1963). Estimate of retail yield of the four major cuts in the beef carcass. *J. Anim. Sci.* 22:177-182.
- Cole, J. W.; Ramsey, C. B. and Epley, R. H. (1962). Simplified method for predicting pounds of lean beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 21:355-361.
- Cross, H. R.; Carpenter, Z. L. and Smith, G. C. (1973). Equations for estimating boneless retail cut yields from beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 37:1267-1272.
- Crouse, J. D.; Dikeman, M. E.; Koch, R. M. and Murphey, C. E. (1975). Evaluation of traits in the USDA yield grade equation for predicting beef carcass cutability in breed groups differing in growth and fattening characteristics. *J. Anim. Sci.* 41:548-543.
- Dikeman, M. E.; Cundiff, L. V.; Gregory, K. E.; Kemp, K. E. and Koch, R. M. (1998). Relative Contributions of Subcutaneous and Intermuscular Fat to Yields and Predictability of Retail Product, Fat Trim, and Bone in Beef Carcasses. *J. Anim. Sci.* 76:1604-1612.
- Kauffman, R. G.; Van Ess, M. E.; Long, R. A. and Schaefer, D. M. (1975). Marbling: Its use in predicting beef carcass composition. *J. Anim. Sci.* 40:235-241.
- Kempster, A. J.; Cuthbertson, A. and Harrington, G. (1982). Chapter 8: Relative precision of alternative methods. In: *Carcass evaluation in livestock breeding, production, and marketing*. USA. Westview Press, Boulder, CO. 1982. pp 91-104.
- Lawrence, T. E.; Farrow, R. L.; Zollinger, B. L. and Spivey, K. S. (2008). Technical note: The United States Department of Agriculture beef yield grade equation requires modification to reflect the current longissimus muscle area to hot carcass weight relationship. *J. Anim. Sci.* 86:1434-1438.

- Murphey, C. E.; Hallett, D. K.; Tyler, W. E. and Pierce, J. C. (1960). Estimating yields of retail cuts from beef carcasses. Presented at the 62nd Meet. *Am. Soc. Anim. Prod.*, Chicago, November 26, 1960.
- NASS (2009). *Livestock slaughter monthly report*. USDA, Washington, D. C. 62 pp.
- National Beef Quality Audit (2005). *Executive summary*. NCBA, CSU, OSU, TAMU, WTAMU. USA. 20 pp.
- Shackelford, S. D.; Cundiff, L. V.; Gregory, K. E. and Koohmaraie, M. (1995). Predicting Beef Carcass Cutability. *J. Anim. Sci.* 73:406-413.
- SARH (1976). *Métodos para cortes de carne de res y su identificación*. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, México. 102 pp.
- SAS Institute. (2011) SAS v9.3; SAS Institute, Cary NC.
- USDA (1965). *Official United States Standards for Grades of Carcass Beef*. USDA, C&MS, SRA 99. Washington, D. C.

Recibido: Abril 11, 2012
Aceptado: Septiembre 25, 2012

Rentabilidad de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey con tres tipos de alimentación

Meat production profitability of Katahdin x Pelibuey sheep in three feeding system

González-Garduño, R.;^{1*} **Blardony-Ricardez, K.;**²
Ramos-Juárez, J. A.;² **Ramírez-Hernández, B.;**¹ **Sosa, R.;**³
y Gaona-Ponce, M.¹

¹Unidad Regional Universitaria Sursureste
Universidad Autónoma Chapingo (UACH)
Km. 7 Carr. Teapa-R. Vicente Guerrero
Teapa, Tabasco; México (C. P. 86800).

²Campus Tabasco, Colegio de Posgraduados
Cárdenas, Tabasco (México).

³ Centro Regional Universitario de Oriente
Km. 6 Carr. Huatusco-Jalapa
Veracruz, México (C. P. 94100).

*Correspondencia: robgardu@hotmail.com

Resumen

El objetivo de este trabajo fue determinar la rentabilidad económica de la producción de carne de ovino Katahdin x Pelibuey comparando diferentes tipos de alimentación. Los indicadores se obtuvieron de una unidad de producción con un sistema semi-intensivo tecnificado de estrato socioeconómico medio. Se utilizaron los registros productivos de ovinos en tres experimentos diferentes: a) pastoreo con suplementación, b) estabulación con una dieta integral de sacchasorgo y c) estabulación con alimento comercial. En cada tipo de alimentación se registró el consumo diario individual, y el peso de los corderos cada quince días. Para determinar la rentabilidad se utilizó la Matriz de Análisis de Política (MAP), donde los ingresos y los costos fueron evaluados a precios de mercado. En la producción de un kilogramo de carne, los insumos comerciables repre-

Abstract

The aim of this study was to determine the meat production profitability of Katahdin x Pelibuey sheep in three feeding systems. The productive indicators were obtained from one farm with a semi-intensive system and regular socioeconomic stratum. The productive records of three feeding systems were used: a) grazing and supplementation, b) housed sheep with a sacchasorgo complete diet, c) housed sheep with commercial food. In each type of feeding, consumption was recorded daily and individual weight of lambs was measured every two weeks. To determine the profitability a Policy Analysis Matrix (PAM) was used, where revenues and costs were assessed at market prices. In housed sheep, tradable inputs accounted for a greater percentage (90%) than in the production of grazing sheep (48%) to produce a kilogram of sheep meat. The higher costs corresponded

sentaron mayor porcentaje en ovinos estabulados (90%) respecto de los ovinos en pastoreo (48%). El mayor costo correspondió a la alimentación en todos los casos. En estabulación, los factores internos representaron de 7 a 9% y los costos fijos cerca del 1%; mientras que en ovinos en pastoreo estos indicadores representaron el 38% y 14%, respectivamente. La rentabilidad privada fue de 132% en corderos en pastoreo, 4% en corderos alimentados con sacchasorgo, -11.70% en hembras alimentadas con sacchasorgo y -12.30% en los machos que recibieron alimento comercial. Se concluye que la producción de carne es rentable en corderos en pastoreo y en los machos alimentados con una dieta integral de sacchasorgo, ya que todos los indicadores resultaron positivos.

Palabras clave

Sacchasorgo, ganancia de peso, pastoreo, suplementación, consumo de alimento.

to food in all cases. In housed animals, the internal factors accounted from 7 to 9% and about 1% in fixed costs, while in grazing sheep these indicators accounted for 38% and 14%, respectively. The private profitability was 132% in grazing sheep, 4% in male sheep feeding with sacchasorgo, -11.70% in females feeding with sacchasorgo and -12.30% in males feeding with commercial food. It is concluded that meat production with grazing sheep using a sacchasorgo complete diet in males is profitable.

Key words

Sacchasorgo, weight gain, grazing, supplementation, food intake.

Introducción

De acuerdo a las cifras indicadas por el Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera (SIAP, 2011), la población nacional de ovinos se incrementó en los últimos años, de 6.2 millones de cabezas en 2001, a 8.1 millones de cabezas en 2010. Para el Sureste del país el crecimiento en la población ovina superó al crecimiento nacional, ya que mientras la población se incrementó en un 31% en promedio durante este periodo, el Sureste superó el 79% de crecimiento, principalmente en los estados de Yucatán, Campeche y Tabasco.

El desarrollo de la ovinocultura en el trópico se ha debido a la alta demanda existente en el centro del país y los atractivos precios de mercadeo (Pérez *et al.*, 2011). Sin embargo, la productividad de los ovinos en pastoreo está limitada por dos factores: la calidad de los pastos (Oficialdegui, 2002) y la alta incidencia de parásitos gastrointestinales (Eysker *et al.*, 2005; Torres-Acosta y Hoste, 2008). Ambos factores afectan el crecimiento de los corderos y, por tanto, el tiempo al que salen los animales al mercado. Por lo que, para aprovechar el potencial de crecimiento de los corderos en sus diferentes etapas (predestete y postdestete), y reducir los días de engorda (Macedo y Arredondo, 2008), el uso de dietas integrales ha sido una opción que ha permitido obtener ganancias de peso de los 180 a 250 g por cordero d⁻¹ en sistemas intensivos (Macías-Cruz *et al.*, 2010) en comparación con sistemas de producción en pastoreo y complementación alimenticia, con el cual, las ganancias de peso oscilan entre 120 y 147 g por cordero d⁻¹ (Burke y Apple, 2007).

El uso de dietas comerciales encarecen la producción de carne por la alta proporción de granos en las fórmulas, por lo que para reducir los costos se ha recurrido a la suplementación con distintas fuentes de nutrientes, como son: bloques multinutricionales (Mejía *et al.*, 2011), follaje de árboles y arbustos (Ríos *et al.*, 2005), melaza, desechos agroindustriales, como son pastas de oleaginosas y puliduras (Aregheore, 2006; Martín, 2009) y desechos de aves (Solano *et al.*, 2005). También se han buscado alimentos baratos que además se produzcan en la unidad de producción, por lo que una de las opciones ha sido la utilización de la caña de azúcar (Martín, 2009; Aguirre *et al.*, 2010).

El sacchasorgo es un alimento derivado de la fermentación en estado sólido de la caña de azúcar (Elías *et al.*, 1990), que se ha utilizado tanto para rumiantes como para monogástricos (Martín, 2009), en algunas ocasiones combinada con pulido de arroz (Ruiz, 2005). También se han integrado otros granos —como el maíz y sorgo— para mejorar el comportamiento productivo de los animales. Sin embargo, el precio de estos granos se ha incrementado sustancialmente, de 2010 a 2011 (Index Mundi, 2011), por lo que su inclusión en la dieta sólo ha sido en porcentajes reducidos (Ruiz, 2005). Por esta situación, se propuso como objetivo determinar la rentabilidad económica de la producción de carne de ovinos Katahdin x Pelibuey alimentados con tres tipos de dietas; entre las que se incluyeron el pastoreo, una dieta completa de sacchasorgo y un alimento balanceado comercial como testigo.

Materiales y métodos

Ubicación

Las engordas se desarrollaron en una unidad de producción de ovinos cruce Katahdin x Pelibuey manejados en un sistema semi-intensivo tecnificado de estrato socioeconómico medio, de acuerdo a la caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco (Nuncio-Ochoa *et al.*, 2001), ubicada en Pueblo Nuevo, municipio de Salto de Agua, Chiapas, México; localizada a una altitud de 85 msnm, 17° 34' latitud norte y 92° 20' longitud oeste. El clima de la región es Af(m)w'(i)g (García, 1981); es decir, cálido húmedo con lluvias todo el año, con la precipitación del mes más seco superior a 60 mm, un porcentaje de lluvia invernal entre 10.2 y 18.0, con régimen de lluvias en verano y presencia de canícula; la temperatura promedio anual es de 26.6°C y la precipitación total anual, de 3,289.10 mm.

Estudios de alimentación

La ganancia diaria de peso (GDP) y consumo de alimento utilizado para el análisis económico se obtuvo de los registros productivos en tres ensayos diferentes con distintos tipos de alimentación (cuadro 1).

Cuadro 1
Estudios realizados con tres tipos de alimentación en la engorda de ovinos Katahdin x Pelibuey.

<i>Experimentos</i>	<i>Fechas</i>	<i>Sexo</i>	<i>Número de corderos</i>	<i>Peso inicial</i>
Primer ensayo con sacchasorgo	Mayo-agosto 2009	Machos	10	13.5 ± 3.0
		Hembras	12	11.8 ± 2.2
Segundo ensayo con sacchasorgo	Junio -agosto 2011	Machos	4	19.3 ± 6.28
		Hembras	5	13.8 ± 1.6
Alimento comercial	Junio-agosto 2011	Machos	11	30.9 ± 4.0
Pastoreo + 200 g de sacchasorgo	Agosto 2011-enero 2012	Machos	10	27.6 ± 7.7

En el primer experimento con sacchasorgo se utilizaron doce corderos hembras en desarrollo, con peso promedio de 11.79 ± 2.13 kg y diez corderos machos de 13.50 ± 3.00 kg, todos ellos cruza Katahdin x Pelibuey. Los dos grupos se mantuvieron en estabulación después de haber sido desparasitados con clorhidrato de levamisol (7.50 mg kg^{-1} de peso vivo). Diez días antes de iniciar la etapa experimental, los animales se sometieron a un periodo de adaptación a la dieta y se registró el consumo diario por grupo y el peso individual de los corderos cada quince días. Se ofrecieron diariamente de 2.50 a 3.00 kg de sacchasorgo por animal. El alimento se ofreció dos veces al día, una mitad por la mañana y la otra por la tarde. Durante 84 días se registró el rechazo del alimento y con este valor se calculó el consumo diario por grupo, y se estimó el consumo individual dividiendo el consumo de grupo entre el número de corderos.

El segundo experimento se realizó para confirmar el consumo individual, para lo cual se utilizaron cinco corderos hembras en desarrollo, con peso promedio de 13.80 ± 1.64 kg y cuatro corderos machos de 19.25 ± 6.18 kg, que recibieron similar manejo y dieta que los ovinos anteriores. El registro de la información fue a partir del 24 de mayo de 2011 y se desarrolló durante 45 días. Estos animales fueron alojados en corraletas individuales.

Por otra parte, se tuvo un grupo de once corderos machos con peso promedio de 30.86 ± 4.04 kg, a los que se les ofreció diariamente un kilogramo de alimento comercial. Estos animales estaban destinados al abasto, por lo que se mantuvieron en estabulación durante 66 días. Se estimó el consumo individual y cada 15 días los animales se pesaron para determinar las ganancias diarias de peso.

El registro de la información de los ovinos en pastoreo fue del 6 de agosto de 2011 al 28 de enero de 2012 y correspondió a un lote de 10 ovinos machos destinados al abasto, con peso promedio de 27.60 ± 7.67 kg, que pastorearon en potreros de Estrella de

África (*Cynodon plectostachyus* K. Schum Pilger) durante ocho horas diarias y se suplementaban diariamente con 200 g de sacchasorgo.

Alimentos utilizados

La dieta integral de sacchasorgo fue elaborada en la unidad de producción con los ingredientes y composición indicada en el cuadro 2.

Cuadro 2
Ingredientes y composición química del sacchasorgo utilizado como dieta integral y suplemento.

Composición		Composición química	
Ingrediente	% de inclusión	Fracciones	
Caña de azúcar	74	Materia seca % (MS)	49.1 ± 3.16
Pasta de soya	4	Proteína cruda % (PC)	20.0 ± 1.5
Grano de sorgo	20	Proteína verdadera % (PVe)	13.13 ± 1.5
Urea	1	Cenizas %	4.5 ± 0.9
Sales minerales	0.5	Materia orgánica % (MO)	94.5 ± 0.9
Sulfato de magnesio	0.5	Fibra detergente neutro % (FDN)	37.1 ± 2.5
Total	100	Fibra detergente ácido % (FDA)	19 ± 2.8
		Hemicelulosa %	18.1 ± 2.2

La caña de azúcar se cortó 24 h antes de realizar la mezcla y se dejó en la sombra, después se molió y se mezcló con los demás ingredientes en los porcentajes indicados en el cuadro 2, se extendió en el piso en una capa con altura máxima de 10 cm y se dejó fermentar aeróbicamente durante 24 h (Elías *et al.*, 1990). Al término de este proceso, la mezcla se colocó en bolsas de nylon y se almacenó por un periodo máximo de quince días.

La materia seca, proteína cruda, proteína verdadera y cenizas se obtuvieron mediante la metodología indicada por la AOAC (2005); mientras que la materia orgánica se obtuvo por la diferencia entre 100- cenizas. La fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y hemicelulosa, mediante la metodología de Van Soest *et al.* (1991).

El alimento comercial utilizado para engorda de ovinos tenía un contenido de 88% de MS, 14% de PC, 3% de grasa, 7% de fibra cruda, 57% de extracto libre de nitrógeno y 7% de cenizas, de acuerdo a la información del fabricante.

Rentabilidad económica

Para determinar la rentabilidad económica se utilizó el primer renglón de la Matriz de Análisis de Política (MAP) propuesta por Monke y Pearson (1989), basada en la contabilidad de los ingresos por venta de productos y los costos por compra de insumos y factores de la producción, evaluados a precios de mercado (presupuesto privado) en la producción por kilogramo de carne (cuadro 3).

Cuadro 3
Estructura de la Matriz de Análisis de Política, de acuerdo
a Monke y Pearson (1989).

Concepto	Ingresos totales	Costos de producción		Ganancias
		Insumos comerciables y no comerciables	Factores internos	
Precios privados	A	B	C	D
Precios económicos	E	F	G	H
Efectos de política	I	J	K	L

Los precios, ingresos y costos se obtuvieron directamente de la consulta con comercializadores de alimentos balanceados, farmacéuticos de la localidad y compradores de ovinos de la región, conforme a la metodología empleada en un estudio similar por Rebollar-Rebollar *et al.* (2011). Los factores fijos y variables se obtuvieron de la unidad de producción en donde se desarrollaron las engordas.

Se construyó el presupuesto privado de coeficientes técnicos (cantidades físicas), de los precios de los insumos (comerciables y fijos), de los factores internos de producción y de los productos, de acuerdo a la metodología propuesta por la FAO (Salcedo-Baca, 2005).

De esta matriz se analizaron los indicadores de rentabilidad a precios privados, considerando que la caña de azúcar se cultivó y cosechó en la propia unidad de producción y los demás ingredientes se adquirieron en los establecimientos comerciales.

En este trabajo sólo se realizó el análisis del primer renglón de la MAP, que correspondió a la información de la matriz de presupuesto privado. De este análisis se derivaron los indicadores de eficiencia y de competitividad privada: rentabilidad privada (RRP) = $D / (B + C)$; relación del costo privado (RCP) = $C / (A - B)$; valor agregado a precios privados (VAP) = $A - B$; consumo intermedio en el ingreso total (PCIP) = B / A , y valor agregado en el ingreso total (PVAP) = $(A - B) / A$. Donde: A= ingreso total, B= insumos comerciables y no comerciables, C= factores internos y D= ganancia (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2011; Sosa *et al.*, 2000; Lara *et al.*, 2003).

También se desarrolló el análisis de sensibilidad con diferentes escenarios, modificando el costo del sorgo y el de la caña de azúcar, que fueron los dos principales componentes de la dieta integral de sacchasorgo, hasta lograr rentabilidad positiva en las hembras alimentadas con esa dieta. Para el sorgo se redujo el costo de comercialización en un 10, 20 y 30%; y para la caña de azúcar se consideró el costo de comercialización, valores con los cuales se calcularon todos los indicadores de eficiencia y competitividad privada (Salcedo-Baca, 2005).

Resultados

Los índices productivos de los tres tipos de alimentación como referencia para la comparación económica se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4
Resultados de consumo de alimento y ganancia de peso de ovinos Katahdin x Pelibuey.

Variables	Sacchasorgo		Alimento comercial	Pastoreo + suplemento
	Hembras	Machos	Machos	Machos
Número de corderos	12	10	11	10
Alimento ofrecido (kg cabz ⁻¹ d ⁻¹)	2.5±0.4	3.0±0.5	1.1±0.1	0.2
Alimento rechazado (kg cabz ⁻¹ d ⁻¹)	0.6±0.2	0.7±0.3	0.1±0.1	0.0
Alimento consumido (kg cabz ⁻¹ d ⁻¹)	1.9	2.4	1.0	0.2
Consumo de Materia seca (CMS, kg cabz ⁻¹ d ⁻¹)	0.9	1.2	0.9	0.1
Peso inicial (kg)	11.8 ^a	13.5 ^b	30.9	27.6
Peso final (kg)	20.7 ^a	26.8 ^b	38.4	37.6
GDP (kg cabz ⁻¹ d ⁻¹)	0.11 ^a	0.16 ^b	0.11	0.06
Conversión alimenticia	8.7	7.4	8.1	-

Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias estadísticamente significativas (Duncan; P≤ 0.05).

En la producción de un kilogramo de carne de ovino en pie, los insumos comerciales fueron los que representaron el mayor porcentaje de los costos totales de producción (>90 %) en los corderos alimentados con la dieta de sacchasorgo y alimento comercial, mientras que en el caso de animales en pastoreo suplementados, tan sólo constituyeron

el 48%. Con este tipo de alimentación los factores internos y los insumos fijos (38.80% y 13.80%, respectivamente) fueron superiores a los de los ovinos estabulados (7 a 9% y 0.8 a 1.0%, respectivamente). Los mayores costos de producción en los ovinos estabulados se observaron en los corderos que recibieron alimento comercial (\$37.62 kg PV⁻¹) y en las corderas alimentadas con la dieta integral de sacchasorgo (\$37.38 kg PV⁻¹), y en ambos casos las ganancias fueron negativas (-\$4.62 y -\$4.38 kg PV⁻¹, respectivamente).

Por otra parte, en los machos alimentados con sacchasorgo (\$31.77 kg PV⁻¹) y en los de pastoreo (\$14.45 kg PV⁻¹) se obtuvieron ganancias netas positivas (\$1.23 y \$18.55 kg PV⁻¹), considerando que el precio por kilogramo de carne de ovino prevaeciente en el mercado fue el de la región (cuadro 5).

Cuadro 5

Desagregación de costos de producción por kilogramo de ganancia de peso en ovinos Katahdin x Pelibuey, con precios absolutos de 2011 y relativos (%).

	<i>Dieta integral con sacchasorgo</i>				<i>Alimento comercial</i>		<i>Pastoreo*</i>	
	<i>Machos</i>		<i>Hembras</i>		<i>Machos</i>		<i>Machos</i>	
	<i>\$ kg⁻¹</i>	<i>%</i>	<i>\$ kg⁻¹</i>	<i>%</i>	<i>\$ kg⁻¹</i>	<i>%</i>	<i>\$ kg⁻¹</i>	<i>%</i>
Insumos comerciables (B ₁)	29.18	91.9	33.84	90.5	34.38	91.4	6.96	48.2
Alimentación	28.54	89.9	33.16	88.7	33.46	89.0	6.27	43.4
Vacunas y desparasitantes	0.24	0.8	0.24	0.7	0.24	0.6	0.48	3.3
Materiales diversos	0.16	0.5	0.16	0.4	0.16	0.4	0.16	1.1
Combustible-transporte	0.23	0.7	0.27	0.7	0.51	1.4	0.05	0.3
Factores internos (C)	2.26	7.1	3.22	8.6	2.92	7.8	5.52	38.2
Mano de obra	1.98	6.2	2.93	7.8	2.63	7.0	5.23	36.2
Guía sanitaria	0.29	0.9	0.29	0.8	0.29	0.8	0.29	2.0
Insumos fijos (no comerciables; B ₂)	0.32	1.0	0.32	0.9	0.32	0.8	1.97	13.6
Galera	0.22	0.7	0.22	0.6	0.22	0.6	0.22	1.5
Cercas y corrales	0.07	0.2	0.07	0.2	0.07	0.2	1.71	11.9
Comederos	0.03	0.1	0.03	0.1	0.03	0.1	0.03	0.2
Costo por kg de ganancia	31.77	100	37.38	100	37.62	100	14.45	100
Ingreso; A	33.00		33.00		33.00		33.00	
Ganancia; D	1.23		-4.38		-4.62		18.55	

*Pastoreo + 200 g de sacchasorgo por animal d⁻¹.

Por cada peso invertido en la engorda de los corderos machos alimentados con sacchasorgo, el productor obtuvo una RRP de 3.90%. Sin embargo, en el caso de las hembras alimentadas con esa dieta y los machos que recibieron alimento comercial, la rentabilidad fue negativa y cercana a 12% en ambos casos. Para el caso de los ovinos en pastoreo este coeficiente fue de 132% (cuadro 6).

Cuadro 6
Resumen del presupuesto a precios privados o de mercado
en la producción de ovinos.

<i>Concepto</i>	<i>Machos</i>	<i>Hembras</i>	<i>Alimento comercial</i>	<i>Pastoreo</i>
Ganancia (\$ kg de carne en pie)	1.23	- 4.38	- 4.62	18.79
Coefficiente de rentabilidad privada (RRP; % por peso invertido)	3.89	- 11.72	- 12.27	132.21
Relación costo privado, RCP	0.65	- 2.77	- 1.72	0.23
Valor agregado a precios privados, VAP (\$)	3.50	- 1.16	- 1.70	24.31
Consumo intermedio en el ingreso total, PCIP (%)	89.4	103.5	105.2	26.34
Valor agregado en el ingreso total, PVAP (\$)	11	- 4	- 5	74

En el caso de los corderos machos alimentados con sacchasorgo y los que estuvieron en pastoreo + suplementación, presentaron una RCP positiva (0.65 y 0.23, respectivamente), ya que los insumos comerciales y no comerciales no superaron el costo de producción de cada kilogramo de carne de ovino producido. También, en estos mismos corderos, se observó un VAP positivo (\$3.50 y \$24.31, respectivamente); es decir, un remanente en el ingreso total después de haber sido cubierto el costo de los insumos comerciales y no comerciales (cuadro 6). Mientras que en los ovinos que recibieron alimento comercial y en las hembras alimentadas con sacchasorgo se obtuvo un VAP negativo (\$-1.70 y -1.16, respectivamente).

En los corderos en pastoreo y en estabulados y alimentados con sacchasorgo se registró un PCIP con valores de 26.30 y 89.40%, mientras que en las hembras alimentadas con sacchasorgo y en los machos con alimento comercial, el PCIP superó el 100%.

Respecto al PVAP, este indicador sólo fue positivo en el caso de los machos alimentados con sacchasorgo y en los ovinos en pastoreo (\$11.00 y \$74.00, respectivamente) y negativo en los otros casos (cuadro 6).

El costo de producción de carne de ovino dependió principalmente del precio del sorgo y de la caña de azúcar, los cuales fueron los principales componentes de la dieta. En el análisis de sensibilidad se observó que la rentabilidad del sistema estuvo en función del precio del sorgo (cuando se tomó el precio de la caña como un cultivo establecido en la unidad de producción), y cuando éste se redujo en 30%, fue posible obtener resultados positivos en las hembras alimentadas con sacchasorgo (cuadro 7); mientras que en el caso de que la caña de azúcar fuera comprada, todos los indicadores de rentabilidad serían negativos.

Cuadro 7
Análisis de sensibilidad con la reducción en el precio del sorgo
para la elaboración de sacchasorgo.

<i>Indicadores</i>	<i>Ganancia</i> (\$)	<i>RRP</i> (%)	<i>RCP</i>	<i>VAP</i> (\$)	<i>PCIP</i> (%)	<i>PVAP</i>
Machos-alimento comercial	- 4.56	-12.13	-1.78	-1.64	104.97	- 5
Reducción en el precio del sorgo en 10%						
Machos	2.86	9.50	0.44	0.73	84.47	16
Hembras	-2.49	-7.02	4.41	0.73	97.79	2
Reducción en el precio del sorgo en 20%						
Machos	4.49	15.76	0.33	6.75	79.53	20
Hembras	-0.60	-1.78	1.23	2.62	92.05	8
Reducción en el precio del sorgo en 30%						
Machos	6.12	22.77	0.27	8.38	74.60	25
Hembras	1.29	4.08	0.71	4.52	86.32	14
Compra de caña de azúcar (precio de referencia \$ 679.00)						
Machos	-4.49	-11.98	- 1.01	2.23	106.75	- 7
Hembras	-11.03	-25.06	- 0.41	7.81	123.68	-24

RRP: Coeficiente de rentabilidad privada. RCP: Relación Costo privado. VAP: Valor Agregado a precios privados. PCIP: Consumo Intermedio en el Ingreso total. PVAP: Valor Agregado en el Ingreso Total.

Discusión

Un estudio realizado en Yucatán (Góngora-Pérez *et al.*, 2010) en un sistema de producción de ovinos en pastoreo, obtuvo un menor porcentaje en el costo de la mano de obra (23.70%) y de la alimentación (21.90%) en comparación con el presente estudio (36.20% y 43.40%, respectivamente), lo cual se debió a que los corderos en pastoreo recibieron 200 g de sacchasorgo y, por lo tanto, se incrementó el costo de producción. El mayor costo de la mano de obra también se ha indicado en ovinos de pelo en pastoreo en el estado de Chiapas, en los cuales el costo representó de 38 a 67%, mientras que la alimentación solamente entre 12 y 15% (Oliva-Velas *et al.*, 2009).

Los mayores costos de producción en los ovinos estabulados que recibieron alimento comercial (\$37.62 kg PV⁻¹), se atribuyeron al alto precio del alimento (\$3.80 por kg) y a la baja conversión alimenticia, mientras que en los animales alimentados con la dieta integral de sacchasorgo, el costo por kilogramo de la dieta fue menor (\$1.79); sin embargo, el alto consumo originó que también se tuviera un alto costo por concepto de alimentación, tanto en hembras (\$33.16 kg PV⁻¹) como en machos (\$28.54 kg PV⁻¹), por lo que los costos totales de la producción en estabulación superaron los \$31.80 kg PV⁻¹ en comparación con los \$14.50 kg PV⁻¹ pesos necesarios para la producción de ovinos en pastoreo. En los sistemas intensivos de producción de corderos, los mayores costos de producción corresponden al alimento (Macedo y Castellanos, 2004).

Algunos estudios se han realizado con diferentes productos con el fin de determinar la eficiencia productiva de los animales y se ha llegado a concluir que el costo de la alimentación está en función del consumo y de las ganancias de peso; las que, a su vez, dependen de la composición química del alimento (Martínez *et al.*, 2002; Mendoza *et al.*, 2007). En este estudio se observó que los machos tienen mayor consumo ($P \leq 0.05$) de alimento (2.4 ± 0.5 kg) que las hembras (1.9 ± 0.3 kg), lo cual coincidió con el CMS (1.2 ± 0.3 y 0.9 ± 0.2 kg, respectivamente); y, en el mismo sentido, las ganancias de peso fueron superiores en los machos (0.16 kg) que en las hembras (0.11 kg), por lo que se obtuvieron coeficientes de rentabilidad positivos en los machos alimentados con sacchasorgo, en comparación con las hembras alimentadas con la misma dieta. La mayor ganancia de peso en machos ha sido ampliamente estudiada e indicada en algunos otros trabajos (González *et al.*, 2002; Macedo y Arredondo, 2008), lo cual también fue corroborado en la presente investigación.

La ganancia de peso, como era de esperarse, afectó el peso vivo de los animales; y, por lo tanto, los machos alcanzaron mayor peso que las hembras a una edad determinada. El CMS obtenido en el presente experimento (1.0 ± 0.1) fue muy parecido al indicado en un estudio (Ruiz *et al.*, 2005) en ovinos alimentados con saccharina rústica (0.98 kg), pero resultó inferior a los consumos de saccharina suplementada con 10, 20 y 30% de pulido de arroz (1.58, 1.41 y 1.30 kg, respectivamente). También el consumo obtenido fue inferior al observado en ovinos alimentados con caña de azúcar entera-verde, residuos de caña quemada y caña entera quemada; con los cuales los consumos fueron 1.25, 1.35 y 1.40, y los alimentos contenían 94.9, 94.6 y 91.6 de MS, respectivamente

(Aguirre *et al.*, 2010). De la misma manera, con residuos de la producción azucarera utilizados como cama de pollos (Solano *et al.*, 2005), se observó un alto CMS (1.51 kg) superior al registrado en el presente documento. Las ganancias de peso en estos trabajos también han sido indicados como función de consumo, digestibilidad y cantidad de nutrientes disponibles para los animales.

La baja rentabilidad en la producción de carne ovina en estabulación también se ha indicado en otro estudio en el estado de Yucatán (Góngora-Pérez *et al.*, 2010), especialmente en los rebaños con pequeño número de ovinos. En el caso de los ovinos alimentados con la dieta integral de sacchasorgo y aquellos animales en pastoreo, tuvieron una relación de costo privado positiva, lo que permitió al productor recibir ganancia extraordinaria después de remunerar a los factores de la producción tanto propios (insumos fijos no comerciables) como contratados (insumos comerciables), y permitió obtener un residuo en el valor agregado, que es la retribución al productor. En un estudio con ovinos de lana también se observó mayor rentabilidad en ovinos en pastoreo (Oficialdegui, 2002).

En el caso de la engorda de hembras con sacchasorgo y machos con alimento comercial, la RCP fue negativa y mayor que la unidad, lo que implica que el sistema productivo no permite pagar el valor de mercado de los factores internos con el valor agregado generado, por lo que la actividad no es redituable para el productor en función de los precios pagados y recibidos, resultando no competitivo (Sosa *et al.*, 2000).

El VAP tan grande para los ovinos en pastoreo fue debido a que el costo de los insumos comerciables se reduce significativamente al no depender de alimentos provenientes del exterior de la unidad de producción, por lo que los factores ambientales juegan un papel muy importante en este tipo de sistemas y el valor agregado; por lo tanto, dependerá de las condiciones que permitan que haya disponibilidad de alimento.

En los ovinos machos alimentados con sacchasorgo y en pastoreo, el PCIP menor al 100% indica que el ingreso generado por esta actividad permite la adquisición de insumos comerciales para la elaboración del alimento y queda un excedente. Mientras que en el caso de los machos que recibieron alimento comercial y las hembras alimentadas con sacchasorgo, el 100% de lo obtenido por ingreso se destina a la compra de insumos e, incluso, se requiere entre 3 a 5% adicional para la adquisición de los insumos comerciales.

EL PVAP negativo en los casos de hembras y machos significa que existe mínima participación en la generación de empleos por esta actividad productiva; dicho porcentaje se utilizó para el pago o remuneración de factores internos de la producción (mano de obra), así como la ganancia del productor; de tal manera que este valor refleja el efecto del sistema de producción hacia el interior del propio sistema productivo.

Conclusiones

Se concluye que la engorda de corderos machos en pastoreo con suplementación presenta la mayor rentabilidad de los tipos de alimentación analizados. El uso de sacchasorgo en corderos machos obtuvo una rentabilidad pequeña pero positiva. Mientras que la producción de corderos estabulados alimentados con concentrados comerciales no resul-

tó rentable por el precio del alimento; y tampoco resultó rentable la producción de corderas alimentadas con saccharina debido a la baja conversión alimenticia.

Literatura citada

- Aguirre, J.; Magaña, R.; Martínez, S.; Gómez, A.; Ramírez, J. C.; Barajas, R.; Plascencia A.; Bárcena, R. y García, D. E. (2010). Caracterización nutricional y uso de la caña de azúcar y residuos transformados en dietas para ovinos. *Zootecnia Trop.* 28(4):489-497.
- AOAC (2005). *Official Methods of Analysis*. 18th. Ed. Association of Official Analytical Chemists International. Maryland. USA. 4: 68 pp.
- Aregheore, E. M. (2006). Utilization of concentrate supplements containing varying levels of copra cake (*Cocos nucifera*) by growing goats fed a basal diet of napier grass (*Pennisetum purpureum*). *Small Rumin Res.* 64:87-93.
- Burke, J. M. y Apple, J. K. (2007). Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep wethers. *Small Rumin. Res.* 67:264-270.
- Elías, A.; Lezcano, D.; Lezcano, P.; Cordero, J. y Quintana, L. (1990). Reseña descriptiva sobre el desarrollo de una tecnología de enriquecimiento proteico de la caña de azúcar mediante fermentación en estado sólido. *Rev. Cubana Cienc. Agric.* 24:1-8.
- Eysker, M.; Bakker, N.; Kooyman, F. N. J. y Ploeger, H. W. (2005). The possibilities and limitations of evasive grazing as a control measure for parasitic gastroenteritis in small ruminants in temperate climates. *Vet. Parasitol.* 129:95-104.
- García, E. (1988). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. 4ª Ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México. 252 pp.
- Góngora-Pérez, R. D.; Góngora-González, S. F.; Magaña-Magaña, M. A. y Lara-y Lara, P. E. (2010). Caracterización técnica y socioeconómica de la producción ovina en el estado de Yucatán, México. *Agron. Mesoamericana*. 21(1):131-144.
- González, G. R.; Torres H. G. y Castillo, A. M. (2002). Crecimiento de corderos Blackbelly entre el nacimiento y el peso final en el trópico húmedo de México. *Vet. Méx.* 33:443-453.
- Index Mundi. (2011). Disponible: <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=sorgo&meses=120> (Consultado el 17 de noviembre de 2011).
- Lara, C. D.; Mora, F. J. S.; Martínez, D. M.A.; García, D. G.; Omaña, S. J. M. y Gallegos, S. J. (2003). Competitividad y ventajas comparativas de los sistemas de producción de leche en el estado de Jalisco, México. *Agrociencia*. 37:85-94.
- Macedo, R. y Arredondo, V. (2008). Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo. *Arch. Zootec.* 57(218):219-228.
- Macedo, R. y Castellanos, Y. (2004). Rentabilidad de un sistema intensivo de producción ovino en el trópico. *Avances en Inv. Agropec.* 8(3):1-9.
- Macías-Cruz, U.; Álvarez-Valenzuela, F. D.; Rodríguez-García, J.; Correa-Calderón, A.; Torrentera-Olivera, N. G.; Molina-Ramírez, L. y Avendaño-Reyes, L. (2010). Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch. de Med. Vet.* 42:147-154.
- Martín, P. C. (2009). El uso de residuales agroindustriales en la alimentación animal en Cuba: pasado, presente y futuro. *Avances en Inv. Agropec.* 13(3):3-10.
- Martínez de Acurero, M.; Bravo, J.; Betancourt, M.; Bracho, I. y Quintana, H. (2002). Influencia de la suplementación proteica sobre el crecimiento de corderos post destete. *Zootecnia Trop.*, Ago. 20 (3):307-318.
- Mejía, H. J.; Delgado, H. J. L.; Mejía, H. I.; Guajardo, H. I. y Valencia, P. M. (2011). Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento. *Acta Universitaria*. 21(1):11-16.
- Mendoza-Martínez, G.; Plata-Pérez, F.; Ramírez-Mella, M.; Mejía-Delgadillo, M.; Lee-Rangel, H. y Bárcena-Gama, R. (2007). Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Revista Científica FCV-LUZ*. XVII:72-82.

- Monke, E. y Pearson, S. (1989). *The policy analysis matrix for agricultural development*. Cornell University Press. Ithaca, USA. 201 pp.
- Nuncio-Ochoa, G.; Nahed-Toral, J.; Díaz-Hernández, B.; Escobedo-Amezcuca, F. y Salvatierra-Izaba, B. (2001). Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco. *Agrociencia*. 35:469-477.
- Oficialdegui, R. (2002). Sistemas de producción a pasto con ovinos. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 10(2):116-110.
- Oliva-Velas, A.; Peralta-Lailson, M.; Pedraza-Villagómez, P. y Soto-Ponce, J. (2009). Rentabilidad de tres tipos de unidades de producción en la región Soconusco del estado de Chiapas. En: González G., R. y Berúmen A., A. C. *Avances en el control de la parasitosis gastrointestinal de ovinos en el trópico*. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México, pp. 188-194.
- Pérez-Hernández, P.; Vilaboa-Arroniz, J.; Chalate-Molina, H.; Candelaria-Martínez, B.; Díaz-Rivera, P. y López-Ortiz, S. (2011). Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica, FCV-LUZ*. XXI(4):327-334.
- Rebollar-Rebollar, A.; Hernández-Martínez, J.; Rebollar-Rebollar, S.; Guzmán-Soria, E.; García-Martínez, E. y González-Razo, F.J. (2011). Competitividad y rentabilidad de bovinos en corral en el sur del Estado de México. *Trop. and Subtrop. Agroecosystems* (14):691-698.
- Ríos, L.; Rondón, Z.; de Combellas, J. B. y Álvarez, Z. R. (2005). Uso de morera (*Morus* sp.) y mata ratón (*Gliricidia sepium*) como sustitutos del alimento concentrado para corderos en crecimiento. *Zootecnia Trop.* 23(1):49-60.
- Ruiz, M. de los A.; Ruiz, J. y Torres, V. (2005). Efecto del polvo de arroz en el consumo y la digestibilidad de raciones integrales basadas en sacchasorgo rústica para ovinos. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola* 39(4):575-579.
- Salcedo-Baca, S. (2005). *Desarrollo de la capacidad técnica para la evaluación de la competitividad de los productos agropecuarios y los efectos de la apertura comercial. Matriz de análisis de política (MAP). Ejercicios de cómputo MS-Excel*. FAO. Roma. Italia. 73 pp.
- SIAP (Sistema de Información Agropecuaria y Pesquera). (2011). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. SAGARPA. Disponible: http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/integracion/EstadisticaBasica/Pecuario/PoblacionGanadera/ProductoEspecie/ovino.pdf (Consultado el 8 de octubre de 2011).
- Solano, S. G.; Ramírez, R. y Fonseca, P. L. (2005). Mejoramiento del valor nutritivo de una mezcla de residuales de la producción azucarera con deyecciones avícolas - *REDVET* 6(8). Disponible: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n080505.html>. (Consultado el 29 de septiembre de 2011).
- Sosa, M. M.; García, M. R.; Omaña, S. J. M.; López, D. S. y López, L. E. (2000). Rentabilidad de doce granjas porcícolas en la región noroeste de Guanajuato en 1995. *Agrociencia*. 34:107-113.
- Torres-Acosta, J. F. J. y Hoste, H. (2008). *Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats*. *Small Rumin. Res.* 77:159-173.
- Van Soest, P. J.; Robertson, J. B. y Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. of Dairy Sci.* 74 (10):3583-3597.

Recibido: Abril 26, 2012

Aceptado: Octubre 12, 2012

Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115

Carbon sequestration in aboveground biomass of an agrosilvopastoral system (*Cocos nucifera*), (*Leucaena leucocephala* Var. Cunningham) and (*Pennisetum purpureum*) Cuba grass CT-115

Anguiano, J. M.;^{1*} Aguirre, J.¹ y Palma, J. M.²

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas, Agropecuarias y Pesqueras
Universidad Autónoma de Nayarit
Nayarit, México.

² Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario
Universidad de Colima
Tecomán, Colima, México.
palma@uclm.mx

*Correspondencia: josemariang@hotmail.com

Resumen

Con el objetivo de estimar el secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril (SASP) compuesto por cocotero (*Cocos nucifera*), *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham sembrada en alta densidad y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115, se llevó a cabo un estudio en un suelo con textura franco arcillo-arenosa. Se utilizó un diseño en bloques al azar con arreglo en parcelas divididas con cuatro tratamientos 0, 40, 60 y 80 mil árboles de leucaena ha⁻¹ y tres repeticiones; la evaluación duró desde su establecimiento hasta 340 días de edad. Los resultados muestran diferencia estadística ($P \leq 0.001$) en el secuestro de carbono con 101.19d, 109.73c, 122.00b y 128.62a t C⁺ha⁻¹año⁻¹ para los SASP de 0, 40, 60 y 80 mil plantas de leucaena ha⁻¹, respectivamente. El mayor aporte de secuestro de carbono lo rea-

Abstract

With the purpose of estimating carbon sequestration in aboveground biomass of an agroforestry systems consisting of coconut (*Cocos nucifera*), *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham in high density, and Cuba grass CT-115 (*Pennisetum purpureum*), a study was carried out on a sandy a soil loam. A randomized block design with split plot arrangement was used with four treatments 0, 40, 60 and 80 000 trees leucaena ha⁻¹ and three replications, an evaluation from inception to 340 days of age. The results showed statistical difference ($P \leq 0.001$) in carbon sequestration with 128.62a, 122.00b, 109.73c y 101.19d 6b C⁺ha⁻¹ año⁻¹ for SASP with 0, 40, 60 y 80 thousand plants of leucaena ha⁻¹, respectively. The major contribution of carbon sequestration was made by coconut, which contributes to

lizó el cocotero que aportó del 60 al 80% del total del SASP y existió una relación inversa de secuestro de carbono de la gramínea al incrementar la densidad de la leguminosa. El tratamiento que incorpora la siembra en alta densidad de la leguminosa arbórea logró un mayor secuestro de carbono.

Palabras clave

Agroforestería, cambio climático, CO₂, biomasa aérea.

60 to 80% of the SASP. The treatment that incorporated high-density tree legume planting achieved greater carbon sequestration.

Key words

Agroforestry, climate change, CO₂, Biomass.

Introducción

El creciente deterioro de los recursos naturales y del medio ambiente, el calentamiento progresivo del globo terrestre y la pérdida de la capa de ozono son, entre otras, las razones más importantes que en la actualidad están poniendo en peligro la existencia de la especie humana (Soca *et al.*, 2003).

La concentración de gases de efecto invernadero (GEI), como son: dióxido de carbono (CO₂), metano y óxidos nitrosos, en la atmósfera, han aumentado considerablemente, lo cual fortalece el efecto invernadero del planeta. El CO₂, principal gas de efecto invernadero, incrementó su concentración de 280 ppm en el año 1750 a 360 ppm en el año 2000, en donde el uso de combustibles fósiles generó del 80 al 85% del CO₂ emitido (Ortiz *et al.*, 2008); y se estima que esta concentración de dióxido de carbono aumentará de dos a tres ppm por año a nivel mundial.

El CO₂ es incorporado en los sistemas terrestres, principalmente por la fotosíntesis de las plantas. El FONAM (2006) menciona que los bosques, tierras agrícolas y otros ecosistemas terrestres ofrecen un potencial de secuestro de carbono importante; además, se considera a las actividades forestales como aquellas a tomar en cuenta para el control, la reducción y/o la prevención de emisiones antropogénicas (Salgado, 2004). En este sentido, un aumento en la captura de GEI por las pasturas, pueden tener un gran impacto en la disminución de la concentración de CO₂ en la atmósfera (Fisher *et al.*, 1994).

Los GEI podrían reducirse a través de dos procesos: disminuyendo las emisiones antropogénicas de CO₂ o mediante la creación y/o mejoramiento del secuestro de carbono en la biosfera. En este sentido, los sistemas agroforestales son una importante estrategia para la mitigación del calentamiento global: mediante la conservación, el secuestro, el almacenamiento y la sustitución de carbono (Vine *et al.*, 1999; IPCC, 2000; Ibrahim *et al.*, 2007). Así, la implementación de sistemas agroforestales —utilizando la inserción de árboles en potreros— el establecimiento de cercas vivas y el de pasturas mejoradas, así como incentivar la regeneración natural de la vegetación y la conservación de los bosques, son una posibilidad viable para los productores (Beer *et al.*, 2003).

Ante este escenario, los sistemas agrosilvopastoriles representan una importante alternativa, al obtener alta producción de biomasa y maximizar el fenómeno de la fotosíntesis;

y, por lo tanto, la capacidad de almacenar el carbono del aire en medios estables. Y ello se convierte en una alternativa práctica y real para la regulación ambiental; y es, precisamente en la franja tropical, donde se encuentran las mayores ventajas naturales para desarrollar esta línea de restauración ambiental (Molina y Uribe, 2005; Ruiz *et al.*, 2008).

Los sistemas agrosilvopastoriles son una modalidad de los sistemas agroforestales que pueden permitir a los productores el pago por servicios ambientales, además de múltiples servicios ecológicos y sociales (Sepúlveda e Ibrahim, 2009). El secuestro de carbono, la restauración del suelo y la conservación de la biodiversidad, son algunos importantes servicios ambientales que se han considerado en diversos programas en América Latina (Alonso, 2011).

La cantidad de C⁺ fijado en sistemas agrosilvopastoriles depende de múltiples interacciones entre los componentes árbol, pasto, suelo y animal (Shibu, 2009). Así, el monitoreo del secuestro de carbono es una herramienta fundamental en los proyectos de mitigación, lo cual se logra al realizar el balance de biomasa con los recursos disponibles (MacDiken, 1997).

La incorporación de árboles leguminosos forrajeros en sistemas de plantación, como el de coco, permite aumentar la biodiversidad e implementar sistemas silvopastoriles con efectos benéficos en las zonas costeras. Por ejemplo, el establecimiento de arbóreas de uso múltiple (como el género *Leucaena*), pueden lograr la secuestro de carbono, especialmente si es establecida en altas densidades y con estabilidad en el tiempo (Hernández *et al.*, 2008; Anguiano *et al.*, 2012). Además, las gramíneas tienen un gran potencial para fijar carbono; tal es el caso del pasto Cuba CT-115, ya que al utilizar la ruta fotosintética C4, tiene mayor capacidad de integrar el gas en la materia orgánica de las plantas, lo cual contribuye positivamente a mitigar el calentamiento global (Fisher *et al.*, 1994).

Por lo antes descrito, se planteó el presente trabajo, con el objetivo de estimar el secuestro de carbono en el sistema agrosilvopastoril y en sus componentes, formado por leucaena (*Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit cv Cunningham) sembrada en alta densidad asociada al pasto *Pennisetum purpureum* Schum. cv. Cuba CT-115 y del cocotero (*Cocos nucifera* L. ecotipo Alto Pacífico); y con ello entender el aporte de los sistemas agroforestales al secuestro del CO₂ atmosférico en el trópico seco de Colima, México.

Materiales y métodos

El presente trabajo se estableció en la Unidad de producción bovina doble propósito del Centro de Capacitación Agropecuaria y Forestal (CECAF) en la localidad de Caleras, municipio de Tecmán, Colima, México; ubicado a 18° 57' 43" latitud Norte y 103° 52' 47" longitud Oeste, con una altura sobre el nivel del mar de 59 metros.

El clima es Aw₀ definido como trópico seco, en el que predominan la estación seca de rango de siete a ocho meses de estiaje y una estación lluviosa de cuatro a cinco meses con una precipitación media anual de 600 mm, además de una temperatura promedio anual de 26°C y humedad relativa de 70% (CNA, 2004).

El tipo de suelo donde se llevó a cabo el experimento es de formación aluvial reciente, con textura franco-arcillo-arenosa (arena 56%, arcilla 23% y limo 21%), el área

cuenta con riego por superficie. En el cuadro 1 se describe la fertilidad del suelo, a través de su análisis químico.

Cuadro 1. Análisis de fertilidad del suelo.

Profundidad cm	pH	M.O. (%)	NO ₃ ppm	PO ₄ ppm	K ppm	CIC Meq	CC (%)	PMP (%)	HA (%)	CE Mmhos cm
0-25	7.50	2.42	16.05	25.87	233.22	21.78	36.83	19.33	17.50	2.05

CIC=Capacidad Intercambio Catiónico

CC= Capacidad de Campo

PMP= Punto de Marchitamiento Permanente

HA= Humedad Aprovechable

CE= Conductividad Eléctrica

(Laboratorio de Análisis de Suelos del INIFAP, Campo Experimental Tecomán, 2009).

El cultivo agrícola fue una huerta senil de *C. nucifera* L. cv. Alto Pacífico, con una edad de 45 años y 25 m de altura, aproximadamente, establecida en un marco de plantación de 8 x 8 m. Para el establecimiento de la leguminosa arbórea, se utilizó semilla certificada con una germinación mínima del 80% proveniente de Brasil, la cual fue escarificada mediante el método de hidrotermia. Los culmos del pasto medían en promedio 60 cm de largo y con mínimo de cuatro yemas germinales, sembrados a una profundidad de 25-30 cm, esparcidos al fondo del surco, con tres a cuatro nudos y las puntas yuxtapuestas, según lo recomendado por Padilla y Curbelo (2005). Se utilizaron cuatro tratamientos, que correspondieron al tratamiento cocotero más pasto (T1), T2 = T1 + 40, T3 = T1 + 60 y T4 = T1 + 80 mil árboles de leucaena ha⁻¹.

La fecha de siembra de la leucaena se realizó en el mes de febrero de 2009. El forraje se estableció cuando la leguminosa alcanzó una altura de 60-70 cm, aproximadamente. El diseño de plantación a una hilera con distancia entre surcos a 1.6 m; 2.40 m y 3.20 m (para las densidades de 80, 60 y 40 mil plantas ha⁻¹, respectivamente) y entre plantas de 15 a 20 semillas m lineal sembradas a chorrillo para asegurar las poblaciones requeridas, con una profundidad de siembra de 2-3 cm.

La evaluación de los ciclos de pastoreo del sistema agrosilvopastoril cocotero-leguminosa-pasto, se llevó a cabo mediante dos etapas. En la primera, se emplearon 12 hembras lactantes del grupo racial cebú-europeo, en similares condiciones de curva de lactancia, número de partos (>2), estado corporal, fisiológicos y con peso vivo promedio de 474 kg, las cuales fueron sorteadas en grupos de tres animales para cada tratamiento y repetición; en esta fase se estudiaron los primeros tres pastoreos, de acuerdo a lo recomendado por Razz *et al.* (2004). En una segunda etapa se emplearon seis vacas lactantes del grupo racial cebú-europeo, con similar perfil productivo-reproductivo al grupo antes descrito, bajo un esquema de pastoreo simulado, con la finalidad de que cosecharan el forraje de cada potrero (tratamiento, repetición), de acuerdo a lo descrito por Medina *et al.* (2005).

Se implementó el método de pastoreo racional Voisin (Senra *et al.*, 2004). Para ello, fueron utilizados 12 potreros con una superficie de 880 m² cada uno, para los cuatro tra-

tamientos y tres réplicas correspondientes a las diferentes densidades de leucaena y pasto bajo sombrero de cocotero. En el manejo del pastoreo, no se utilizó suplementación y se llevó a cabo con apoyo de cerco eléctrico.

Se estudió la dinámica del secuestro de C^+ del sistema agrosilvopastoril cocotero-leguminosa-pasto durante cinco pastoreos basados en la edad de la leguminosa arbórea a los 160, 190, 230, 290 y 340 días, tiempo total del estudio. La estimación de secuestro de carbono se realizó a partir de los inventarios de la biomasa aérea de los componentes del sistema agrosilvopastoril.

En el caso del pasto y la leguminosa arbórea se cosecharon seis muestras de un metro lineal por tratamiento y réplica. El material recolectado se envió al laboratorio para determinar peso seco a 65 °C; luego del secado, el contenido de carbono se asumió como el 50% de la materia seca (IPCC, 2003). Por lo tanto, el secuestro de C^+ ha^{-1} (carbono retenido en la biomasa) y el secuestro de C^+ $ha^{-1} año^{-1}$ (crecimiento de biomasa convertido en carbono) se determinaron con base en la densidad y edad de los componentes de cada tratamiento (Giraldo *et al.*, 2006; Ibrahim *et al.*, 2007).

El muestreo del cocotero se realizó en los individuos localizados en cada tratamiento y repetición; en donde, además, se consideró la producción de coco fruta y la cantidad de peciolo, raquis y folíolos producidas en el tiempo de estudio, mediante la aplicación de fórmulas alométricas para obtener la cantidad de C^+ almacenado de materia orgánica arriba del suelo, de acuerdo a la metodología descrita por Frangi y Lugo (1985), con la siguiente fórmula:

$$B = 4.5 + 7.7 * H$$

Donde: B = Biomasa arriba del suelo (kg individuo)

H = Altura total (m)

La distribución de los tratamientos se realizó bajo un diseño en bloques al azar, con un arreglo en parcelas divididas, donde la parcela grande fue la densidad de siembra de la leucaena y la parcela chica el tiempo de estudio, con tres replicas por tratamiento; asimismo, se empleó diseño en bloques al azar, para conocer el aporte del sistema en forma acumulada. En ambos casos, se utilizó la prueba de Tukey ($P < 0.05$) para diferencia múltiple de medias (Montgomery, 2004). El análisis se realizó con el paquete estadístico (STATISTIX, 1998).

Resultados

Los valores acumulados de secuestro de C^+ $año^{-1}$ del sistema agrosilvopastoril muestran que el tratamiento que mayor aporte tuvo fue en donde se asoció a la siembra de 80 mil plantas de leucaena. Asimismo, el cocotero fue el componente que mayor secuestro de C^+ $t ha^{-1} año^{-1}$ logró en el sistema, seguido de la leguminosa; y en último término, de la gramínea. A su vez, la alta densidad de siembra de la leucaena, permitió duplicar el secuestro de C^+ comparada con lo obtenido con el máximo valor de la gramínea; esto generó un incremento lineal en el secuestro de carbono al manejar altas densidades de siembra de la leguminosa (cuadro 2).

Cuadro 2
Secuestro de carbono aéreo del sistema agrosilvopastoril
cocotero-leucaena-pasto Cuba CT-115 en pastoreo (t ha⁻¹ año⁻¹).

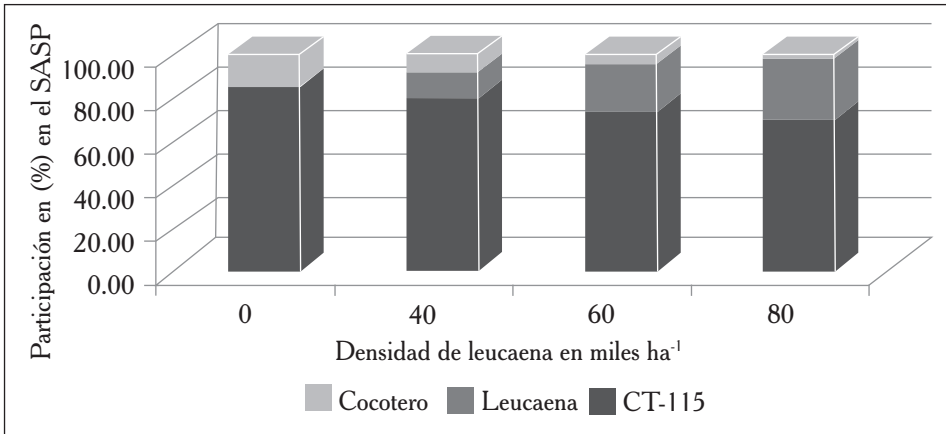
Tratamiento (miles plantas leucaena ha ⁻¹)	Secuestro de C ⁺ (t ha ⁻¹ año ⁻¹)			
	Pasto CT115	<i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i>	Cocos <i>nucifera</i>	Total SASP
0	15.46a	0.00d	85.73d	101.19d
40	9.14b	13.42c	87.17c	109.73c
60	5.83c	27.04b	89.13b	122.00b
80	2.63d	35.72a	90.21a	128.62a
EEM	0.006	0.323	0.004	0.324
P	0.001	0.001	0.001	0.001

EEM = Error Estándar de la Media.

Medias con letras minúsculas distintas en la misma columna representan diferencias (Tukey, P≤0.05).

El mayor aporte del secuestro de C⁺ lo realizó el cocotero, el cual se modificó en su participación en dependencia del arreglo espacial desarrollado por la alta densidad de la leucaena. Se observa una relación inversa del aporte de la gramínea en el secuestro de carbono, en la medida que se incrementa la densidad de siembra de la arbórea (figura 1).

Figura 1
Aporte de cada uno de los componentes del sistema agrosilvopastoril en porcentaje sobre secuestro de C⁺.



En el cuadro 3, se muestra el secuestro de C⁺ en los diferentes periodos evaluados de pastoreo para los tratamientos con la gramínea, la leucaena, el cocotero y el sistema agrosilvopastoril completo; en donde se demuestra la interacción entre los tratamientos y la edad del sistema; en todos los casos existió diferencia estadística significativa ($P \leq 0.001$).

El mayor secuestro de C⁺ se obtuvo cuando la gramínea no se asoció a la leguminosa arbórea y el menor aporte fue con la mayor densidad de leucaena empleada en todos los periodos estudiados.

En el caso de la leucaena el secuestro de C⁺ tuvo un incremento lineal al aumentar su densidad de siembra; en este contexto, 60 y 80 mil plantas ha⁻¹ fueron similares en los pastoreos dos, tres y cuatro, con diferencia en secuestro de C⁺ tanto en el primero como en el quinto pastoreo, en los cuales 80 mil plantas ha⁻¹ produjo el mayor secuestro.

En el caso del cocotero, los mejores valores estuvieron asociados a la alta densidad tanto en el primero como el quinto pastoreo, con los menores valores del cocotero en donde se asoció exclusivamente a la gramínea,

A su vez, el sistema agrosilvopastoril mostró los mejores valores para el tratamiento de 80 mil árboles de leucaena ha⁻¹. En general, se mostró una tendencia lineal a incrementar la secuestro de C⁺ en los tratamientos en donde se asoció con la leguminosa arbórea.

Cuadro 3

Secuestro de carbono en la biomasa aérea del sistema agrosilvopastoril cocotero-leucaena-pasto Cuba CT-115 en pastoreo ($t\ C^+ ha^{-1} año^{-1}$).

Pastoreos	Edad (días)	Densidad de siembra de leucaena (miles ha)				EEM	P
		0	40	60	80		
<u><i>Pennisetum purpureum</i> Cuba CT-115</u>							
1	160	3.02b	1.44e	1.08g	0.57h		
2	190	3.06b	2.08c	1.24f	0.60h		
3	230	3.08b	1.99c	1.15fg	0.50h		
4	290	3.10ab	2.01c	1.18fg	0.51h		
5	340	3.20a	1.62d	1.18fg	0.51h		
						0.02	0.001
<u><i>Leucaena leucocephala</i></u>							
1	160	0.00h	2.91g	4.99f	9.39a		
2	190	0.00h	2.67g	5.85cde	6.46c		
3	230	0.00h	2.41g	5.59def	6.36cd		
4	290	0.00h	2.31g	5.25ef	5.82cdef		
5	340	0.00h	3.12g	5.36d	7.69b		
						0.14	0.001
<u><i>Cocos nucifera</i></u>							
1	160	84.81r	86.13o	87.84i	91.75a		
2	190	84.94q	86.53m	88.93g	88.92g		
3	230	85.68p	87.11k	89.45e	89.58d		
4	290	83.21n	87.54j	89.11f	89.53d		
5	340	86.98l	88.52h	90.32c	91.25b		
						0.01	0.001

Continúa en la pág. 157

Viene de la pág. 156

Biomasa aérea secuestro total						
1	160	87.83l	90.48hi	93.91f	101.71a	
2	190	88.00kl	91.28gh	96.02de	95.88de	
3	230	88.76jk	91.51g	96.19cde	96.44cd	
4	290	89.31j	91.86g	95.54e	95.86de	
5	340	90.18i	93.26f	96.86c	99.45b	
					0.15	0.001

Medias con letras mayúsculas distintas en la misma hilera, representan diferencias (Tukey, $P \leq 0.05$).

Discusión

Los resultados encontrados en el presente trabajo sugieren un importante panorama para la investigación y desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles y servicios ambientales en zonas costeras.

Es conocido que el C^+ en los sistemas forestales y agroforestales se acumula en cuatro componentes: biomasa arriba del suelo, hojarasca, sistemas radicales y carbono orgánico del suelo; sin embargo, el almacén de carbono con mayor permanencia se da en la biomasa leñosa (Snowdon *et al.*, 2001). En el presente estudio, el componente arbóreo en los diferentes tratamientos estudiados aportó del 85 hasta el 98% del C^+ fijado.

Con la finalidad de comparar los presentes resultados con los de otros trabajos, se emplearon aquellos valores solamente del componente aéreo, de tal manera que los datos obtenidos en este trabajo de 101.19 a 128.62 t C^+ ha⁻¹ año⁻¹, resultaron menores a lo descrito para el bosque caducifolio en Huatusco, Veracruz, México; en donde se obtuvieron 268.38 t C^+ ha⁻¹. Esta diferencia se puede atribuir a los componentes de cada uno de los sistemas mencionados, aunado a su desarrollo dasométrico (Torres-Rivera *et al.*, 2011). Por otro lado, estos mismos autores indicaron valores para el sistema silvopastoril con baja densidad del componente arbóreo (120 árboles ha⁻¹) valores de 2.86 t C^+ ha⁻¹; ante esta diferencia, la explicación radica que en el presente estudio el diseño espacial y la alta densidad utilizada de la arbórea y del tipo de forraje utilizado para pastoreo, así como la presencia del cocotero, producen este secuestro de C^+ favorable.

La cantidad estimada de carbono fijada en la gramínea anualmente en este estudio, comparada con otros, en donde el pasto se encontraba sin árboles, demostró valores superiores a lo reportado por Ibrahim *et al.* (2007), quienes señalaron resultados de 6.1 t C^+ ha⁻¹ para el *Pennisetum* utilizado como banco forrajero de gramíneas. El resultado del presente estudio indicó que los valores obtenidos no tuvieron un efecto negativo por la presencia del cocotero; y también fueron superiores a lo señalado

por Arias-Giraldo *et al.* (2009), quienes evaluaron diferentes tipos de pasturas sin árboles; entre ellas, estrella (*Cynodon plectostachyus* Vanderyst) y Guinea, Tanzania y Mombasa (*Panicum maximum*), con valores de 3.19 t C⁺ ha⁻¹. Asimismo, Miranda *et al.* (2007), mencionaron para ecosistemas agrosilvopastoriles en Cuba, un valor de 1.63 t C⁺ ha⁻¹ para el componente pasto natural sin árboles, lo que significa que las gramíneas sin árboles son los sistemas que menos carbono secuestran en comparación con los sistemas asociados a los árboles, fenómeno que coincide con nuestro estudio.

Por otra parte, el trabajo realizado por Miranda *et al.* (2008) en un SSP compuesto por *Leucaena* y *Andropogon gyanus*, quienes obtuvieron valores de 64.4 y 38.3 t C⁺ ha, para un total estimado de 102.7 t C⁺ ha⁻¹, resultan similares al sistema propuesto de cocotero más gramínea; sin embargo, en los componentes existen valores diferentes. Cabe señalar que cuando se compara con el sistema que integra la leucaena, los resultados del presente trabajo son superiores, aunque tanto el pasto como la leguminosa resultan menores al sistema de *Leucaena* y *A. gyanus*; esto posiblemente se deba a que el sistema muestra valores de un año de establecido y el secuestro de C⁺, mayoritariamente, provenía del cocotero y la leucaena que se encontraba en su primer año de establecida. A su vez, superan a los datos obtenidos por Ávila *et al.* (2001), quienes encontraron 95,0 t C⁺ ha⁻¹ en sistema agroforestal con café, en Costa Rica.

La importancia de los sistemas agrosilvopastoriles en la producción de alimentos, radica en el secuestro de carbono que se puede lograr con nuevas combinaciones y arreglos espaciales; con lo cual, el papel de la ganadería es relevante en la mitigación de los gases de efecto invernadero, fenómeno que se manifiesta en el presente trabajo, en donde la combinación estudiada con cocotero adicionado de la alta densidad de siembra de la leguminosa arbórea con un forraje de alta producción de biomasa, permitió elevar el secuestro de C⁺.

Conclusiones

El tratamiento que mayor secuestro de C⁺ obtuvo fue aquel que incorpora la siembra de 80,000 plantas de *Leucaena leucocephala* Var. Cunningham ha⁻¹, pasto Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*) y cocotero (*Cocos nucifera*), dado que secuestró 2.44 veces más C⁺ ha⁻¹ año⁻¹, con respecto a aquella en donde sólo se asoció el cocotero con la gramínea.

Existió una relación inversa entre el secuestro de C⁺ del pasto y la densidad de la leguminosa, disminuyendo su aporte en el SASP, en la medida que la densidad de la leucaena se incrementó hasta 80,000 plantas ha⁻¹.

Literatura citada

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45 (2):107-115.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *RCCA*. 46(1):103-107.

- Arias-Giraldo, L. M.; Camargo, J. C.; Dossman, M. A.; Echeverry, M. A.; Rodríguez, J. A.; Molina, C. H.; Molina, E. J. y Melo, I. D. (2009). Estimación de biomasa aérea y desarrollo de modelos alométricos para *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles de alta densidad en el valle del Cauca, Colombia. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*. 58(32):39.
- Ávila, G.; Jiménez, F.; Beer, J.; Gómez, M. e Ibrahim, M. (2001). Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 8(30):32-41.
- Beer, J.; Harvey, C.; Ibrahim, M.; Harmand, J. M.; Somarraba, E. y Jiménez, F. (2003). Servicios Ambientales de los Sistemas Agroforestales. *Agroforestería en las Américas*. 10(37-38):80-87.
- CNA (2004). *Boletín informativo climatológico*. Colima. México.
- Fisher, M. J.; Rao, I. M.; Ayarza, C. E.; Lascano, C. E.; Sanz, J. I.; Thomas, R. J. y Vera, R. R. (1994). Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. *Nature*. 31:236-238.
- Fondo Nacional del Ambiente (FONAM). (2006). *El cambio climático*. (En línea): FONAM, (<http://www.fonamperu.org/general/cambio.asp> (Consultado el 29 de agosto de 2010)).
- Frangi, J. L. y Lugo, A. E. (1985). Ecosystem dynamics of a subtropical floodplain forest. *Ecological Monographs*. 55:351-369.
- Giraldo, A.; Zapata, M. y Montoya, E. (2006). Estimación de la captura de carbono en silvopastoreo de *Acacia mangium* asociada con *Brachiaria dyctioneura* en Colombia. *Pastos y Forrajes*. 29:421.
- Giraldo, A.; Zapata, M. y Montoya, E. (2008). Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la zona Andina Colombiana. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 16(4):241-245.
- Hernández, A.; Marentes, F. L.; Vargas, D.; Ríos H. y Padrón, F. (2008). Características de los suelos y sus reservas de carbono en la finca la colmena de la Universidad de Cienfuegos, Cuba. *Cultivos Tropicales*. 29 (2): 27-34.
- Ibrahim, M.; Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G.; Vega, P.; Casasola, F. y Rojas, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*. 45:27-36.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2000). IPCC Special Report: Land use, land use change and forestry. *S. N. T.*
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2003). Good Practice Guidance for Land Use, Special Report: Land-Use Change and Forestry. *S. N. T.*
- MacDiken, K. (1997). *A Guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects*. Arlington, VA, US, Winrock International. 87 pp.
- Medina, M. G.; Lamela, L. y García, D. E. (2005). Comportamiento del estrato herbáceo de una asociación de *Morus alba* con *Panicum máximum*. *Pastos y Forrajes*. 28(4):291-297.
- Miranda, T.; Machado, R.; Machado, H. y Duquesne, P. (2007). Carbono secuestrado en ecosistemas agropecuarios cubanos y su valoración económica. Estudio de caso. *Pastos y Forrajes*. 30(4):483-491.
- Miranda, T.; Machado, R.; Machado, H.; Brunet, J. y Duquesne, P. (2008). Valoración económica de bienes y servicios ambientales en dos ecosistemas de uso ganadero. *Zootecnia Tropical*. 26(3):187-189.
- Molina, C. H. y Uribe, F. (2005). *Experiencia de producción limpia de ganaderías en pastoreo*. III Seminario Internacional sobre competitividad en carne y leche. Cali, Colombia. 157 pp.
- Montgomery, D. C. (2004). *Control estadístico de la calidad*. Editorial Limusa Wiley. Tercera edición. México. 797 pp.
- Ortiz, A.; Riascos, L. y Somarriba, E. (2008). Almacenamiento y tasas de fijación de biomasa y carbono en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*). *Agroforestería en las Américas*. 46:26-29.
- Padilla, C. y Curbelo, F. (2005). Dos métodos de plantación en el establecimiento de yerba elefante CT-115 (*Pennisetum purpureum*). *Revista Cubana Ciencias Agrícolas*. 39(2):219-227.
- Razz, R.; Clavero, T.; Combellas, J. y Ruiz, T. (2004). Respuesta productiva y reproductiva de vacas doble propósito suplementadas con concentrado pastoreando *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*. *Revista Científica FCV-LUZ*. 14(6):526-529.

- Roncal-García, S.; Soto-Pinto, L.; Castellanos-Albores, J.; Ramírez-Marcial, N. y Jong de, B. (2008). Sistemas agroforestales y almacenamiento de carbono en comunidades indígenas de Chiapas México. *Interciencia*. 33(3):200-206.
- Ruiz, T. E.; Castillo, E.; Alonso, J. y Febles, G. (2008). Algunos factores que influyen en la producción de biomasa en sistemas silvopastoriles en el trópico. *IV Reunión Nacional Sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles*. Colima, México. p. 347-361.
- Salgado, L. (2004). *El mecanismo de desarrollo limpio en actividades de uso de la tierra, cambio de uso y forestería (LULUCF) y su potencial en la región latinoamericana*. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos. CEPAL-Serie Medio ambiente y desarrollo. Santiago de Chile. 84 pp.
- Sepúlveda, L.C. e Ibrahim, M. (2009). *Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central*. Serie técnica. Informe técnico No. 377. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 270 pp.
- Senra, A.; Valdés, G.; Pozo del, P. y Rodríguez, I. (2004). El pastoreo Voisin: Reflexiones acerca de su aplicación. *Revista Asociación Cubana de Producción Animal (ACPA)*. 2:41.
- Shibu, J. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforest Systems*. 76:10.
- Snowdon, P.; Raison, J.; Keith, H.; Montagu, K.; Bi, K.; Ritson, P.; Grierson, P.; Adams, M.; Burrows, W. y Eamus, D. (2001). *Protocol for sampling tree and stand biomass*. National Carbon Accounting System, Technical Report No. 31. 114 pp.
- Soca, M.; Francisco, A. G.; Simón, L. y Roche, R. (2003). Producción animal y biodiversidad en un sistema silvopastoril de formación natural. *Pastos y Forrajes*. 26(4):321-327.
- Statistix. (1998). *Statistix analytical software*. Barland. Internacional Inc. Tallase, Florida USA.
- Torres-Rivera, J. A.; Espinoza, W.; Krishnamurty, L. y Vázquez-Alarcón, A. (2011). Secuestro de carbono en potreros arbolados, potreros sin árboles y bosque caducifolio de Huatusco, Veracruz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13(3):543-549.
- Vine, E.; Sathaye, J. y Makundi, W. (1999). *Guidelines for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of forestry projects for climate change mitigation*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. 125 pp.
- Zizumbo, B. D.; Cárdenas-López, R. y Piñero, D. (2002). Diversity and phylogenetic analysis in *Cocos nucifera* L. In México. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 49: 237-245.

Recibido: Enero 13, 2012

Aceptado: Noviembre 20, 2012