

**Daily weight gain sheep feeding with Taiwan grass
(*Pennisetum purpureum*) supplemented with diverse protein
sources**

González-Garduño, R.; Torres-Hernández, G. y Arece-García, J. / 3-20

**Variability of soils and crop water requirement of banana
in a locality in the Mexican Pacific coast**

Cigales, M. y Pérez, O. / 21-31

**Quality and yield in carcass of lambs in grazing
supplemented with fermented sugar cane**

Frías, J. C.; Aranda, E. M.; Ramos, J. A.; Vázquez, C. y Díaz, P. / 33-44

**Program of Sustainable Fertilization for the Sugar Factory
'Benito Juarez' in Tabasco, Mexico**

Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Zavala-Cruz, J.;
Lagunes-Espinoza, L. C.; Castelán-Estrada, M.; Ortiz-García, C. F.;
Juárez-López, J. F.; Ruiz-Rosado, O.; Armida-Alcudia, L.;
Rincón-Ramírez, J. A. y Córdova-Sánchez, S. / 45-65

Spectroscopic characterization of organic amendments

Zambrano, A. J.; Contreras, F. A.; Paolini, J. E. y Rivero, C. / 67-85

**Indicators to evaluate the social impact of the
farmer production's showcases**

Sanginés, E. / 87-105

Editorial

En este 2011 cumplimos ocho años, de nuestra segunda época, de estar circulando como revista científica, en versión impresa; por ello, sostenemos el criterio de que *Avances en Investigación Agropecuaria* (REVAIA) ha creado un espacio firme, sólido, esperanzador, ante un futuro comúnmente incierto en México, ante el desafío de generar ciencia en un país con un ambiente académico y socialmente heterogéneo.

En el XX Aniversario de la revista hermana, *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas* (ESCC), reflexionábamos sobre varios aspectos que tenían las publicaciones universitarias; en ese entonces, decíamos que un elemento indispensable para mantener una propuesta editorial —como la realizada por REVAIA— necesitaba tener *consistencia*; entendiéndose a ésta como el mantenimiento del trabajo por un tiempo prolongado, pasando de un impulso de unos cuantos a un trabajo colectivo, con la finalidad de institucionalizar este proyecto y tener un producto de calidad a largo plazo.

Y, precisamente, también en este 2011, coincide en que los colegas que editan *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas* (ESCC) celebran 25 años de esfuerzo continuado. Desde este espacio, queremos felicitarlos por su importante aniversario. Enhorabuena por su respetable trabajo, pues es una de las revistas más antiguas y prestigiadas de la Universidad de Colima, con relevancia nacional e internacional.

Asimismo, durante ese anterior festejo de aniversario de ESCC, analizábamos otro factor crucial: el fenómeno de la perdurabilidad, cuya estimación indicaba que el 75% de las revistas tenían una duración de aproximadamente cinco años; esto, debido a problemas económicos y de apoyo para su publicación.

Por lo antes descrito, hemos y seguimos sorteando los problemas económicos para cada edición; y, por otra parte, cada vez recibimos más apoyo académico e institucional para continuar con nuestra revista. Con ello se demuestra notoriamente que sí es posible desarrollar proyectos académicos consistentes y a largo plazo. Por ello, el hecho de que el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán” (INNSZ) apoye a REVAIA, representa una enorme satisfacción y privilegio, en virtud de su reputación nacional e internacional. Nos congratulamos ampliamente al recibir este apoyo que representa una sinergia de enorme valía para nuestra publicación.

Aunado a lo anterior, debo señalar que una tarea que nos hemos propuesto firmemente en REVAIA es ser puntual en su periodicidad; este comentario quizá será normal para la mayoría de revistas, pero creo que para muchas otras —en especial las del área latinoamericana— es un verdadero talón de Aquiles: me refiero a lograr la *puntualidad*

en la publicación; fenómeno que hemos venido cumpliendo desde hace tres años, con el volumen 13 número 1 del año 2009. Esos tres años han sido arduos para poder lograr la tan ansiada regularidad temporal de nuestra revista: salir a tiempo, como debe ser.

En este sentido, quiero dedicar este editorial a dos grandes colaboradores, sin menoscabo de aquellos otros que invierten su tiempo, dedicación y profesionalismo para que REVAIA sea una revista de calidad. Me refiero a Alberto Vega Aguayo, quien es responsable del programa editorial de la Dirección General de Publicaciones, y a Ma. Eugenia Rocha Zamora, coordinadora editorial de la revista; para ambos, un reconocimiento moral por tantos aportes que hemos recibido de ambos, ante tal vez un pago económico limitado.

En este sentido, las contribuciones de la Dirección General de Publicaciones han favorecido en la modificación del estilo de la revista; muestra de ello son, entre otras, las mejoras señaladas en las *Indicaciones para los autores*, razón por la cual, nos obliga a todos —como autores, árbitros, editores y colaboradores en general— a prestar mayor atención en cubrir las necesidades demandadas como muestra de nuestra entrega a este proyecto editorial y sello profesional de nuestra revista.

Por todo ello, es un orgullo brindarles este pequeño reconocimiento ante la comunidad académica a nuestros colaboradores: ellos han sido un dinamo para que REVAIA se mantenga con calidad y puntualidad. Estoy seguro que en esta ocasión, con motivo de este volumen 15, número 3 del año 2011, correspondiente al periodo septiembre-diciembre, lograremos editar la revista en menos tiempo y con mayor calidad; esto significa para nosotros acercarnos al desafío de tener la publicación en el primer mes de dicho periodo. La meta está cada vez más cerca.

Indudablemente, esa meta está aproximándose con mayor empuje y celeridad; así, corresponde a una comunidad comprometida con la revista y al reconocimiento que la misma sociedad científica le confía a este proyecto como vehículo del conocimiento generado. Continúa siendo una propuesta importante que cada vez va ganando mayor espacio y visibilidad. Mantendremos este espíritu, esa visión, esta filosofía de trabajo; la cual, hasta el momento, nos ha ayudado a ir consolidando este proyecto editorial.

Nuevos retos vamos asumiendo en el camino que busca realizar REVAIA y los seguiremos emprendiendo con entusiasmo y alegría, a pesar de las adversidades que no menguan nuestro andar.

José Manuel Palma García
Director, Rev. AIA

Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína

Daily weight gain sheep feeding with Taiwan grass (*Pennisetum purpureum*) supplemented with diverse protein sources

González-Garduño, R.;^{1*} Torres-Hernández, G.² y Arece-García, J.³

¹ Centro Regional Universitario del Sureste Universidad Autónoma Chapingo (UACH) Km 7 Carr. Teapa-R. Vicente Guerrero Teapa, Tabasco, México (C. P. 86800).

² Programa de Ganadería, Instituto de Recursos Genéticos y Productividad Colegio de Postgraduados Montecillo Estado de México, México (C. P. 56230).

³ Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" Central España Republicana. Matanzas, Cuba.

*Correspondencia: robgardu@hotmail.com

Resumen

El objetivo fue conocer la ganancia diaria de peso (gdp) y estimar el consumo de pasto Taiwán en ovinos suplementados con diferentes fuentes de proteína. Se realizaron tres estudios: en el primero, se utilizó pasta de coco (pcoco) (*Cocos nucifera*) y pcoco + bloques multinutricionales (bmn) que se proporcionaron a siete corderos, respectivamente; en el segundo, se proporcionó un alimento balanceado comercial a un grupo de ocho corderos y se suplementó con pcoco a otros ocho animales; y en el tercero, se suplementó con chícharo Gandul (cgandul) (*Cajanus cajan*) a cuatro hembras y cuatro machos y con pcoco a otros dos grupos similares. La investigación se realizó en Salto de Agua, Chiapas, México. Se registró el consumo diario por grupo y cada quince días se registró el peso vivo. El análisis estadístico de gdp se realizó con el procedimiento MIXED del SAS. Las gdp fueron mayores en el grupo con bmn (0.082

Abstract

The objective of this work was to know the daily weight gain (dwg) and estimate the food intake of Taiwan grass in sheep, supplemented with different sources of protein. Three studies were done: In the first assay, copra cake (cc) (*Cocos nucifera*) and cc + multinutritional blocks (mnb) were provided to seven lambs respectively; in the second assay a commercial balanced feed was supplied to eight lambs, and a group of eight lambs were supplemented with copra cake. In the third assay pigeon pea (pp, *Cajanus cajan*) was supplemented to four females and four males and copra cake to other two similar groups. This research was conducted in Salto de Agua, Chiapas, Mexico. In all studies the daily group intake and live weight were recorded every fifteen days. The dwg was analyzed with the MIXED procedure of SAS. The dwg in the mnb group was higher (0.082 ± 0.06 kg) than the group without mnb

± 0.06 kg) respecto al sin el bmn (0.045 ± 0.09 kg). La gdp de los corderos alimentados con pcoco fue 0.09 ± 0.02 Kg y los alimentados con pasto Taiwán + pcoco tuvieron 0.06 ± 0.03 Kg. Los corderos machos suplementados con pcoco tuvieron mejor gdp (0.09 ± 0.03 Kg) que machos y hembras suplementados con cgandul (0.03 ± 0.02 y 0.04 ± 0.02 Kg, respectivamente). El consumo se incrementó con la edad de los animales y mostró gran variación entre días. La suplementación con pcoco y bmn permiten incrementar las ganancias de peso de corderos estabulados.

Palabras clave

Cajanus cajan, bloques multinutricionales, consumo de alimento, pasta de coco.

(0.045 ± 0.09 kg). The dwg in the lambs fed copra cake was 0.09 ± 0.02 Kg and the ones fed Taiwan grass and supplemented with copra cake showed 0.06 ± 0.03 Kg d⁻¹. The male lambs supplemented with cc had better wdg (0.09 ± 0.03 Kg) than the male and female lambs supplemented with pp (0.03 ± 0.02 and 0.04 ± 0.02 Kg, respectively). The feed intake increased with animal age and showed a high variation between days. It was concluded that supplementation with cc and mnb increases the dwg in confined lambs.

Key words

Cajanus cajan, multinutritional blocks, food consumption, copra cake.

Introducción

La alimentación es uno de los elementos que determinan la viabilidad económica de las empresas ovinas (Hernández y Enríquez, 2004), y resulta especialmente importante en el sureste de México, donde la poca productividad de los animales se relaciona con el bajo valor nutritivo del forraje durante algunas épocas del año (García *et al.*, 2006), la escasez del mismo durante la época seca y, además, la alta prevalencia de parásitos gastrointestinales, que reducen aún más la productividad de los ovinos en pastoreo (Torres-Acosta y Hoste, 2008).

Los forrajes de corte han jugado un papel importante en la alimentación animal debido a la gran cantidad de materia seca que pueden producir, y porque se pueden aprovechar cuando existe escasez de forraje para pastoreo (Larbi *et al.*, 1991). En las últimas fechas, el aprovechamiento de este tipo de forrajes ha incluido una gran variedad de especies; de las cuales destacan el Taiwán, Merkerón, Elefante, Napier o Gigante (*Pennisetum purpureum*), el King grass (*Pennisetum purpureum* x *P. americanum*) y otras especies, como la caña japonesa (*Saccharum sinense*) e, incluso, la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Jiménez, 1989). El pasto Taiwán aporta energía y acumula biomasa rápidamente, pero su calidad nutritiva se reduce con la edad y disminuye drásticamente después de los 50 días (cerca de 7% de proteína cruda y 45 % de digestibilidad de la materia seca) (Santana *et al.*, 2010), lo que no permite cubrir los requerimientos nutricionales de los ovinos en crecimiento (Solís *et al.*, 1991). Por lo que se ha acostumbrado a combinarlos con fuentes de proteína que contribuyan a mejorar la productividad de los rumiantes (Hernández y Aranda, 2004; Kahindi *et al.*, 2007).

Existen varios estudios sobre el aprovechamiento de forrajes de corte combinados con especies arbustivas como la yuca (*Manihot sculenta*) en la alimentación de ovinos y ca-

bras (Eys *et al.*, 1987) y en combinación con leguminosas (Brown *et al.*, 1988) como: chícharo Gandul (*Cajanus cajan*), guamúchil (*Pithecellobium dulce*) (Kahindi *et al.*, 2007), guaje (*Leucaena leucocephala*), morera (*Morus spp*) (García *et al.*, 2006), co-coite (*Gliricidia sepium*) (Ríos *et al.*, 2005) y otras especies forrajeras (Hernández y Aranda, 2004). También se han utilizado otros ingredientes proteicos como las pastas de oleaginosas (Aregheore, 2006) y semillas de leguminosas (Tope *et al.*, 2010), con las cuales se ha mejorado la conversión alimenticia, al suplir la cantidad de proteína de la cual carecen los pastos, por lo que la combinación de un forraje de corte y una fuente proteica se han constituido en una alternativa para la planeación de los sistemas de producción en el trópico.

Una alternativa para mantener los niveles estables de nutrientes en el rumen, ha sido el uso de bloques multinutricionales (bmn), especialmente durante la época seca y en combinación con raciones de forrajes o residuos fibrosos de baja calidad, ya que con el bmn se suministran nutrientes en forma lenta de diversas fuentes: nitrógeno no proteico (nnp) como la urea, excretas o amoníaco de origen animal y puede incorporar otros elementos nutricionales, como carbohidratos solubles, minerales y proteína verdadera (Sánchez y García, 2001). Estos bloques, al ser de consistencia compacta, garantizan que su consumo sea limitado y paulatino; todo ello contribuye al funcionamiento más eficiente del ecosistema ruminal, aspecto fundamental en la nutrición de rumiantes (Pedraza y Pacheco, 2000).

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue conocer las ganancias diarias de peso y estimar el consumo de ovinos de pelo estabulados con una dieta basada en pasto Taiwán y diversas fuentes de proteína (pasta de coco, chícharo Gandul —*Cajanus cajan*— y bloques multinutricionales).

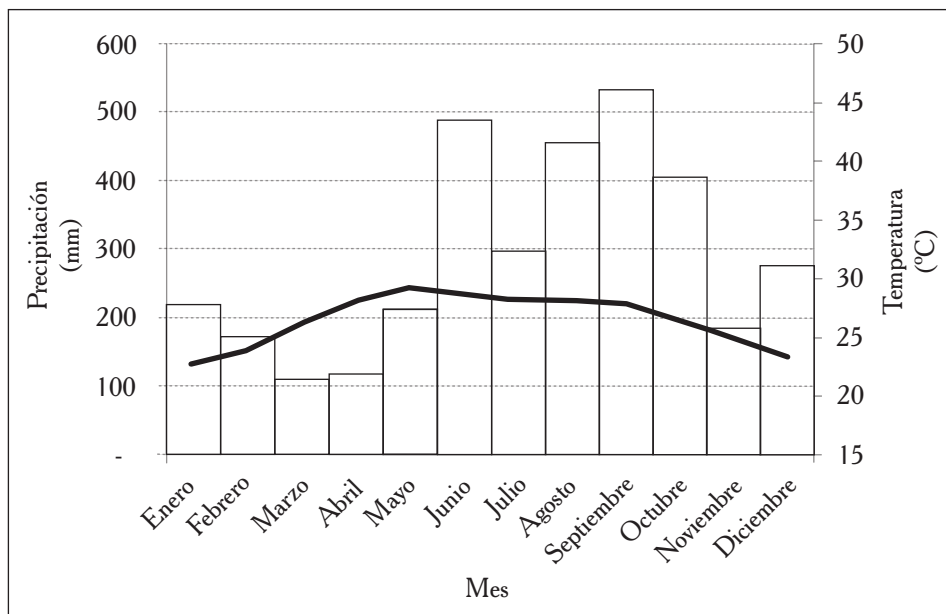
Materiales y métodos

Ubicación

El estudio se desarrolló en una unidad de producción de ovinos con un sistema de semipastoreo en Pueblo Nuevo, Municipio de Salto de Agua, Chiapas (México), a una altitud de 10 msnm y con coordenadas 17° 34' latitud Norte y 92° 20' longitud Oeste. El clima de la región es Af (m) w" (i')g; es decir, cálido húmedo con lluvias todo el año, con la precipitación del mes más seco superior a 60 mm y un porcentaje de lluvia invernal entre 10.2 y 18, con régimen de lluvias en verano y presencia de canícula; la temperatura promedio anual es de 26.6°C y la precipitación de 3,289.1 mm (figura 1).

Figura 1

Precipitación y temperatura media mensual registrada en la estación meteorológica 7141 de Salto de Agua, Chiapas.



Fuente: García (1988).

Ensayo I. Suplementación bloques multinutricionales (bmn)

Se formaron dos grupos de siete corderos machos Pelibuey comercial, con un peso promedio inicial de 22 kg, los cuales se mantuvieron en estabulación después de haber sido desparasitados con levamisol (7.5 mg kg⁻¹). Diez días antes de iniciar la toma de datos, se sometieron a un periodo de adaptación a la dieta y el primero de septiembre de 2007 se comenzó a registrar el consumo diario por grupo y el peso de los corderos cada quince días. A los dos grupos se les ofrecieron diariamente 25 kg de pasto Taiwán picado, repartido en dos ocasiones al día: una mitad por la mañana y la otra por la tarde. A mediodía se les proporcionaba a cada cordero 300 g de un alimento comercial elaborado por la empresa “Copreros de Tabasco”, que contenía al menos 60% de pasta de coco (16% de proteína cruda) y sólo a un grupo de corderos se les colocó un bmn *ad libitum*. A ambos grupos se les hacía un ajuste en el alimento ofrecido semanalmente, por lo que a los 30 días de iniciado el experimento se incrementó el alimento comercial a 500 g; y el consumo promedio en el periodo fue de 400 g.

Durante 53 días se registró el rechazo del pasto Taiwán 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. También se determinó el consumo del bmn por gru-

po y se estimó de manera individual. De la pasta de coco no se tuvo rechazo, por lo que el consumo se registró como el alimento ofrecido. Para esta variable se realizó una regresión lineal simple en el paquete *Excel*.

El bmn fue elaborado de forma artesanal en el Centro Regional Universitario del Sureste (CRUSE) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) y su composición fue: melaza de caña de azúcar (32%), harina de cocohite (*Gliricidia sepium*) (32%), calhidra (14.5%), urea (10.7%) y sales minerales (10.8%). Esta fórmula se utilizó de manera convencional en la suplementación de bovinos de carne, por lo que se decidió probarla en ovinos.

Ensayo II. Alimentación con pasto Taiwán y pasta de coco

Este ensayo se inició en noviembre de 2007. Se formaron dos grupos de ocho corderos machos Pelibuey comercial de 26.5 kg que se desparasitaron con levamisol (7.5 mg kg⁻¹) y se mantuvieron en estabulación. El primer grupo recibió pasto Taiwán picado (2.5 - 3.125 kg animal día⁻¹) y durante todo el periodo de engorda se les proporcionaron 500 g de pasta de coco por cordero, por día. El segundo grupo de corderos se mantuvo con una dieta de alimento balanceado comercial elaborado por la empresa "Copreros de Tabasco" (16% de proteína cruda) y 0.13 Kg de pasto Taiwán picado por cordero solo, para favorecer la rumia. Estos animales recibieron inicialmente 0.8 kg de alimento, pero posteriormente se hizo un ajuste en la cantidad de alimento y, a partir del 26 de noviembre, se les incrementó a 1.0 kg. Quince días antes de finalizar el estudio no fue posible conseguir el alimento balanceado comercial y se les proporcionó pasta de coco en las cantidades habituales. Durante 57 días se registró el rechazo del pasto Taiwán y el de pasta de coco; y con estos valores se calculó el consumo diario por grupo y se estimó el consumo individual, dividiendo el consumo de grupo entre el número de corderos. Mediante regresión se obtuvo la mejor curva de ajuste en el paquete *Excel*.

Ensayo III. Suplementación con pasta de coco y chícharo Gandul (cgandul)

Este ensayo se realizó en marzo de 2008 con un lote de 16 corderos Pelibuey comercial (ocho hembras de 16.2 kg; y ocho machos de 21.4 kg en promedio) con los cuales se formaron cuatro grupos de cuatro corderos. Todos los animales se desparasitaron con levamisol (7.5 mg kg⁻¹) al inicio del experimento y se mantuvieron en estabulación durante un periodo de 44 días. A los cuatro grupos se les ofrecieron de 2.5 a 4.0 kg (por día) de pasto Taiwán picado, de acuerdo a una estimación del consumo previamente realizado. Al grupo I (cuatro hembras) y II (cuatro machos) se les proporcionaron 200 g de pasta de coco por cordero (por día) durante todo el periodo; mientras que a los grupos III (cuatro hembras) y IV (cuatro machos) se les proporcionaron 120 g de cgandul deshidratado (follaje, vainas y granos).

Durante los 44 días se registró la cantidad de forraje y suplemento ofrecido y también se pesó el rechazo del pasto, de la pcoco y del cgandul, con lo cual se calculó el consumo diario por grupo y se estimó el consumo individual dividiendo el consumo de grupo entre el número de corderos. En todos los ensayos se registró el peso vivo de los corderos cada quince días, con lo que se realizó el análisis de la información para ganancia diaria de peso (gdp) por animal.

Composición bromatológica de los alimentos

El pasto Taiwán se obtuvo de un cultivo establecido en mayo de 2005. En un estudio previo se determinó la composición del pasto cuando el rebrote tenía $131.6 \text{ cm} \pm 36 \text{ cm}$ de altura a los 56 días, con un promedio el crecimiento de $1.56 \pm 0.97 \text{ cm}$. La determinación de materia seca del pasto Taiwán se realizó durante tres meses ($n=57$) y se obtuvo un promedio de $22.3 \pm 5.9 \%$. La composición química la realizó la Unión Ganadera del estado de Tabasco (cuadro 1).

Para el caso de chícharo Gandul, se utilizó el follaje, vainas y semillas de plantas adultas, que se cortaron una vez que habían madurado las semillas. Se deshojaron y se secaron al sol durante tres días; a continuación se almacenaron para su posterior uso.

La composición del alimento comercial fue proporcionada por la empresa Copreos de Tabasco y el análisis de la pasta de coco se realizó en el laboratorio del INIFAP de Huimanguillo, Tabasco (cuadro 1).

Cuadro 1

Análisis proximal de los alimentos utilizados en los diferentes ensayos.

	Pasto Taiwán***	Pasta de coco**	Alimento de pasta de coco*	Chícharo Gandul****
MS (%)	23	87.8	88	93.1
Energía (Mcal kg ⁻¹)	1.8	3.2	2.6	
PC (%)	8.7	22.71	16	29.4
FC (%)	27.0	12.8	35.8	34.7
Ca (%)		0.22		
P (%)		0.66		
Cenizas (%)		8.37		6.8

* Análisis obtenido por la empresa "Copreos de Tabasco".

** Análisis realizado por el INIFAP de Huimanguillo, Tabasco.

*** Análisis realizado por la Unión Ganadera Regional de Villahermosa, Tabasco.

**** Follaje. Composición obtenida de Brown y Chavalimu (1985).

Análisis estadístico

Los datos de consumo para los tres ensayos se graficaron y se realizó regresión lineal en el paquete *Excel*, y debido a que no se contó con repeticiones no se consideró conveniente mostrar el análisis estadístico de esta variable.

Para el peso vivo y ganancia diaria de peso se utilizó el procedimiento MIXED del SAS (SAS, 1999), en donde las variables fijas fueron el tratamiento y el tiempo bajo el siguiente modelo de mediciones repetidas en el tiempo

$$Y_{ij} = \mu + A_i + T_j + A*T_{ij} + C_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Peso y ganancia diaria de peso. μ = Media poblacional. A_i = Tratamiento aplicado
 T_j = Tiempo ($j=1, \dots$, días). $A*T_{ij}$ = Efecto conjunto del tratamiento aplicado en el tiempo

C_k = Efecto aleatorio del individuo \sim NII ($0, \sigma^2$). $E_{ij} \sim$ NII ($0, \sigma^2$)

Resultados

Ensayo I. Suplementación con bloques multinutricionales (bmn)

La ganancia diaria de peso por cordero fue mayor ($P \leq 0.01$) en el grupo que recibió el bmn (0.08 ± 0.06 kg) respecto al grupo sin el bmn (0.05 ± 0.09 kg) y, tal como se esperaba, el consumo de alimento coincidió con la gdp registrada en el transcurso del estudio. Cuando se estimó el consumo total de materia seca (MS) por cordero (forraje + pasta de coco + bmn en su caso), se observó un mayor consumo en el grupo suplementado con el bmn, con un consumo de MS promedio de 1.18 kg día⁻¹; mientras que sin el bmn, el consumo de MS fue 1.13 kg día⁻¹.

El consumo estimado de pasto Taiwán por cordero fue, en promedio, 3.33 ± 0.12 kg de forraje verde por día (cuadro 2) con un intervalo de 2.9 a 3.5 kg, lo cual representó un consumo de 0.77 kg de materia seca por cordero, considerando que el pasto Taiwán posee (en promedio) un 77% de humedad, tal como se obtuvo en la determinación de materia seca (MS) y a lo citado en otra fuente de información (NRC, 2001).

En la regresión entre consumo y días se observó un incremento en el consumo de alimento total conforme transcurrió el tiempo ($P \leq 0.05$) con una tasa de 21 g por día transcurrido (Consumo = $0.02 * \text{día} + 22.69$).

Cuadro 2

Consumo de alimento, cambio de peso vivo y conversión alimenticia en corderos Pelibuey alimentados con pasto Taiwán, pasta de coco y bloques multinutricionales (bmn).

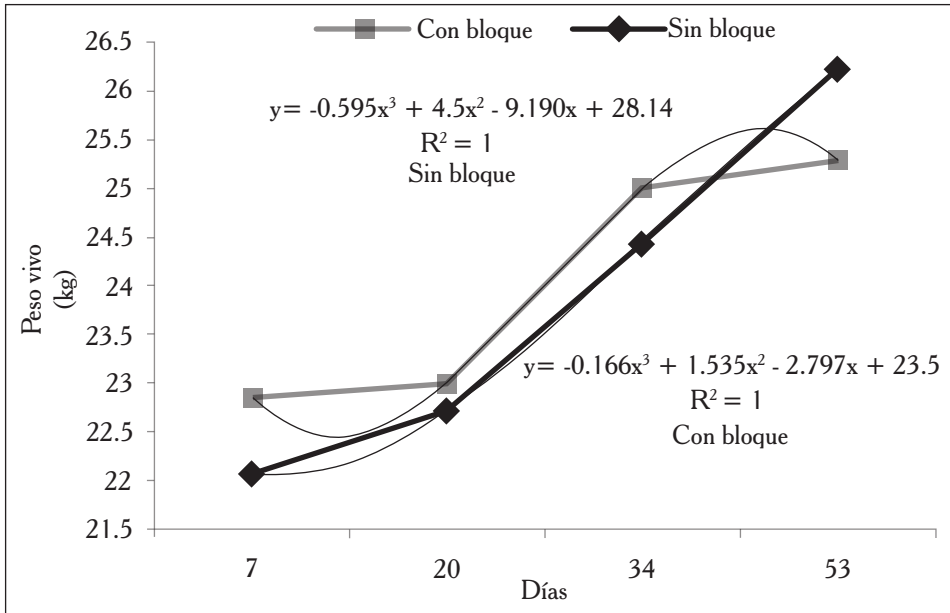
Variables	Sin bmn	Con bmn
Número de corderos (Grupo)	7	7
Peso inicial	22.9 ± 2.7	22.1 ± 3.9
Peso final	25.3 ± 3.1	26.2 ± 3.9
Cambio de peso	2.4	4.1
Días transcurridos	53	53
<i>Consumo</i>		
Pasto fresco de Taiwán (kg d ⁻¹)	3.36 ± 0.19	3.30 ± 0.18
Materia seca de Taiwán (kg d ⁻¹)	0.77 ± 0.04	0.76 ± 0.04
Bloques Multinutricionales (kg d ⁻¹)	0.0	0.06 ± 0.02
Pasta de coco (kg d ⁻¹)	0.4	0.4
Materia fresca total (kg d ⁻¹)	3.76 ± 0.19	3.76 ± 0.18
Materia seca total (kg d ⁻¹)	1.13 ± 0.007	1.18 ± 0.07
Materia seca individual (kg kg ^{0.75} d ⁻¹)	0.104	0.108
Ganancia diaria de peso (kg d ⁻¹)	0.05 ± 0.09 ^a	0.08 ± 0.06 ^b
Conversión alimenticia (kg MS alimento/ kg ganancia)	25.4	14.4

ab medias con letras diferentes entre columnas son diferentes (P≤0.05).

En cuanto al peso vivo de los corderos, aquellos animales que recibieron bmn tuvieron un comportamiento uniforme en su crecimiento y aun cuando iniciaron con un peso menor, al final del ensayo tuvieron un mayor peso que el grupo sin el bmn (figura 2).

Figura 2

Peso vivo de corderos de pelo alimentados con pasto Taiwán, pasta de coco y bloques multinutricionales.



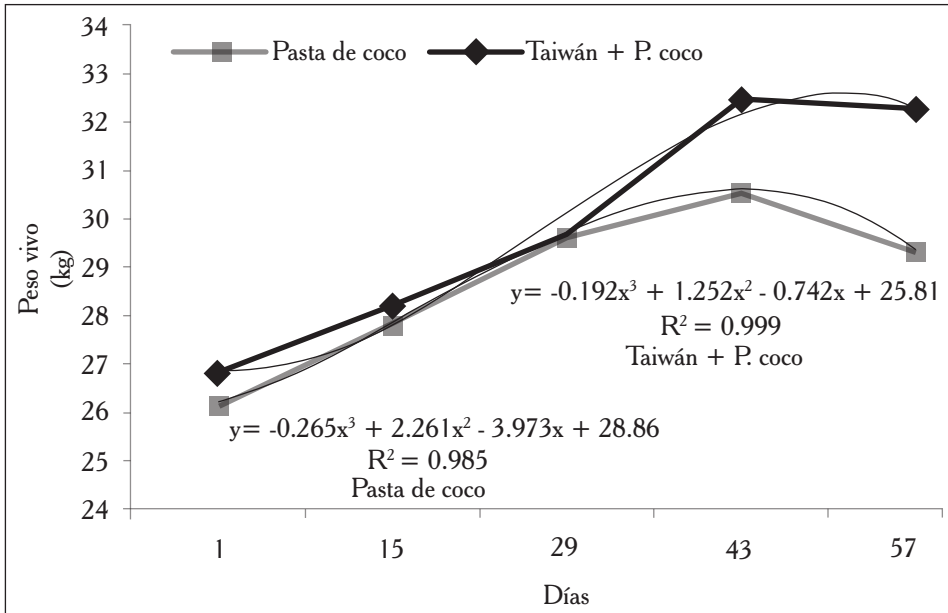
La conversión alimenticia en este ensayo fue muy alta en los animales sin bmn (25 kg de alimento por kg de ganancia de peso) y se puede notar que cuando se proporcionan nutrientes en forma concentrada, como son los bmn, la conversión se mejora (14.4:1).

Ensayo II. Alimentación con pasto Taiwán y pasta de coco

La ganancia de peso de los corderos alimentados con el alimento balanceado comercial de pasta de coco fue de 95 g y los alimentados con pasto Taiwán y suplementados con ese mismo alimento tuvieron 56 g por día. En ambos grupos se observó un incremento en la ganancia de peso del día 15 al 30 y, posteriormente, una reducción después de los 45 días originado por un cambio de alimento (figura 3).

Figura 3

Peso vivo de ovinos de pelo alimentados con alimento balanceado y con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con pasta de coco.



El tratamiento con pasto Taiwán picado, más el suplemento con pasta de coco, originó mayor consumo total de alimento por cordero (1.07 kg d^{-1}) con relación a aquellos alimentados sólo con el alimento basado en pasta de coco (0.86 kg d^{-1}). A pesar de que la aceptación del alimento era buena, el rechazo de este alimento fue cerca del 9% y, por lo tanto, el consumo por peso metabólico fue menor en la dieta sin forraje (cuadro 3).

Cuadro 3

Consumo de alimento, cambios de peso vivo y conversión alimenticia en corderos Pelibuey comercial alimentados con pasto Taiwán y pasta de coco.

Variables	Alimento con pasta de coco	Taiwán picado + Alimento con pasta de coco
Número de corderos	8	8
Peso inicial (kg)	26.81 ± 3.07	26.13 ± 3.47
Peso final (kg)	32.25 ± 5.94	29.31 ± 3.24
Cambio de peso (kg)	5.4	3.2
Días transcurridos	57	57
Forraje ofrecido por cordero (kg)	0.13	2.66 ± 0.3
Forraje rechazado por cordero (kg)	0.00	0.26 ± 0.19
Pasta de coco ofrecida por cordero (kg)	0.95	0.50
Pasta de coco rechazada por cordero (kg)	0.09 ± 0.09	0.00
<i>Consumo</i>		
Materia seca de forraje (kg d ⁻¹)	0.03	0.55
Materia seca individual total (kg d ⁻¹)	0.86 ± 0.14	1.07 ± 0.70
Materia seca individual (kg PV ^{0.75} d ⁻¹)	0.068	0.088
Ganancia de peso general (kg d ⁻¹)	0.09 ± 0.02 ^a	0.06 ± 0.03 ^b
Conversión alimenticia (kg MS alimento/kg ganancia)	9.0	19.2

ab medias con letras diferentes entre columnas son diferentes ($P \leq 0.05$).

Como reflejo de las ganancias de peso, el peso vivo individual se comportó de manera similar. A los 29 días de iniciado el experimento, ambos grupos tuvieron un peso similar; cuando se realizó el ajuste de alimento, los animales alimentados con pasta de coco incrementaron su peso y, finalmente, ambos grupos disminuyeron su peso cuando se les cambió el alimento a pasta de coco sola (figura 3).

Ensayo III. Suplementación con pasta de coco y chícharo Gandul (cgandul)

En la ganancia de peso utilizando como suplemento el cgandul se observó una interacción significativa entre el tipo de suplemento y el sexo de los animales ($P \leq 0.01$). Los machos que recibieron pcoco tuvieron mayores ganancias de peso (0.09 ± 0.03) que las hembras y machos suplementados con forraje seco de chícharo Gandul y también que las hembras que recibieron pcoco, las cuales tuvieron las menores ganancias (cuadro 4) de todos los tratamientos.

En el consumo estimado por cordero, se observó que aquellos suplementados con pcoco consumieron más alimento que aquellos a los que se les proporcionó cgandul (0.87 ± 0.13 vs 0.80 ± 0.13 kg MS día⁻¹, respectivamente) y los machos tuvieron mayor consumo que las hembras (0.92 ± 0.012 y 0.75 ± 0.08 kg MS día⁻¹, respectivamente).

Cuadro 4

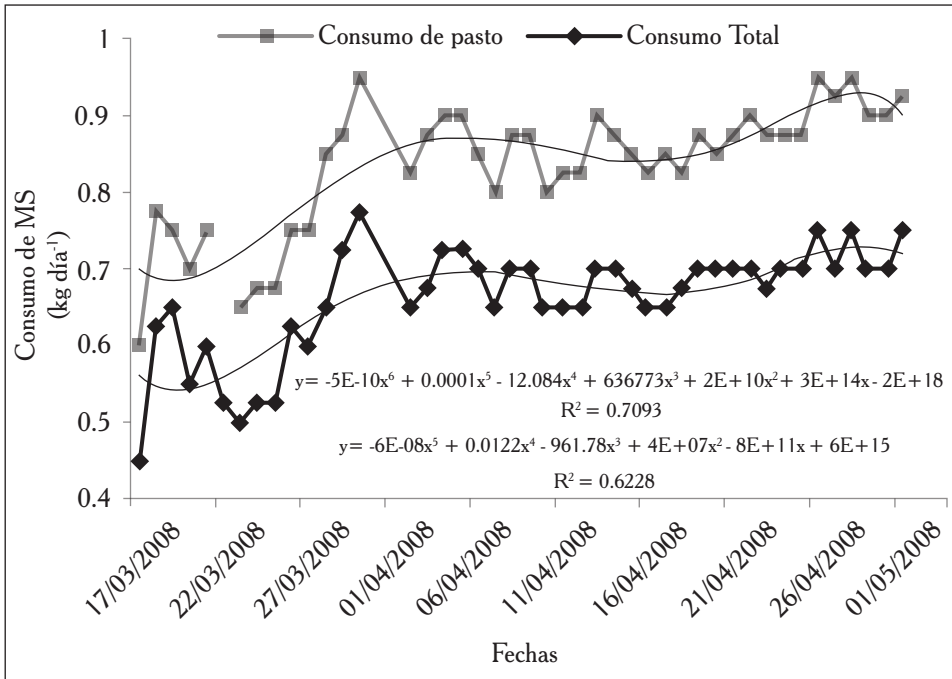
Consumo de alimento, cambios de peso vivo y conversión alimenticia en corderos Pelibuey comercial alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*), pasta de coco (*Cocos nucifera*) y chícharo Gandul (*Cajanus cajan*).

Variables	Pasta de coco		Chícharo Gandul	
	Machos	Hembras	Machos	Hembras
Número de corderos	4	4	4	4
Peso inicial (kg)	21.8±3.40	16.0±4.24	21.0±3.36	16.5±1.29
Peso final (kg)	25.8±3.20	16.8±4.57	21.9±3.07	18.5±1.73
Cambio de peso (kg)	4.0	0.8	0.9	2.0
días transcurridos	44	44	44	44
<i>Consumo</i>				
Materia seca de pasto (kg d ⁻¹)	0.72±0.12	0.58±0.05	0.76±0.10	0.59±0.05
Materia seca de suplemento (kg d ⁻¹)	0.20	0.19±0.03	0.10±0.02	0.10±0.02
Materia seca total (kg d ⁻¹)	0.95±0.13	0.79±0.07	0.88±0.11	0.71±0.08
Materia seca individual (kg PV ^{0.75} d ⁻¹)	0.088	0.097	0.088	0.082
Ganancia de peso general (kg d ⁻¹)	0.09±0.03 ^a	0.02±0.02 ^b	0.03±0.02 ^b	0.04±0.02 ^b
<i>Conversión alimenticia</i>				
(kg MS alimento/ kg ganancia)	10.0	52.7	35.2	16.9

El consumo se fue incrementando con el tiempo y, como se muestra en la figura 4, hubo mucha variación entre días. Ello, debido a que el suplemento fue fijo, el consumo total mostró similar tendencia que el de pasto Taiwán, el cual fue el principal ingrediente de la dieta de los corderos estabulados.

Figura 4

Consumo de alimento de corderos Pelibuey en estabulación y alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) picado y suplementados con pasta de coco (*Cocos nucifera*) y follaje seco de chícharo Gandul (*Cajanus cajan*).



Discusión

Se pudo notar que el consumo de Pasto Taiwán fue similar tanto en el grupo de corderos que recibieron bmn como en el que no se les proporcionó. Sin embargo, los corderos que recibieron el bmn tuvieron mayor consumo estimado y las mejores ganancias de peso, además de que registraron menor variabilidad en la gdp, lo cual fue atribuido a la menor competencia entre ellos por el alimento, ya que el bmn brindó la oportunidad de que los animales que consumían menos por competencia pudieran disponer del bmn ubicado fuera del área de comederos; ello permitió un consumo permanente de nutrientes que mejoró estas variables productivas. El aumento en la ganancia de peso por efecto de los bloques se ha indicado en muchos estudios desde hace ya algún tiempo (Osuna *et al.*, 1996; Fernández *et al.*, 1997), especialmente cuando se proporciona a animales con dietas proporcionadas en épocas críticas.

Las ganancias obtenidas con el bmn (0.082 kg) fueron superiores a las indicadas por varios autores, quienes al ofrecer sólo pasto y bmn obtuvieron de 0.032 a 0.065 Kg d⁻¹ por cordero (Robleto *et al.*, 1992; Osuna *et al.*, 1996). Sin embargo, estos valores

no son comparables, porque en este caso, se proporcionaron 400 g de alimento comercial a ambos grupos, lo que pudiera explicar las mejores ganancias de peso registradas. Ganancias de peso parecidas a las de este estudio, se indicaron en ovinos suplementados con bloques multinutricionales con 50% de proteína cruda a base de melaza, urea, pulido de arroz y harina de pescado (78 g animal d⁻¹; Fernández *et al.*, 1997).

Los corderos que recibieron la dieta completa de alimento balanceado comercial de los “Copreros de Tabasco” tuvieron un menor consumo de materia seca y mayor ganancia de peso que aquellos animales que tuvieron una dieta mixta con pasto Taiwán y suplemento del mismo alimento comercial. Al inicio del experimento, las ganancias de peso fueron inferiores en el grupo alimentado exclusivamente con el alimento comercial, al grado que a los 30 días llegaron a tener un promedio de peso vivo similar. Sin embargo, al hacer el ajuste de consumo de alimento y proporcionar mayor alimento, se incrementaron nuevamente las ganancias. Para este tipo de alimentos se debe de permitir un rechazo superior al 10% para no afectar el consumo, ya que el desecho está constituido de la cascarilla dura de la pasta de coco que no es aprovechada por el animal; y este ajuste no se consideró en un principio, lo que seguramente repercutió en las ganancias de peso de los primeros 30 días. En este sentido, existen resultados que indican que una sobreoferta permite a los animales un mayor consumo por la elección que realizan del alimento (Vargas *et al.*, 1993).

El consumo de alimento del segundo ensayo fue muy parecido a lo encontrado en un estudio realizado en ovinos, en el cual, el consumo de pasto elefante (*Pennisetum purpureum*) fue de 46 g kg⁻¹ PV^{0.75} d⁻¹ (Larbi *et al.*, 1991), valor inferior al encontrado en el presente estudio (88 g kg⁻¹ PV^{0.75} d⁻¹) en los corderos alimentados con pasto Taiwán y suplementados con pasta de coco. Mientras que el consumo de la pasta de coco fue menor por peso metabólico (68 g kg⁻¹ PV^{0.75} d⁻¹). Esta misma tendencia se observó en cabras en crecimiento (Aregheore, 2006), ya que al alimentarlas con mayor cantidad de pasta de coco, redujeron el consumo de concentrado y también el de materia seca total (de 61.8 a 53.7 g kg⁻¹ PV^{0.75} d⁻¹).

La reducción del peso de los corderos después de los 43 días en el segundo ensayo, se atribuyó al cambio de alimento, ya que 15 días antes de finalizar el experimento no fue posible conseguir el alimento comercial de pasta de coco y se les ofreció pasta de coco sola, lo que ocasionó una reducción en el consumo, comportamiento que se ha indicado también en otro estudio en el que denomina a los ovinos como neofóbicos (Salas *et al.*, 2001).

Los efectos benéficos de la suplementación con pasta de coco se han indicado en un estudio en corderos Santa Cruz, en el cual se registró un incremento de peso superior (133 g) respecto a los corderos alimentados con pasto Guinea (-56 g) (Hammond y Wildeus, 1993). También, en cabras alimentadas con pasto Taiwán y un concentrado basado en pasta de coco, se lograron buenas ganancias de peso (109 g) al proporcionar 75% de concentrado y 25% de forraje de Taiwán (Aregheore, 2006). Conforme los animales recibieron mayores aportes de proteína y energía de una fuente como la pasta de coco, el consumo de MS se redujo y se incrementaron las ganancias de peso. Sin embar-

go, también existieron algunos problemas de consumo cuando los animales se alimentaron con pasta de coco, ya que en algunas ocasiones el rechazo de la pasta alcanzó hasta el 50%, sobre todo cuando tenía más de 15 días de comprada, ya que adquirió un olor ligeramente rancio y no fue bien aceptada por los animales, estos problemas de rancidez también se han indicado en otro estudio (Aregheore, 2006). Asimismo, un animal presentó problemas de urolitiasis.

La conversión alimenticia obtenida para este ensayo muestra que cuando se utiliza una dieta completa balanceada conteniendo pasta de coco, el valor de la conversión es mejor respecto a todos los demás tratamientos en los que se utilizaron altos niveles de pasto Taiwán. El valor obtenido (9:1) es comparable con el registrado en cabras cuando se usó una dieta con 50% de concentrado y 50% de pasto Taiwán (Aregheore, 2006); y en otro estudio, cuando se utilizó 30% de heno de pasto y 70% de granos (Fimbres *et al.*, 2002).

En el tercer estudio, y tal como se esperaba, los machos suplementados con pasta de coco tuvieron mayor ganancia de peso que las hembras alimentadas con la misma ración, comportamiento que está ampliamente documentado en ovinos (Partida *et al.*, 2009). Por otra parte, tanto machos como hembras suplementados con cgandul presentaron bajas ganancias de peso, lo cual posiblemente fue debido a la baja cantidad de suplemento proporcionado; por ello, se sugiere estudiar el efecto de niveles crecientes de sobreoferta de este producto. Se atribuye a la capacidad ruminal (Larbi *et al.*, 1991) que los corderos machos alimentados con pcoco y cgandul tuvieran similar consumo de Pasto Taiwán y a la menor disponibilidad de nutrientes del cgandul que este grupo tuviera menor gdp.

Uno de los factores que estuvo limitando el consumo de alimento y, por lo tanto, la gdp, fue la cantidad de forraje ofrecida, ya que el consumo fue inferior a lo indicado en otro estudio en corderos Santa Cruz, en el que el consumo de alimento total fue de 1,298 g de MS; de lo cual, 809 g de MS fueron de pasto Guinea (Hammond y Wildeus, 1993). En cabras lactantes en las que ofrecieron 200% de los requerimientos, el consumo de MS de pasto Taiwán fue de 1.21 kg por día (Brown *et al.*, 1988); aunque existe otro estudio que indica consumos de 600 a 700 g de MS de pasto Taiwán, más concentrado en cabras de 14 kg de Peso vivo (Aregheore, 2006).

En los tres ensayos, el consumo de pasto Taiwán mostró alta variación entre los días de estudio, lo cual seguramente ocurrió a consecuencia de la variabilidad existente en la cantidad de materia seca al momento del corte del pasto —tal como se observó durante los tres meses en que se evaluó la MS del pasto Taiwán— la MS dependía del tamaño y edad de los rebrotes (Santana *et al.*, 2010). Aunque no se descarta la influencia de las condiciones ambientales prevalecientes durante la cosecha de forraje.

Conclusiones

La suplementación con alguna fuente de proteína mejora el consumo de materia seca y permite mayores ganancias de peso en ovinos estabulados y alimentados con pasto Taiwán de corte.

Literatura citada

- 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.
- Brown, D. L. y Chavalimu, E. (1985). Effects of ensiling or drying on five forages species in western Kenya: *Zea Mays* (Maize stover), *Pennisetum purpureum* (Pakistan napier grass), *Pennisetum* sp. (Bana grass), *Impomea batata* (S. Weet potatop vines) and *Cajanus cajan* (Pigeon pea leaves). *Animal Feed Science and Technology.* 13:1-61.
- Brown, D.; Salim, M.; Chavalimu, E. y Fitzhugh, H. (1988). Intake, Selection, apparent digestibility and chemical composition of *Pennisetum purpureum* and *Cajanus cajan* foliage as utilized by lactating goats. *Small Rumin. Res.* 1:59-65.
- Eys van, J. E.; Pulugan, H.; Rangkuti, M. y Johnson, W. L. (1987). Cassava meal as supplement to Napier grass diets for growing sheep and goats. *Animal Feed Science and Technology* 18:197-207.
- Fernández, G.; San Martín, F. y Escurra, E. (1997). Uso de bloques multinutricionales en la suplementación de ovinos al pastoreo. *Rev Inv Pec IVITA.* 8(1):29-38.
- Fimbres, H.; Hernández-Vidal, G.; Picón-Rubio, J. F.; Kawas, J. R. y Lu, C. D. (2002). Productive Performance and carcass characteristics of lambs fed finishing ration containing various forage levels. *Small Rum. Res.* 43:283-288.
- García, D.; Noda, Y.; Medina, M.; Martín, G. y Soca, M. (2006). La morera: Una alternativa viable para los sistemas de alimentación animal en el trópico. *Av. en Inv. Agropecuaria.* 10(1):55-72.
- García, E. (1988). *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Cuarta edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 217 pp.
- Hammond, A. C. y Wildeus, S. (1993). Effects of coconut meal or fish meal supplementation on performance, carcass characteristics and diet digestibility in growing St. Croix lambs fed a tropical grass-based diet. *Small Rumin. Res.* 12:13-25.
- Hernández, A. y Enríquez, J. F. (2004). Producción y utilización de forrajes para la ovinocultura en el Trópico. En: Hernández-Sánchez (Comp.). *Producción de ovinos en zonas tropicales*. Villahermosa, Tabasco, México. Segunda Ed. Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Tabasco, A. C., ISPROTAB. Pp. 51-60.
- Hernández, D. y Aranda, E. M. (2004). Sistemas alternativos de producción ovina en el trópico. En: Hernández-Sánchez (Comp). *Producción de ovinos en zonas tropicales*. Villahermosa, Tabasco, México. Segunda Ed. Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Tabasco, A. C., ISPROTAB. 2004. Pp. 39-50.
- Jiménez, M.A. (1989). *La producción de forrajes en México*. UACH-FIRA. México, D. F. 100 pp.
- Kahindi, R. K.; Abdultazak, S. A. y Muinga, R. W. (2007). Effect of supplementing Napier grass (*Pennisetum purpureum*) with Madras thorn (*Pithecellobium dulce*) on intake, digestibility and live weight gains of growing goats. *Small Rumin. Res.* 69: 83-87.
- Larbi, A.; Fianu, F. K. y Akude, F. K. (1991). Voluntary intake and digestibility by sheep and goats of whole-plant, leaf and stem fractions of *Pennisetum purpureum* Schum. *Small Rumin. Res.* 6:217-221.
- National Research Council. (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. Seventh Revised Ed. Washington, D. C.: National Academy Press. 408 pp.
- Osuna, D.; Ventura, M. y Casanova, A. (1996). Alternativas de suplementación para mejorar la utilización de los forrajes conservados. II. Efecto de diferentes concentraciones de dos fuentes de energía en bloques nutricionales sobre el consumo y ganancia de peso de ovinos en crecimiento. *Rev. Fac. Agron. (LUZ).* 13:191 - 200.
- Partida de la P., J. A.; Braña, V. D. y Martínez, R. L. (2009). Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruza con Suffolk o Dorset. *Tec. Pecu. Méx.* 47(3):313-322.
- Pedraza, R. M. y Pacheco, L. (2000). Consumo voluntario y degradabilidad ruminal en ovinos suplementados con bloques multinutricionales con tres niveles de urea. *Rev. Prod. Anim.* 13 (2):87-88.
- 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.

- Robledo, L. A.; Guerrero, A. D. y Fariñas, T. (1992). Comparación de dos niveles de urea en bloque de melaza sobre la ganancia de peso en borregos criollos. *Livestock Research for Rural Development*. 4 (1).
- Salas, C. A.; San Martín, H. F. y Carcelén, C. F. (2001). Preferencia y consumo en ovinos y su relación con las características físicas de los bloques multinutricionales. *Rev. Inv. Vet. Perú*. 12(1).
- Sánchez, C. y García, M. (2001). Comparación de características productivas en caprinos con suplementación de bloques multinutricionales. *Zootecnia Tropical*. 19(3):393-405.
- Santana, A. A.; Pérez, L. A. y Figueredo, A. M. (2010). Efectos del estado de madurez en el valor nutritivo y momento óptimo de corte del forraje napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) en época lluviosa. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1(3):277-286.
- SAS Institute. (1999). *The SAS System for Windows*. Versión 8. SAS Institute. Inc. Cary, N. C. USA.
- Solís, R. G.; Castellanos, R. A. F.; Velázquez, M. A. y Rodríguez, G. F. (1991). Determination of nutritional requirements of growing hair sheep. *Small Rum. Res.* 4:115-125.
- Tope, A. F.; Remi, A. S.; Oluwafemi, O. J. e Idowu, B. (2010). Nutritive evaluation of some tropical under-utilized grain legume seeds for ruminant's nutrition. *Journal of American Science*. 6(7):1-7.
- Torres-Acosta, J. F. J. y Hoste, H. (2008). Alternative or improved methods to limit gastro-intestinal parasitism in grazing sheep and goats. *Small Rum. Res.* 77:159-173.
- Vargas, J. E.; Rodríguez, O.; Murgueitio, E. y Preston, T. R. (1992). Efecto del nivel de oferta del cogollo de caña sobre el consumo y el ecosistema ruminal en ovejas africanas. *Livestock Research for Rural Development*. 4 (1).

Recibido: Noviembre 28, 2009

Aceptado: Septiembre 14, 2011

Variabilidad de suelos y requerimiento hídrico del cultivo de banano en una localidad del Pacífico de México

Variability of soils and crop water requirement of banana in a locality in the Mexican Pacific coast

Cigales, M.^{1*} y Pérez, O.²

¹CUIDA-²FCBA, Universidad de Colima
Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo
Tecomán, Colima. México (C. P. 28100).
Tel. (312) 31 61000 Ext. 52553

*Correspondencia: mcigales@ucol.mx

Resumen

Con el objetivo de mejorar las estrategias de uso del agua de riego para el cultivo de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) en la localidad de El Colomo, Colima, México, se realizó tanto la caracterización *in situ* de los suelos como la identificación de los mismos, así como la estimación de la influencia de los factores climáticos y del suelo en los requerimientos hídricos de este cultivo; ello, mediante la utilización del programa de cómputo *CropWat* (versión 2002). Los resultados mostraron que los suelos presentan, en general, condiciones favorables para el cultivo de banano; sin embargo, es necesario considerar la variabilidad de las características físicas y químicas en la estimación de los requerimientos hídricos. Asimismo, se sugiere obtener de manera periódica y continua la información detallada de clima para generar estrategias de riego que fortalezcan la producción sostenible de banano en esta región.

Palabras clave

Clima, *Musa* AAA Gran Enano, riego, suelos.

Abstract

In order to improve the use of irrigation water for banana cultivation (*Musa* AAA cv. Gran Enano), a study was carried out to characterize the soils *in situ*, to identify reference soils, and to estimate the influence of climatic factors on the water requirements for cultivation of banana in the locality of El Colomo, Colima, Mexico, using the computer program *CropWat* (2002). Findings showed that the soils are well suited for banana production; however it is necessary to consider the variability and characteristics of their physical and chemical properties in order to estimate water requirements. The irrigation strategies to obtain a sustainable banana production system in the region might be improved by a continuous collection of climatic data.

Key words

Irrigation, *Musa* AAA Simmonds cv. Gran Enano, soils, weather.

Introducción

En el estado de Colima, México, las principales áreas de producción de banano se localizan en los municipios costeros de Tecomán, Armería y Manzanillo. Pérez (2004), indica que en esta región predominan los suelos Mollisoles, Inceptisoles, Entisoles y Vertisoles; entre ellos, se presenta una amplia variabilidad de sus características físicas, químicas y morfológicas, como son: color, textura, estructura, pH, reacción al HCl, consistencia y profundidad. Esta variabilidad se refleja en las diferencias en requerimientos nutricionales e hídricos entre pequeñas áreas productoras. Aunque estos suelos no presentan problemas de salinidad, Pérez (1999) advierte un riesgo de salinización y alcalinización debido a su naturaleza calcárea, al riego excesivo y a la baja calidad del agua (C_3S_1) aplicada.

El cultivo de banano requiere de suelos profundos, con texturas francas y estructuras que permitan un buen drenaje, con valores de pH ligeramente ácidos a levemente alcalinos y sin altos contenidos de carbonatos de calcio. Es una planta con una alta tasa de crecimiento, un sistema de raíces poco profundo y con débil fuerza de penetración en el suelo, pobre capacidad para extraer agua, alto consumo de agua; posee baja resistencia a la sequía y rápida respuesta fisiológica al déficit de agua. Debido a estos factores, requiere un abundante y constante suministro de agua para una producción óptima. Robinson (1995), estima que el uso consuntivo del cultivo de banano, en regiones con climas cálido-secos, es de aproximadamente $1,300\text{mm año}^{-1}$.

En general, las regiones productoras se encuentran en altitudes que van de 0 a 300 msnm, donde predominan climas cálidos; en regiones con climas cálido-secos, el patrón de lluvias es, en muchos casos, errático; en consecuencia, los periodos prolongados de sequía son uno de los mayores factores de riesgo para la productividad (Van *et al.*, 2011).

La región de estudio, se ubica en una altitud de 8 msnm, la precipitación pluvial anual es en promedio de 972.1 mm año^{-1} de la cual, aproximadamente 94%, se concentra en el periodo de junio a octubre, aunque se considera como precipitación efectiva solamente el 70%. El ciclo del banano, en esta zona, comprende el periodo de junio a marzo, por lo que es necesario aplicar riego para satisfacer a tiempo sus requerimientos hídricos (Orozco y Pérez, 2006).

Algunos estudios han puesto en evidencia que el suministro insuficiente de agua en ciertas etapas fenológicas, afecta negativamente parámetros de la producción, como: el peso de los racimos, el número de manos en el racimo, el peso de las manos y el número de frutos del racimo (Costa *et al.*, 2009). Aunque en la región de estudio la precipitación pluvial es errática, otras condiciones ambientales favorecen el cultivo cuando se le aplica riego; sin embargo, el rendimiento promedio de 22.5 Ton ha^{-1} es considerado bajo. Pérez *et al.* (2007), señalan que el manejo inadecuado del agua de riego es un factor que limita la productividad de las huertas.

Para hacer un uso eficiente del agua de riego que disminuya significativamente el riesgo de salinización y optimice la producción, es necesario determinar la cantidad y el momento de aplicación del agua, considerando factores tales como: la etapa fenológica del cultivo, el

tipo de suelo y el patrón de distribución de las lluvias. Un obstáculo para mejorar el uso del agua es que la información referente al clima —en la mayor parte de la región— está incompleta y no se utiliza de manera sistemática en las recomendaciones de riego; además, no se reportan estudios de caracterización de suelos que permitan estimar la cantidad de agua que retienen y la que se pierde por infiltración. Por lo antes expuesto, el objetivo de este trabajo fue obtener información de las características de los suelos representativos de esta zona y relacionarla con la información climatológica disponible, para estimar su influencia en el requerimiento hídrico del banano en una localidad del Pacífico de México.

Materiales y métodos

Área de estudio. El Colomo se localiza en el municipio de Manzanillo, Colima, en la parte central de la costa oeste de México, en una de las principales regiones productoras de banano (*Musa* AAA cv. Gran Enano) en el país. Las coordenadas geográficas son: 19° 02' 40" Latitud Norte y 104° 19' 08" Longitud Oeste; su altitud es de 8 msnm; la temperatura media anual de 26°C. La humedad relativa es de 75%; la evapo-transpiración calculada (utilizando la ecuación de Penman-Monteith) es de 4.4 mmd⁻¹; la velocidad del viento, de 176 km día⁻¹, con siete horas de insolación; y la radiación solar media en el año es de 18.4 Mj m² día⁻¹ (Orozco y Pérez, 2006). El clima en la región está clasificado como tipo AW₁ cálido subhúmedo, con lluvias en verano (García, 1987) y precipitación media anual de 972.1 mm.

Selección de los sitios representativos. Para seleccionar los suelos representativos del cultivo de banano en el área de estudio, se trazaron transectos horizontales y verticales de cinco por quince kilómetros en el área de estudio; y dentro de cada transecto, un cuadrado de cinco por cinco metros. En los cuadros trazados se realizaron perforaciones con el propósito de medir la profundidad del manto freático y determinar la presencia de capas endurecidas, el pH y el color del suelo.

Con base en esta primera información y a observaciones de algunos productores, con relación al potencial de producción, se seleccionaron 11 sitios representativos de la región. Éstos, fueron localizados con el apoyo de fotografía aérea a escala de 1:20,000 y mapas edafológicos a escala 1:50,000 del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI). En cada sitio se excavó un pozo y se describió el perfil del suelo, de acuerdo con la metodología para campo recomendada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1992). Se describieron, *in situ*, las siguientes características: profundidad, textura al tacto (Thien, 1979), color en húmedo (Tabla Munsell), estructura (Climo, 1982), pH y conductividad eléctrica con medidores portátiles (Corning pH Meter 3D y Hach, respectivamente) y reacción al HCL 1 N, para detectar la presencia de carbonato de calcio (Holmgren, 1973).

Identificación de los suelos de referencia. Posterior a las descripciones en campo, se tomaron muestras de los horizontes de los respectivos perfiles y con ellas se llevaron a cabo determinaciones complementarias en laboratorio que permitieron identificar los tipos de suelo de referencia. Las muestras se secaron al aire, bajo sombra y se tamizaron a través de una malla de 2 mm antes de realizar las siguientes determinaciones: conduc-

tividad eléctrica (Chavira y Castellanos, 1987); pH en una proporción 1:1 suelo/agua (Maclean, 1982); contenido de materia orgánica con el procedimiento modificado de Walkely-Black (Schnitzetr, 1982); textura por el método del hidrómetro de Bouyucos y contenido de carbonato de calcio, según Enríquez (1987). Los análisis se realizaron en el laboratorio del Campo Experimental Tecomán-INIFAP. La identificación final de los suelos de referencia se realizó utilizando la taxonomía propuesta en el sistema bicategorico de la FAO (1988).

Cálculo de los requerimientos hídricos. Para calcular los requerimientos hídricos del cultivo bajo las condiciones ambientales de El Colomo, se utilizó el programa de cómputo *CropWat* versión para *Windows 4.2* (CropWat, 2001). Para cada tipo de suelo de referencia se introdujeron al programa los datos de las variables climatológicas y variables relativas al cultivo (cuadro 1). La información climatológica se tomó con base en los registros diarios disponibles en el último periodo de 50 años en la estación de Manzanillo, Colima, proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

Cuadro 1

Variables utilizadas por el programa *CropWat* para calcular requerimientos hídricos según el tipo de suelo en El Colomo, Colima, México.

Variables climáticas	Variables del cultivo		
Temperatura (máxima y mínima)	Etapas Fenológicas	Coficiente de Uso Consuntivo (kc)	Profundidad de raíces
	Vegetativa(63 días)	0.5	30 cm
Precipitación	Vegetativa (123 días)	1.0	30 cm
Humedad relativa	Floración (183 días)	1.0	30 cm
Velocidad del viento	Desarrollo del fruto (245 días)	0.8	30 cm
Evaporación			
Horas de insolación			

Resultados

Selección y descripción del perfil del suelo en los sitios representativos. En el cuadro 2 se presentan los resultados de la descripción en campo de los 11 sitios seleccionados, correspondiente a los primeros 40 cm del perfil del suelo; aunque, para fines de clasificación, se efectuó la identificación de horizontes en el perfil completo. En general, el terreno es plano, con pendientes menores a 1% y suelos profundos, sin problemas de salinidad y con valores de pH favorables al cultivo de banano. No se detectó presencia

de acumulaciones de Ca CO₃ en el área de estudio; sin embargo, en la mayoría de los sitios el pH mostró valores alcalinos con la profundidad del suelo.

Cuadro 2

Características físicas y químicas del suelo en 11 sitios representativos de la zona de cultivo de banano de El Colomo, Colima, México, determinadas *in situ*.

Sitio	Profundidad total (m)	Textura al tacto ^a	Estructura	Color en húmedo	C. E. (dSm ⁻¹)	pH	Reacción al HCl
1	> 1.3	Fr Arc Are	Granular	10YR-2.5/1	0.9	8.1	Media
2	> 1.4	Fr Are Li	Bloques angulares	10YR-4.5/3	0.4	8.2	Nula
3	> 1.6	Arc Li	Bloques sub-angulares	10YR-3.5/2	0.6	7.2	Nula
4	> 1.4	Arc Are	Bloques sub-angulares	10YR-4.0/3	1.8	7.5	Nula
5	> 1.5	Fr Arc Are	Granular	10YR-3.0/2	0.5	7.3	Nula
6	> 1.5	Fr Arc Are	Granular	10YR-3.0/2	0.4	8.3	Débil
7	> 1.4	Fr Are	Granular	10YR-3.5/0.5	0.3	7.6	Nula
8	> 1.5	Arc	Bloques sub-angulares	10YR-3.5/2.5	0.5	7.3	Nula
9	> 1.8	Fr Are	Granular	10YR-3.5/2.5	0.3	7.3	Nula
10	> 1.5	Fr Arc Are	Bloques sub-angulares	10YR-3.0/2	0.3	6.8	Nula
11	> 1.5	Arc	Bloques sub-angulares	10YR4.0/3	0.7	7.1	Nula

^aAr= Arcilla; Fr= Franca; Li= Limo; Are= Arena.

Identificación de los suelos de referencia. Se identificaron siete tipos de suelo definidos como suelos de referencia. La identificación se realizó, inicialmente, a partir de la información organizada de los 11 sitios, con la cual se agrupó su variación edáfica; y, posteriormente, con base en el sistema bicategorico propuesto por la FAO y los datos obtenidos en los análisis en laboratorio de las muestras colectadas.

Los tipos de suelos que se identificaron son los siguientes: Feozem lúvico, Vertisol crómico, Fluvisol calcárico, Calcisol mólico, Cambisol mólico, Arenosol háplico y Regosol calcárico.

Los suelos con productividad alta del área incluye a suelos Feozem, Fluvisol y Cambisol, que representan el 50% de la superficie total donde se cultiva el banano; los suelos con productividad media corresponden a suelos Vertisoles y Calcisoles, que representan el 20%, en tanto que los suelos con productividad baja constituyen el 30% (cuadro 3).

Las características químicas de los suelos de referencia se presentan en el cuadro 4. En general, se observó que el valor del pH aumenta con la profundidad; en tanto la conductividad eléctrica —en la mayoría de los casos— tiende a disminuir, con excepción de los suelos de tipo Calcisol, los cuales mostraron reacción fuerte al HCl; el contenido de materia orgánica fue bajo en los siete tipos de suelo. Estas características químicas no presentaron relación con el potencial productivo de los suelos.

Cuadro 3

Características físicas y potencial productivo estimado de los suelos de referencia para el cultivo de banano en la localidad de El Colomo, Colima, México.

Tipo de suelo	Textura		Resistencia a penetración (kg cm ⁻²)		Retención de humedad (mm m ⁻¹)	Potencial productivo	Porcentaje cultivado con banano
	0-30 cm	30-70 cm	0-30 cm	30-70 cm			
Feozem lúvico	Fr	FrArc	0.50	2.75	150	Alto	30
Vértisol crómico	Arc	ArcAre	3.70	3.5	200	Medio	10
Fluvisol calcárico	AreFr	FrAre	2.0	2.0	95	Alto	10
Calcisol mólico	Fr	FrLim	1.25	3.0	100	Medio	10
Cambisol mólico	Fr	FrAre	2.0	1.5	150	Alto	10
Arenosol háplico	Are	AreFr	0.50	0.75	50	Bajo	20
Regosol calcárico	Are	AreFr	1.0	1.0	40	Bajo	10

^aAr= Arcilla; Fr= Franca; Li= Limo; Are= Arena.

Cuadro 4

Características químicas de los suelos de referencia para el cultivo de banano en la localidad de El Colomo, Colima, México.

Tipo de suelo	pH		C.E. (dS m ⁻¹)		Reacción al HCl 1N		Materia orgánica (%)	
	0-30 cm	30-70 cm	0-30 cm	30-70 cm	0-30 cm	30-70 cm	0-30 cm	30-70 cm
Feozem lúvico	8.19	8.48	0.615	0.439	Media	Fuerte	2.6	0.67
Vertisol crómico	8.27	8.23	0.566	0.173	Media	Media	1.64	0.91
Fluvisol calcárico	7.97	8.29	0.492	0.211	Media	Fuerte	1.39	1.39
Calcisol mólico	8.12	8.21	2.59	1.66	Fuerte	Fuerte	1.39	1.39
Cambisol mólico	7.24	7.99	0.455	0.36	No, no	No	2.08	0.69
Arenosol háplico	7.47	7.58	0.346	0.397	No	No	1.32	0.32
Regosol calcárico	7.44,	6.88	1.15	1.73	Débil	No	1.27	0.43

Cálculo de requerimiento de riego sin incluir el suelo. El cálculo de requerimiento de riego —según el programa *CropWat*— consideró las variables climatológicas efectuando el balance hídrico con la precipitación efectiva; el cálculo de la evapo-transpiración potencial, según Monteih; y los valores de Kc correspondientes a las fases fenológicas del cultivo. Durante el periodo en el que se realizó este estudio (6 de junio de 2005 al 11 de marzo de 2006) se encontró que, en promedio, en esta zona, la demanda del cultivo fue de 1,047.3mm; sin embargo, la precipitación pluvial efectiva fue sólo de 650.3 mm; en consecuencia, el déficit de humedad o requerimiento de agua de riego fue 397.0 mm.

Cálculo de requerimiento de riego incluyendo el suelo. Los resultados se muestran en el cuadro 5. Los valores de precipitación pluvial y de evapo-transpiración para toda la zona de estudio no varían; sin embargo, la precipitación efectiva varió en función del tipo de suelo y, en consecuencia, el requerimiento de lámina de riego. En esta estimación, se calculan pérdidas del 60% hasta el 88% de la precipitación pluvial total, debido a factores como la capacidad total de retención de humedad y la textura del suelo, los cuales influyen en el escurrimiento e infiltración, respectivamente.

Cuadro 5

Requerimientos hídricos del cultivo de banano en la localidad de El Colomo, Colima, México (calculados con el uso del programa *CropWat* para el período del 6 de junio de 2005 al 11 de marzo de 2006).

Tipo de suelo	Precipitación pluvial (mm)		Evapo-transpiración (mm)	Requerimiento de riego ¹ (mm)
	Total	Efectiva		
Feozem lúvico	916.8	359.9	1,047.3	679.7
Vértisol crómico	916.8	339.2	1,047.3	703.1
Fluvisol calcárico	916.8	251.3	1,047.3	835.2
Calcisol mólico	916.8	296.1	1,047.3	799.1
Cambisol mólico	916.8	250.1	1,047.3	792.2
Regosol háplico	916.8	175.3	1,047.3	871.7
Arenosol calcárico	916.8	107.3	1,047.3	940.0

¹ Calculado a una pérdida del 37% de la humedad aprovechable del suelo y llevar el suelo a 100% de dicha humedad.

Discusión

El cultivo de banano en El Colomo, Colima, es favorecido por algunas condiciones de los suelos como: profundidad, buen drenaje interno, ausencia de salinidad y pH no restrictivo; estas características son favorables para el desarrollo de las raíces (Robinson, 1995). Sin embargo, algunas características (como la estructura de bloques subangulares y las texturas arenosas y arcillosas) limitan la capacidad del suelo para proporcionar suficiente humedad al cultivo. Por otra parte, la mayoría de los suelos tienen pendientes muy poco pronunciadas ($\leq 1\%$), condición que no permite un drenaje adecuado; lo anterior, aunado a que la Laguna de Cuytlán (donde drenan los suelos), se localiza a seis kilómetros ocasiona que, a distancias de 500 a 1,000 m de la laguna, se observen sitios donde la profundidad del manto freático es de 0.5 m a 1.0 m. Esto produce condiciones de anoxia en la zona de raíces, lo cual es limitante para su crecimiento (Basso *et al.*, 2004). Pérez *et al.* (2007) también señalaron el riesgo de ocurrencia de procesos de sodificación o gleysación debido a esta condición. Lo anterior puede ser uno de los factores responsables del bajo rendimiento promedio de 22.5 t/ha⁻¹ en la zona de estudio.

En este trabajo se estimó la lámina de riego en promedio para esta zona durante el periodo de estudio. El método de estimación se basó en el dato de precipitación pluvial anual (972.1 mm), en la cantidad de precipitación durante el ciclo del cultivo (916.8

mm) y en el cálculo de la precipitación efectiva (70%). Con base en esta información climática, se mostró que en el ciclo anual en que se realizó este estudio, la precipitación pluvial fue insuficiente para cubrir la demanda hídrica y se recomendó aplicar una lámina de 397 mm distribuida en el ciclo completo del cultivo. Bassoi *et al.* (2004) concuerdan en que este método de estimación es válido como referencia cuando no se tiene a disposición información de las características del suelo y se puede extrapolar a periodos de más de un ciclo de cultivo.

La fluctuación del rendimiento entre años puede deberse al impacto de la variabilidad del patrón anual de precipitación pluvial; sin embargo, los registros climáticos de 50 años en la región de Manzanillo, Colima, también muestran que —aproximadamente— 94% de la precipitación se concentra en el periodo de junio a octubre; en tanto que el ciclo del cultivo de banano en esta zona comprende el periodo de junio a marzo. Algunos estudios han puesto en evidencia que el suministro insuficiente de agua en ciertas etapas fenológicas, afecta negativamente parámetros de la producción como: el peso de los racimos, el número de manos en el racimo, el peso de las manos y el número de frutos del racimo (Costa *et al.*, 2009), particularmente cuando el cultivo sufre estrés hídrico en las etapas de floración y desarrollo del fruto. En esta zona, dichas etapas fenológicas corresponden a los meses de octubre a marzo (120 a 145 días después del trasplante con plantas de vivero o hijuelos tomados de la plantación). Otros autores coinciden en señalar estas etapas como críticas para el desarrollo del cultivo y sus requerimientos hídricos (Van Asten *et al.*, 2011; Basoi *et al.*, 2004; Orozco y Pérez, 2006).

Aunque el procedimiento anterior constituye una guía preliminar aceptable, no considera la influencia de los diferentes tipos de suelos en las condiciones de humedad para el cultivo. En este trabajo, al incorporar los datos relativos a las características de los suelos al programa, el cálculo del requerimiento de riego se incrementó de 397 mm a 803 mm (cuadro 5). Los valores promedio de los registros climáticos (valores considerados para fines prácticos de este trabajo, como *normales*) tienen aplicación *general*; sin embargo, el análisis de los mismos permite diseñar escenarios posibles de acuerdo a probabilidades de ocurrencia de la precipitación. De este análisis se deduce que en la localidad de El Colomo, la probabilidad de ocurrencia de una precipitación alta durante el mes de julio tiene una probabilidad de 20%; en tanto que una precipitación media tiene una probabilidad de 50% y, en contraste, una precipitación baja tiene una probabilidad de 80%. El programa *CropWat* permite calcular, para cada uno de estos escenarios probables, el déficit hídrico y ser tomado en cuenta en la programación de un calendario de riego y así atenuar, según el tipo de suelo, el efecto negativo de los patrones erráticos de precipitación pluvial sobre el rendimiento. En este caso, basándose en la probabilidad de ocurrencia de la precipitación, se pudo observar que aún en el mes de julio, el cultivo estuvo bajo riesgo de sufrir estrés hídrico, el cual podría ser mayor en los suelos de baja productividad.

Aun bajo escenarios en los que la lluvia es apropiada para el cultivo, éste se encuentra limitado por la capacidad de almacenamiento de agua del suelo y por la frecuencia e intensidad con que se presenta el evento de precipitación pluvial. En la región del estu-

dio, son comunes los eventos de 100 mm o más en 24 horas, lo cual propicia que el agua escurra o se infiltre y, en consecuencia, no sea aprovechable para el cultivo. Además de que la precipitación efectiva —en la mayoría de los suelos— de esta localidad es baja; otro factor que contribuye a disminuir la eficiencia en el uso del agua es la ausencia de un programa que defina la cantidad de agua y frecuencia de aplicación de los riegos (Orozco y Pérez, 2006; Pérez *et al.*, 2007). Estas observaciones coinciden con las de Robinson (1995), quien señaló que la capacidad de retención de agua del suelo, la profundidad de las raíces de las plantas y el porcentaje de pérdida del agua total disponible acumulada antes de la aplicación de riego, determina la cantidad de agua a aplicar; en tanto que el coeficiente de uso consuntivo y la transpiración determinan el intervalo de irrigación. La información climatológica y de suelos, en conjunto con el programa *CropWat* (FAO, 2002), de acuerdo con los resultados del estudio, constituye una herramienta útil para efectuar ajustes en los programas de riego; o bien, calcular la lámina y frecuencia de riego en huertas donde se desea determinar con buena precisión un programa de riego.

Conclusiones

En este trabajo se demostró que en la localidad de El Colomo, Colima, México, los suelos presentan —en general— condiciones favorables para el cultivo de banano. Sin embargo, es necesario considerar la variabilidad y las características de sus propiedades físicas y químicas en la estimación de los requerimientos hídricos durante cada una de las etapas fenológicas.

La variabilidad de los suelos y las etapas fenológicas se pueden incorporar en el programa *CropWat* para estimar el requerimiento hídrico del banano.

Aunque los registros disponibles comprenden un periodo de 50 años, se considera que es necesario continuar con el registro sistemático de los datos climatológicos y su actualización permanente. Esto permitirá que el programa *CropWat* proporcione una mejor estimación de la lámina de riego y así, generar estrategias que fortalezcan la producción sostenible de banano en esta región.

Literatura citada

- Basso, L. H.; De Castro-Teixeira, A. H.; Pinheiro, J. M.; Moura, J. A.; Gomes, E. E.; Carvalho, C. M. y Sedyama, G. Ch. (2004). Guidelines for irrigation scheduling of banana crop in Sao Francisco Vallet, Brazil. II- Water consumption, crop coefficient and physiological behavior. *Rev. Bra. Frutic.* 26 (3) pp: 464-467.
- Climo, W. J. (1982). Qualitative assessment of soil structure using a flow diagram. *J. Agron. Education.* 11:54-56.
- Costa, S. C.; Alves, A.; Sedyama, G. Ch.; De Araujo, V.; Vinicius, T.; De Oliveira, M. Y. y Vania, F. (2009). Behavior of parameters index of production of the banana Pacovan submitted to different irrigation levels and rates of potassium in the Chapada do Apodi - Limoeiro do Norte-ce. CAATINAGA. Vol. 22 (4) pp: 46-52.
- CropWat* for Windows version 4.2 (2002). Martin Smith, Derek Clarke and Kahled El-Askarii. *Food and Agriculture Organization, Rome, Italy; Southampton University, UK., National Water Research Center.* Cairo, Egypt.
- Chavira, R. y Castellanos J. Z. (1987). Sales solubles. En: Aguilar, A. S.; Etchevers, J. D. y Castellanos,

- J. Z. (Eds.). *Análisis químicos para evaluar la fertilidad del suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. de México. Pp. 109-124.
- FAO (1988). *FAO/UNESCO Soil Map of the World, Revised legend, with corrections and updates*. World Soil Resources Report 60, FAO, Rome.
- Enríquez, R. S. (1987). Carbonatos. En: Aguilar, A. S.; Etchevers, J. D. y Castellanos, J. Z. (Eds.). *Análisis químicos para evaluar la fertilidad del suelo*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Edo. de México. Pp. 124-131.
- García, M. E. (1987). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*. Cuarta edición. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 pp.
- Holmgren, G. G. S. (1973). Quantitative calcium carbonate equivalent determination in the field. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37:304-307.
- Macleay, E. O. (1982). Soil pH and lime requirement. En: *Methods of Soil Analysis Part 2*. Page, A. L.; Sparks, D. L.; Helmke, P. A. y Loeppert, R. H. (Eds.). 2nd. Ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wi. Pp. 1-18.
- Orozco, R. J. y Pérez, O. (2006). Tensión de humedad del suelo y fertilización nitrogenada en plátano (*Musa AAA Simmonds*) cv. Gran Enano. *Agrociencia* 40:149-162.
- Pérez, O. (1999). Distribución y tipos de acumulación de carbonato de calcio en los suelos de la llanura costera de Tecmán, Colima. *Agrociencia* 33:11-20.
- Pérez, O. (2004). Descripción de los suelos de referencia para planeación de la investigación y transferencia de tecnología en la llanura costera de Tecmán, Colima. Libro Científico No.1. Campo Experimental Tecmán, Colima CIRPAC. INIFAP. México.
- Pérez, O.; Orozco, J. y Cigales, R. M. (2007). *Desplegable para productores No. 1. Uso eficiente del agua de riego en la región platanera del Pacífico Centro de México*.
- Robinson, J. C. (1995). System of cultivation and management. En: *Banana and Plantains*. Gowen, S. (Ed.) London: Chapman & Hall, pp. 15-65.
- Schnitzler, M. (1982). Organic matter characterization. En: *Methods of Soil Analysis Part 2*. Page, A. L.; Sparks, D. L.; Helmke, P. A. y Loeppert, R. H. (Eds.). 2nd. Ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wi. Pp. 581-594.
- Soil Survey Staff. (1992). *Keys to soil taxonomy*. SMSS. Tech. Monogr. 19. 5th. Ed. Pocahontas Press, Inc. Blackburg, Virginia, USA. 541 pp.
- Thien, J. S. (1979). A flow diagram for teaching texture by feel analysis. *J. Agron. Education*. 8:54-55.
- Van Asten, P. J. A.; Fermont, A. M. y Taulya, G. (2011). Drought is a mayor yield loss factor for rainfed East African highland banana. *Agricultural Water Management*. 98: 541-552.

Recibido: Febrero 11, 2010

Aceptado: Septiembre 19, 2011

Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar fermentada

Quality and yield in carcass of lambs in grazing supplemented with fermented sugar cane

Frías, J. C.;¹ Aranda, E. M.;^{1*} Ramos, J. A.;¹ Vázquez, C.¹
y Díaz, P.²

¹Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco.

²Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.

*Correspondencia: earanda@colpos.mx

Resumen

El objetivo del trabajo fue medir el rendimiento de la canal y la calidad de la carne de corderos alimentados con pasto, suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica. Se llevó a cabo en dos sitios. Se trabajó con un grupo de 13 corderos de 11.5 kg de peso vivo inicial, estabulados y alimentados con pasto, suplementados con caña de azúcar fermentada en Cunduacán, Tabasco, y 24 corderos con 20 kg de peso vivo inicial, semiestabulado en pastoreo con pasto Estrella Africana, suplementados con caña de azúcar fermentada, en Huimanguillo, Tabasco. Se sacrificaron a un peso de 32 kg. Los resultados fueron analizados mediante estadística descriptiva. La ganancia diaria de peso fue de 109 y 85 g para el sistema Cunduacán y Huimanguillo, respectivamente. El peso y rendimiento de la canal en frío y caliente fue de 13.5 y de 14.14 kg; 42.04 y 43.09% y 40.28 y 41.45%, para el sistema Cunduacán y Huimanguillo, respectivamente. La relación entre el peso al sacrificio con el rendimiento de la canal tuvo correlación negativa de -0.41. Las piezas de mayor peso fueron: pierna, costilla/falda, lomo y paleta. La capacidad de retención de agua fue 12.78, 12.8; y el

Abstract

The objective of this work was to measure the carcass yield and meat quality of lambs fed with grass and supplemented with fermented sugar cane in aerobic form. It was carried out in two sites. One site had a group of 13 lambs of 11.5kg of initial live weight, confined and fed with grass, supplemented with sugar cane fermented in Cunduacán, Tabasco and 24 lambs with 20 kg of initial live weight, semiconfined and grazing in African Star grass and offered a suplement of sugar cane fermented in Huimanguillo, Tabasco. The animals were sacrificed at a weight of 32kg. The results were analyzed by means of descriptive statistic. Daily weight gain was 109 and 85g for the sites Cunduacán and Huimanguillo respectively. The weight and carcass yield in cold and warm temperatures was 13.5 and 14.14 kg; 42.04 and 43.09% and 40.28 and 41.45% for the system Cunduacán and Huimanguillo, respectively. The relationship between weight at slaughter and carcass yield had a negative correlation of -0.41. The pieces of greater weight were: leg, rib/skirt, back and trowel. The water retention capacity was 12.78, 12.8 and pH 5.49 and 5.71 for the system Cunduacán

pH, 5.49 y 5.71, para el sistema Cunduacán y Huimanguillo, respectivamente. El color de la grasa fue blanco para las canales de ovinos, en ambos sitios. Se concluye que los corderos de pelo alimentados con pasto y caña fermentada producen canales con bajo rendimiento magro y con grasa de color blanca.

Palabras clave

Pelibuey, color grasa, estabulado, semiestabulado.

and Huimanguillo, respectively. The color of the fat was white in the lambs' carcasses for both sites. It is concluded that lambs fed with grass and fermented cane produce carcasses with a low quantity of white fat.

Key words

Pelibuey, fat color, confined, semi confined.

Introducción

La producción de carne ovina, en el sureste de México, ha cobrado importancia por la demanda no satisfecha a nivel nacional, la cual se ha cubierto a través de la importación de carne congelada y de ovinos en pie (Soto *et al.*, 2009). Particularmente, en el estado de Tabasco, la población ovina está conformada por razas de pelo, Pelibuey, Blackbelly y cruza con Dorper, Katahdin como razas paternas (Hinojosa-Cuéllar *et al.*, 2009); aunque en muchos hatos de la región no se tiene control en el nivel de cruzamientos. Sin embargo, es conveniente conocer las características del producto obtenido, para saber cómo se puede mejorar, de tal forma que se pueda ser competitivo en el mercado regional y nacional. Por otra parte, la carne ovina producida en el sureste de México, proviene de animales alimentados con base en el consumo de pastos. En este escenario, existen periodos de falta de forrajes (por sequía o inundaciones), en donde la caña de azúcar representa un recurso alimenticio alternativo que permite satisfacer la escasez de forrajes. Por tanto, el objetivo del trabajo fue medir el rendimiento de la canal y la calidad de la carne de corderos alimentados con pasto, suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica.

Materiales y métodos

Este trabajo se llevó a cabo en dos sitios; el primero, en la Ranchería Xolozochilt, tercera sección del municipio de Cunduacán, Tabasco. Las coordenadas geográficas son: 18° 04' 29.00" de latitud norte y 93° 12' 45.22" latitud oeste; el clima es cálido húmedo con altas y fuertes precipitaciones en los meses de octubre-noviembre, con promedio anual en la temperatura ambiente máxima de 38°C, y un promedio anual en la mínima de 22°C (INEGI, 2010). Se utilizaron 13 corderos de destete de la raza Pelibuey color canelo, con un peso vivo promedio de 11.5 kg (\pm 5.5), estabulados en una nave techada con lámina de cintroalum.

Los animales se identificaron, se desparasitaron con Valbasen (Albendazole Carbamato de metil 5-6propilitio-1H bencimidazol-2il: 1.5 ml por cada 10 kg de peso vivo). La alimentación consistió en pasto (CT-115) de 40 días de edad a voluntad, 100 g de alimento comercial (12% de proteína cruda) y 600 g de saccharina (tallos de caña mo-

lidos 68.2%, urea 1.5%, sulfato de amonio 0.3%, pasta de soya 4%, pulidura de arroz 20%, zeolita cálcica 0.5%, minerales 0.5%, Vitafert cultivo de lactobacilos 5%) (Ramos *et al.*, 2007). Se midió el consumo de pasto y suplemento diariamente, por medio del alimento ofrecido y alimento rechazado. Los animales fueron pesados cada 14 días y sacrificados con un peso promedio de 32 kg.

El segundo sitio de trabajo fue en el Campo Experimental Huimanguillo (del Instituto Nacional Investigación Forestal Agrícola Pecuaria) en el municipio de Huimanguillo, Tabasco; el cual se ubica en los 17° 19' de latitud norte y 94° 07' de longitud oeste, con clima cálido húmedo todo el año (Af), con promedios en las temperaturas ambientales (máxima de 38°C y mínima de 22°C). Se trabajó con 24 ovinos con un peso vivo de 20 kg (± 2) de cruza de Pelibuey con Katahdin y Dorper, alojados en corrales individuales, con un manejo semiestabulado, donde se proporcionó Saccharina como suplemento durante un periodo de 2 h al día, en corral individual; posteriormente, pastorearon durante 6 h en una pradera de pasto Estrella de África (*Cynodon plestachyus*), de las 17 h hasta el día siguiente permanecieron estabulados.

Las variables medidas en ambos trabajos, fueron rendimiento en canal caliente y fría. El rendimiento de canal caliente es la relación del peso de la canal a la hora del sacrificio y el peso vivo del animal (12 h de ayuno previo a la toma de peso). El rendimiento de la canal fría, es la relación del peso de la canal refrigerada por 24 h a 4°C y el peso al sacrificio. Se midió el peso de la fracciones de la canal en piezas: pescuezo, paleta, brazo anterior, costalita, costilla/falda, lomo, pierna y brazo posterior, según Santos (2008).

Se midieron las características físicas de la carne, pH, en muestras de carne procedentes de la pierna y lomo, se tomaron porciones de 30 g y se molieron en licuadora con 100 ml de agua y se procedió a medir el pH con un potenciómetro. La capacidad de retención de agua se midió por medio de la técnica propuesta por Guerrero *et al.* (2002). Respecto al color de la grasa de la canal, se tomó muestra de la pelvis y del lomo; y se midió el color con un equipo MiniScan (marca Hunter Lab, 2001). Este color se comparó en porcentaje con un patrón obtenido, con la medición del color amarillo de la grasa de 50 vacas alimentadas con pasto, sacrificadas en el frigorífico de la Unión Ganadera Regional de Tabasco. El análisis de la información fue por medio de estadística descriptiva. Se correlacionó el peso al sacrificio y rendimiento en canal caliente y fría, utilizando el programa SAS (2003).

Resultados

Los resultados del sistema Xolozochilt Cunduacán: el consumo Materia fresca de pasto fue de 4 kg \pm 46 (materia seca de 22.3%) animal d, de Saccharina de 537.5 g \pm 26 (materia seca 36.2%) animal d, alimento comercial de 100 g animal d.

La ganancia diaria de peso fue de 109 g \pm 7 animal d. El peso de salida del rancho, peso sacrificio, merma, peso canal caliente y fría y los rendimientos de la canal, se muestran en el cuadro 1. El transporte de los animales del centro de producción al lugar del sacrificio (30 km) representó una merma del 5.2% de su peso, su rendimiento en canal caliente fue del 42.0% y el rendimiento de la canal fría de 40.2%.

En el fraccionamiento de la canal, la pieza de mayor porcentaje fue la pierna, con 19.2%, seguida de costilla con 19%, el lomo con 17.7% y la paleta con 15.5% (cuadro 2).

El peso del sacrificio de borregos finalizados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica tiene una correlación negativa con el rendimiento en canal caliente de -0.41 y con el rendimiento en canal fría de -0.39 ($P \leq 0.01$).

Cuadro 1

Comportamiento del rendimiento de la canal caliente y fría de ovinos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica en el sistema de producción en Xolozochilt, Cunduacán.

Variable	Media	Coefficiente de variación	Error estándar
Peso salida rancho (kg)	34.10	9.73	1.48
Peso sacrificio (kg)	32.30	9.90	1.43
Merma (kg)	1.80	25.55	0.20
Peso canal caliente (kg)	13.50	7.7	0.47
Rendimiento (%)	42.04	10.08	1.89
Peso canal fría (kg)	12.94	7.88	0.45
Rendimiento (%)	40.28	9.80	1.77

Cuadro 2

Fraccionamiento de la canal de ovinos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica, en el sistema de producción en Xolozochilt, Cunduacán.

Piezas de la canal	Peso en (kg)	Coefficiente de variación	% de la canal
Pierna	2.56	9.8	19.5
Costilla/falda	2.49	8.6	19
Lomo	2.32	10.1	17.7
Paleta	2.03	18.7	15.5
Costaleta	1.38	22.4	10.54
Pescuezo	1.16	19.5	8.86
Brazo posterior	0.64	15.9	4.9
Brazo anterior	0.52	6.6	4
TOTAL	13.1		100

El pH y la capacidad de retención de agua de la carne de borregos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada fue de 5.49 y 12.8, respectivamente (cuadro 3).

Cuadro 3

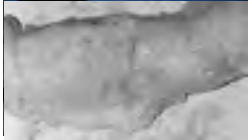
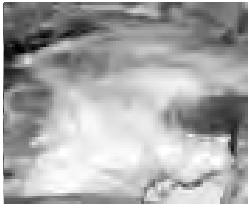
Valor del pH y capacidad de retención de agua (CRA) (ml) de carne de borregos alimentados con pasto suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica del sistema de producción Xolozochilt, Cunduacán.

Variable	Media	Coefficiente de variación	Error estándar
pH	5.49	0.74	0.01
CRA	12.8	2.55	0.16

El color de la grasa de la canal de ovinos alimentados con pasto, suplementados con caña de azúcar fermentada, fue 42.6% menos amarilla que el color de la grasa patrón de vacas alimentadas con pasto.

Cuadro 4

Color de la grasa de la canal de borregos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica en el sistema de producción Xolozochilt, Cunduacán.

Color de la grasa patrón	Valor de b= 23.447	100 %	
Color de la grasa	b= 10.0	42.6%	

Los resultados del comportamiento del sistema en Huimanguillo: el consumo de materia fresca, de Saccharina fue de 600 g \pm 30 (materia seca 37.4%) animal d; de pasto estrella de África, de 5 kg \pm 0.4 (materia seca 23.5%) animal d, con una ganancia de peso 85 g \pm 8 animal d. Los pesos de los corderos al salir del rancho, al sacrificio, merma, canal caliente y fría y los rendimientos de la canal, se muestran en el cuadro 5. El transporte de los animales del centro de producción al lugar del sacrificio (30 km) representó una merma del 4.8% de su peso. El rendimiento en canal caliente fue del 43.0% y el rendimiento de la canal fría, de 41.45%.

Cuadro 5

Comportamiento del rendimiento de la canal caliente y fría de ovinos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica en el sistema de producción en Huimanguillo.

Variable	Media	Coefficiente de variación	Error estándar
Peso salida del rancho (kg)	34.4	4.85	0.74
Peso sacrificio (kg)	32.76	5.46	0.80
Merma (kg)	1.64	12.8	0.09
Peso canal caliente (kg)	14.14	9.3	0.59
Rendimiento (%)	43.09	5.9	1.14
Peso canal frío (kg)	13.6	9.4	0.57
Rendimiento (%)	41.45	6.1	1.14

Las partes de la canal fraccionada con mayor peso fueron la pierna, costilla, lomo y paleta con 19.4, 17.7, 17.6 y 16.54%, respectivamente; y las de menor peso, el pescuezo, brazo posterior y anterior (cuadro 6).

Cuadro 6

Fraccionamiento de la canal de ovinos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica, en el sistema de producción en Huimanguillo.

Piezas de la canal	Peso en (kg)	Coefficiente de variación	% de la canal
Pierna	2.67	6.8	19.4
Costilla/falda	2.44	13.1	17.70
Lomo	2.43	5.3	17.6
Paleta	2.28	13.8	16.54
Costaleta	1.54	22.2	11.2
Pescuezo	1.31	17.1	9.47
Brazo posterior	0.64	11.5	4.67
Brazo anterior	0.47	6.6	3.42
TOTAL	13.77		100

El peso al sacrificio de los borregos finalizados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica, tiene una correlación negativa con el rendimiento en canal caliente de -0.41 y con el rendimiento en canal fría de -0.40 ($P \leq 0.01$). El pH y la capacidad de retención de agua fue 5.51 y 12.78, respectivamente (cuadro 7).

Cuadro 7



Valor del pH y capacidad de retención de agua (CRA) (ml) de carne de borregos alimentados con pasto suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica del sistema de producción en Huimanguillo.

Variable	Media	Coefficiente de variación	Error estándar
pH	5.51	0.72	0.01
CRA	12.78	2.58	0.15

El color de la grasa de la canal de borregos alimentados con pasto, suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica, fue 46.6% menos amarilla que el patrón de canales de animales bovinos alimentados en pastoreo (cuadro 8).

Cuadro 8

Color de la grasa de la canal de borregos alimentados con pasto y suplementados con caña de azúcar fermentada en forma aeróbica en el sistema de producción Huimanguillo.

Color de la grasa patrón	b= 23.447	100%	
Color de la grasa	b= 10.92	46.6%	

Discusión

El transporte de los animales del lugar de producción al rastro o lugar de sacrificio, ocasiona: pérdida de peso debida a excreciones, orina y estrés de manejo llamada merma, la cual repercute en la economía del productor; esta maniobra se relaciona con la distancia y el manejo de los animales, que se tiene que tomar en cuenta para disminuir pérdidas por mermas en el manejo.

El peso de sacrificio de los animales estuvo relacionado con el peso de la canal, pero en forma negativa con el rendimiento de la canal fría y caliente. Bianchi *et al.* (2006) encontraron que el peso al sacrificio de corderos Corriedale puros y cruza, afectó las características y calidad de la canal, así como disminución del rendimiento de animales más pesados. Parilo *et al.* (2007) encontraron, en corderos Suffolk de la zona centro sur de Chile que, a medida que se incrementa el peso de sacrificio de 15 a 35 kg, disminuye el rendimiento de la canal. En este trabajo con ovinos de pelo de cruza de Pelibuey, el peso de sacrificio está relacionado, en forma negativa, con el rendimiento de la canal.

Con respecto al peso y proporción de los cortes comerciales de la canal de corderos Suffolk de la zona centro sur de Chile, Parilo *et al.* (2007), encontraron que la pierna —una de las piezas con mayor peso— incrementó su peso de 3.52, 4.28 y 5.57 kg, conforme aumentó el peso de sacrificio de 15, 25 y 35 kg. El peso de la pierna de la raza

Suffolk de este trabajo con respecto a la cruza de Pelibuey en nuestro trabajo, fueron mayores en un 46.6%. Dighiero *et al.* (2008), criadores de Romney del Uruguay, reportan peso de la pierna de 3.7 kg, 29% mayor que las cruza de Pelibuey.

El rendimiento y calidad de la canal está estrechamente relacionada con las características de la dieta: a mayor contenido de energía metabolizable y proteína cruda por kg de alimento se obtiene mayor ganancia de peso. Los pastos en áreas tropicales tienen menor disponibilidad de nutrientes en comparación con las dietas de concentrados (Pineda, 1997) alimentando ovinos de cruza Rambouillet x Dorsey x Pelibuey estabulados, con una dieta de concentrados con 16.5% PC y 3 Mcal EM/kg MS, obtuvo ganancias diarias de peso de 231 g y 143 g animal/día, para machos y hembras, respectivamente. En nuestro trabajo, los ovinos obtuvieron una ganancia diaria de peso de 85 g en pastoreo con suplementación y 109 g animal/día, con base de pasto de corte, suplementados con caña fermentada.

Sánchez *et al.* (2010) analizaron la producción de carne de ovinos con dietas con niveles crecientes 2.1 a 2.5 de EM y PC de 10 a 17.5%, y señalan mayor crecimiento, ganancia diaria de peso y deposición de grasa a medida que se incrementa la EM y PC en la dieta. También señalan que la carne de ovinos finalizados con pastos es más magra en comparación con la carne de ovinos alimentados con concentrados. Con relación al pH de la carne en el momento del sacrificio, Ramírez-Bribiesca *et al.* (2007) señalaron en ovinos de pelo y lana un pH de 5.8 y 6.3, respectivamente. Bianchi *et al.* (2006) indicaron que el pH está relacionado con el grado de estrés que sufre el animal durante el sacrificio. Los resultados de nuestro trabajo muestran un pH ligeramente inferior: 5.49 y 5.51 al indicado por Ramírez-Bribiesca *et al.* (2007). Sin embargo, los valores de pH registrados en el actual estudio fueron similares a los encontrados por Rodríguez *et al.* (2008) en corderos Santa Inés finalizados con pulpa de cítricos; de igual forma, Zhang *et al.* (2005) reportaron datos similares de pH.

Las muestras de carne fueron tomadas en la región del lomo; Aguilar (2006) tomó muestras de carne del cuello y del lomo, detectando un pH de 6.06 y 5.8, respectivamente; este autor atribuye que esta variación pudiera deberse a aspectos del metabolismo del músculo, cuello y lomo al momento del sacrificio.

Respecto a la retención de agua, los valores obtenidos en este trabajo son similares a los encontrados por Pérez *et al.* (2006) con animales sacrificados a los 10 y 15 kg; esta característica tiene una relación con el pH y con la estructura de proteínas del músculo y los cambios que sufran estas moléculas durante el manejo y conservación de la carne. En corderos de pelo, Ramírez-Bribiesca *et al.* (2007), indican una mayor capacidad de la carne para retener líquido en su interior, con posibilidad de ser más jugosa al ser cocinada.

Los bovinos en pastoreo producen una carne con grasa de color amarillo; este tono de la grasa es una característica que el público rechaza y afecta en la comercialización de la carne; por este motivo se evaluó el color de la grasa de la carne ovina, usando como patrón el color amarillo de la grasa de la carne de vacas en pastoreo. Detectándose así, un color más blanco en la grasa de los ovinos, a pesar de que estos animales estuvieron consumiendo pasto verde en comedero y en pastoreo. Esto puede estar influenciado por

la suplementación de la caña de azúcar, la cual puede causar un efecto de dilución de los pigmentos provenientes del pasto y que se acumulan en el tejido adiposo; o también se ha señalado que los ovinos pudieran tener la capacidad de degradar los carotenos a nivel de rumen. Hunt *et al.* (1991), trabajando con corderos de lana, midieron el color con un colorímetro Hunter Lab, obteniendo valores de L que indican una carne de color blanca.

Conclusiones

En el sistema de Xolozochilt Cunduacán, los ovinos estabulados alimentados con pasto y suplementados con caña fermentada, dan como resultado que su rendimiento de carne en canal fue de 42% con carne de grasa de color blanca. En el sistema de Huimanguillo, los ovinos semiestabulados alimentados con pasto y suplementados con caña fermentada, su rendimiento de carne en canal fue de 43% con carne de grasa de color blanca.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Tabasco, A. C., por el apoyo de financiamiento en el proyecto FP7-07 “Determinación de la calidad y rentabilidad de la carne de ovinos alimentados con caña de azúcar”.

A la Línea Prioritaria de Investigación (LPI)-2 Agroecosistemas sustentables. Al Colegio de Postgraduados, por el apoyo financiero.

Literatura citada

- Aguilar, J. G. (2006). *Calidad de carne de corderos con dietas suplementadas con selenio y magnesio*. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México. pp. 23-30.
- Bianchi, G.; Garibotto, G.; Feed, O.; Bentancur, O. y Franco, J. (2006). Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. *Arch. Med. Vet.* 38, N° 2, pp. 161-165.
- Dighiero, A.; Montossi, F.; Brito, G.; Bonilla, O.; Rovira, P. y Castro, L. (2008). Caracterización de la calidad de la canal y la carne de corderos pesados y súper pesados Romney Marsh en el sistema arroz-pasturas de la UPAG-INIA. Treinta y Tres. *Sitio Argentino de Producción Animal*. pp. 1-8.
- Hinojosa-Cuéllar, J. A.; Regalado-Arrazola, F. M. y Oliva-Hernández, J. (2009). Crecimiento prenatal y predestete en corderos Pelibuey, Dorper, Katahdin y sus cruces en el sureste de México. *Revista Científica Fcv-LUZ*. 19(5):522-532.
- Hunt, M. C.; Acton, J. C.; Benedict, R. C.; Calkins, C. R.; Cornforth, D. P.; Jeremiah, L. E.; Olson, D. G.; Salm, C. P.; Savell, J. W. y Shivas. S. D. (1991). Guidelines for Meat Colour Evaluation. AMSA PUBLICATIONS. 44:3-17.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (2010). *Anuario Estadístico del Estado de Tabasco*. Villahermosa (México): INEGI.
- MiniScan-Hunter Lab. (2001). *The color management company*. Manual versión 2.5.
- Parilo, J.; Wells, G.; Campos, J. y Martínez, A. (2007). Composición de canales de corderos suffolk de la zona centro sur de Chile, sacrificados a 15, 25 y 35 kg de peso vivo. *Sitio Argentino de Producción Animal*. APPA - ALPA - Cuzco, Perú pp. 1-5.
- Pérez, P.; Maino, M.; Tomic, G.; Kobrich, C.; Morales, M. S y Pokniak, J. (2006). Calidad de la carne de corderos lechales del cruce Suffolk Down x Merino precoz Alemán. Efecto del peso al sacrificio y sexo. *Archivos de Zootecnia*. 55(210):171-182.

- Pineda, L. J. (1997). *Producción de carne de ovinos (Rambouillet x DorseyxPelibuey) en el trópico seco*. Tesis de Maestría. Universidad de Colima. pp. 1-77.
- Ramírez-Briebesca, E.; Hernández-Cruz, L.; Guerrero-Legarreta, I. y Hernández-Calva, L. M. (2007). Calidad de la carne y análisis sensorial en ovinos de pelo y lana provenientes de engorda intensiva en México. *Sitio Argentino de Producción Animal*. pp. 1-3.
- Rodrigues, G. H.; Sunsín, A. I.; Váz, P.; Clayton, Q. y Fumi, S. (2008). Polpa citrica para cordeiros em confinamento: características de carcaca e qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37(10):25-27.
- SAS. (2003). *Statistical Analysis System*. S. A. S. User's Guide: statistics. Versión 8° ed. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sánchez del R. C.; Torres, V. P. y Vergara, A. D. (2010). *Propuestas de alimentación para mejorar la calidad nutricional de la carne de corderos*. Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, México. pp. 22-35.
- Santos, C. L. (2008). Montagen de pequeno abatedouro e cortes comerciais de ovinos. *Serie criação de ovinos*. Vicoso. MG. CPT. pp. 131-160.
- Soto, L.; Delgado, M. M. y Cuéllar, A. (2009). *Situación de la ovinocultura en México*. Cordero supremo. Cordero_supremo@yahoo.com (Consultado el 16 mayo de 2011).
- Zhang, S. X.; Farouk, M. M.; Young, O. A.; Wieliczko, K. J. y Podmore, C. (2005). Functional stability of frozen normal and high pH beef. *Meat Sci*. 69:765-772.

Recibido: Noviembre 30, 2010

Aceptado: Septiembre 13, 2011

Un programa de fertilización sustentable para el Ingenio “Presidente Benito Juárez” en Tabasco, México

A Program of Sustainable Fertilization for the Sugar Factory ‘Benito Juarez’ in Tabasco, Mexico

Salgado-García, S.;^{1*} Palma-López, D. J.;¹
Zavala-Cruz, J.;¹ Lagunes-Espinoza, L. C.;¹
Castelán-Estrada, M.;¹ Ortiz-García, C. F.;¹
Juárez-López, J. F.;¹ Ruiz-Rosado, O.;²
Armida-Alcudia, L.;² Rincón-Ramírez, J. A.¹
y Córdova-Sánchez, S.³

¹Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco
Km 3.5 Periférico Carlos A. Molina s/n,
H. Cárdenas, Tabasco, México (C. P. 86500).

²Colegio de Postgraduados-Campus Veracruz
Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Veracruz.

³Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

*Correspondencia: salgados@colpos.mx

Resumen

Las dosis de fertilización y sitio específicos para el cultivo de caña de azúcar en el área de abastecimiento del Ingenio “Presidente Benito Juárez” (IPBJ) no habían sido precisados; sin embargo, el alto costo de los fertilizantes químicos y la necesidad de reducir la contaminación del ambiente obligan a optimizar su uso. A fin de precisar dosis de fertilización adecuadas para dicha área, este trabajo emplea la metodología del “Sistema Integrado para Recomendar Dosis de Fertilizantes”, tomando en cuenta las características de los suelos y el rendimiento potencial. Como parte de este estudio, se identificaron las subunidades de suelo mediante interpretación de fotografías aéreas, reconocimientos de campo y muestreos (-1.20 m) en el área de influencia del IPBJ (92,973 ha). En cada uni-

Abstract

The site-specific amounts of fertilizer in the supply area of the sugarcane mill Presidente Benito Juarez (PBJ) from Tabasco had not been specified, but the high cost of chemical fertilizers and the need to reduce environmental pollution require an optimization in the use of these inputs. Our work uses the methodology of ‘Integrated System for Recommending Fertilizer Rates in Sugar Cane’ to specify the rates of fertilization in the supply area of PBJ, according to the characteristics of soils and the potential yield. In this study subunits of soil were identified by the interpretation of aerial photographs, field surveys and sampling (-1.20 m) in the area of the study (92,973 ha). In each subunit, agrologic profiles and physical and chemical analysis were made to classify soils

dad se describieron perfiles agrológicos y se hicieron análisis físico-químicos para clasificar los suelos, según el Referencial Mundial de Suelos (WRB). Los resultados generaron cinco polígonos de Thiessen, con precipitaciones anuales entre 1,640 a 2,227 mm. Se determinó una dosis de fertilización NPK para cada subunidad de suelo, usando el modelo conceptual de balance entre demanda del nutrimento, el suministro y la eficiencia del fertilizante aplicado. Las dosis de fertilización ajustadas son (N, P₂O₅, K₂O kg/ha): 120-60-60 para los suelos Cambisoles flúvicos, endoglécicos y estágnicos; 120-70-80 para Cambisoles y Gleysoles; 160-80-80 para Vertisoles gléyico-estágnicos; 120-80-80 para Vertisoles estágnico-éutricos. Además, se generó un mapa de fertilización específico para el área de abasto del IPBJ, a escala 1:40 000.

Palabras clave

Saccharum officinarum, dosis de fertilización, subunidad de suelo, modelo conceptual.

according to the World Reference Base for Soil Resources (WRB). There were five Thiessen polygons outlined, with an annual rainfall between 1640 to 2227 mm. Rates of NPK fertilizer were determined for each type of soil subunit found, using the conceptual model of balance between nutrient demand by the crop, soil supply and efficiency of applied fertilizer. Fertilization rates were adjusted: 120-60-60 for Fluvic Cambisols, and stagnic endogleyicos; for Cambisols and Gleysols 120-70-80, 160-80-80 for Vertisols eutric-stagnic and 120-80-80 for Vertisols stagnic-Eutric. Data from this study was used to generate a map at a scale of 1:40 000 for the specific fertilization of the supply area of PBJ sugarcane mill.

Key words

Saccharum officinarum, fertilizer recommendation, soil unit, conceptual model.

Introducción

El Ingenio “Presidente Benito Juárez” (IPBJ) es el más importante de Tabasco, por su superficie de cultivo y volumen de producción; en 2008 se cultivaron 16,200 ha de caña de azúcar, con rendimiento promedio de 61.9 t ha⁻¹; en las últimas 12 zafas, sólo en dos se han obtenido rendimientos superiores a 71.0 t ha⁻¹, sin alcanzar el rendimiento medio nacional de 77 t ha⁻¹ (Cañeros, 2009).

Diversos factores influyen directamente sobre el rendimiento de la caña de azúcar; la variedad, el ciclo de la planta (plantilla, soca o resoca), el manejo agronómico (incluyendo la fertilización), las condiciones edáficas y climáticas de la zona (Thorburn *et al.*, 2007). La dosis fertilizante empleada en el área de abasto del IPBJ es 120-60-60 kg ha⁻¹, la cual no considera el tipo de suelo, la variedad, el rendimiento potencial ni otros factores; se ha utilizado durante más de 34 años (Rojas *et al.*, 1984). Estudios preliminares indican que esta dosis subestima la demanda de las plantaciones en algunas áreas (Salgado *et al.*, 2005). La necesidad creciente de optimizar los fertilizantes químicos, en razón de sus altos costos y para conservar el ambiente, es uno de los aspectos importantes del cultivo de la caña de azúcar (Franco *et al.*, 2011). Dado que las pérdidas de nutrientes —por volatilización, por exportación y por la quema de los residuos orgánicos— disminuyen la rentabilidad del cultivo, son necesarias prácticas para conservar la fertilidad del suelo y usar eficientemente los fertilizantes químicos (Lal, 2009). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es generar un programa de fertilización sustentable para el área de abasto del IPBJ, que toma

en cuenta las características del suelo y otros factores determinantes del rendimiento, empleando la metodología del 'Sistema Integrado para Recomendar Dosis de Fertilizantes'.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo de agosto de 2006 a mayo de 2007, en cinco etapas: caracterización climática; levantamiento de suelos; diagnóstico de la fertilidad; producción de biomasa y demanda NPK del cultivo; cálculo de dosis fertilizantes. Esta información sirvió en conjunto para generar el Programa de Fertilización Sustentable, destinado al área de abastecimiento del Ingenio "Presidente Benito Juárez" (IPBJ) de Tabasco (Salgado *et al.*, 2008). Se calcularon la media y la desviación estándar de las variables bajo estudio (Martínez, 1988). El IPBJ, se encuentra ubicado en el poblado C-27 Ing. Eduardo Chávez Ramírez, del Plan Chontalpa, a 27 km de la Ciudad de Cárdenas, Tabasco; se llega a él por la carretera Circuito del Golfo km 21, en el tramo Cárdenas-Coatzacoalcos. El clima es cálido y húmedo [Am(i)g], con temperatura media anual de 26°C, y precipitación media anual de 2,163 mm, con una altitud de 11 m.

Caracterización climática

Permitió estratificar el área de abasto en función del clima y establecer zonas homogéneas de precipitación. Primero se analizaron los registros de temperaturas máximas y mínimas (°C), precipitación pluvial (mm) y evaporación (mm), obteniéndose los promedios mensuales respectivos de la estación meteorológica 'Km 21' (coordenadas UTM 0175806-933624); con esta información se generó un climograma (Thornthwaite, 1948). En una segunda fase, se analizaron datos de 29 años (1971-2000) de precipitación pluvial, de nueve estaciones climáticas cercanas a la zona de abasto del IPBJ (CONAGUA, 2008); se definieron las áreas con precipitación similar para configurar los polígonos de Thiessen (Tabios y Salas, 1985), mediante el programa Arc Gis 9.2 (ESRI, 2008).

Levantamiento de suelos

Recolección de información. Se colectó información sobre superficie cañera del IPBJ, padrón de productores, requerimientos NPK del cultivo de caña de azúcar, manejo agronómico, datos meteorológicos, cartografía del área, fotografía aérea, ortofotos y modelos de elevación digital.

Fotointerpretación. La cartografía de suelos se realizó con base en interpretación de fotografías aéreas, escala 1:75 000 (INEGI, 1995); esta información se transfirió a un mapa topográfico, escala 1:50 000 (INEGI, 1986).

Unidades de suelo y caracterización. Se rectificó la cartografía de los suelos mediante 24 pozos agrológicos (-1.50 m) en cada unidad cartográfica; estos se describieron de acuerdo a Cuanalo (1981). En cada horizonte se tomó una muestra compuesta de suelo; el total de muestras se analizó física y químicamente, según la NOM-021-RECNAT (SEMARNAT, 2001). Con base en la descripción *in situ* de los perfiles y resultados de los análisis de laboratorio, se hizo la clasificación pedogenética, de acuerdo al Referencial Mundial de Sue-

los (IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007), determinando así las subunidades edáficas existentes en la zona de estudio.

Diagnóstico de la fertilidad de los suelos

Se encontraron tres grupos mayores de suelos: Cambisol, Gleysol y Vertisol. En cada uno se seleccionaron parcelas de muestreo, considerando la pendiente y la localización. En cada sitio se colectaron seis submuestras de suelo; tres sobre el surco y tres en el entresurco, a profundidad de 0-30 cm, siguiendo un recorrido en zigzag, para formar una muestra compuesta (Salgado *et al.*, 2006). En total se tomaron 150 muestras compuestas para determinar, mediante los métodos de la NOM-021-RECNAT (SEMARNAT, 2001), el contenido de materia orgánica (MO), nitrógeno total (Nt), fósforo Olsen (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), zinc (Zn), capacidad de intercambio catiónico (CIC) y textura.

Muestreos de biomasa y demanda NPK

Los muestreos de biomasa aérea sirvieron para estimar los rendimientos potenciales y la demanda NPK de la caña de azúcar en cada subunidad de suelo. Para evitar el efecto de bordo; las muestras se tomaron 4 m hacia el interior de las parcelas, 11 meses después del inicio del cultivo, cosechando un metro lineal de biomasa (kg). El peso de la muestra se transformó a $t \cdot ha^{-1}$ ($7,692 m^{-1} \cdot ha^{-1}$, surcos a 1.3 m). Los rendimientos estimados se ajustaron por un factor de 0.3 para calcular el rendimiento de tallos molederos ($t \cdot ha^{-1}$) y expresar la demanda NPK en $kg \cdot ha^{-1}$. Las 150 muestras de tallos y paja se molieron por separado en una picadora tipo 'Chetumal' y se tomó una submuestra de 400 g para determinar concentración de N (Kjeldahl), K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Mn, Zn y P (digestión HNO_3-HClO_4 , cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica; por colorimetría en el caso de P), según Jones *et al.* (1991).

El muestreo de suelos y de plantas, se realizó de enero a mayo de 2007.

Cálculo de las Dosis Fertilizantes (DF)

Para generar las dosis de fertilización NPK destinadas a cada subunidad de suelo se empleó el modelo conceptual $DF = (DEM-SUM)/EF$ (Rodríguez, 1993). Los parámetros del modelo se calcularon de la siguiente manera:

DEM (Demanda). Es la cantidad en $kg \cdot ha^{-1}$, que el cultivo de caña de azúcar requerirá para alcanzar el máximo rendimiento con cierto grado de probabilidad. La demanda de NPK se determinó a partir de la materia seca del cultivo de caña correspondiente a paja (MSP) y tallos (MST), mediante la ecuación:

$$DEM_{(kg,ha^{-1})} = [MSP_{(kg,ha^{-1})} * (E \text{ paja}/100)] + [MST_{(kg,ha^{-1})} * (E \text{ tallo}/100)]$$

donde E = % del elemento en la MS

SUM (Suministro). Es la capacidad del suelo para aportar N, P y K (kg ha^{-1}). Para el nitrógeno, se consideró que únicamente 10% de la demanda total de este elemento se incorpora al suelo a través de la desintegración de las hojas durante el período de crecimiento del cultivo y las raíces (Hernández *et al.*, 1995); el resto se pierde con la quema de residuos, la exportación de tallos, o permanece en la MO del suelo (Salgado *et al.*, 2005). El valor del NDS se estimó a partir del rendimiento de caña sin fertilización (Salgado *et al.*, 2003b). Para calcular el suministro de P y K se considera que sólo 60% de los residuos de cosecha son mineralizados durante el primer año.

Las ecuaciones empleadas fueron:

$$\text{SUM N} = (\text{DEM N} * 0.10) + \text{NDS}$$

donde: NDS nitrógeno derivado del suelo = 50 kg ha^{-1}

$$\text{SUM P} = [\text{P suelo (mg kg}^{-1}) * \text{EC}] + [(\text{MSP} * 0.6) * (\% \text{P de paja}/100)]$$

$$\text{SUM K} = [\text{K suelo (mg kg}^{-1}) * \text{CK}] + [(\text{MSP} * 0.6) * (\% \text{K de paja}/100)]$$

Donde:

EC = índice de eficiencia del cultivo (en gramíneas, por cada mg kg^{-1} de P del suelo, el cultivo absorbe 1.7 kg de P por t de MS).

CK = eficiencia de absorción de K (por cada mg kg^{-1} de K intercambiable, el cultivo absorbe 1.4 kg de K por t de MS en suelos francos y 1.3 kg en suelos arcillosos), (Rodríguez, 1993).

EF (Eficiencia). Eficiencia del cultivo de caña de azúcar para absorber el nutriente del fertilizante aplicado. Para el N la eficiencia es de 50% (FAO, 1984; Basanta *et al.*, 2003), aunque el fertilizante aplicado estimula la actividad microbiana y ocurre mayor mineralización de N en el suelo, el cual es absorbido por el cultivo. Para el P, la eficiencia es de 30% y para el K de 60% en texturas arcillosas (García, 1984; Rodríguez, 1993).

A partir de la demanda y suministro (DEM-SUM) el balance se hizo bajo estos criterios: 1. En suelos donde el suministro es mayor que la demanda, aquel aporta más nutrientes de los que requiere el cultivo; se debe aplicar una fertilización mínima para mantener la fertilidad a largo plazo (Rodríguez, 1993). 2. En suelos donde la demanda es mayor que el suministro, ocurre un déficit; se debe aplicar fertilización para suplir la demanda del cultivo.

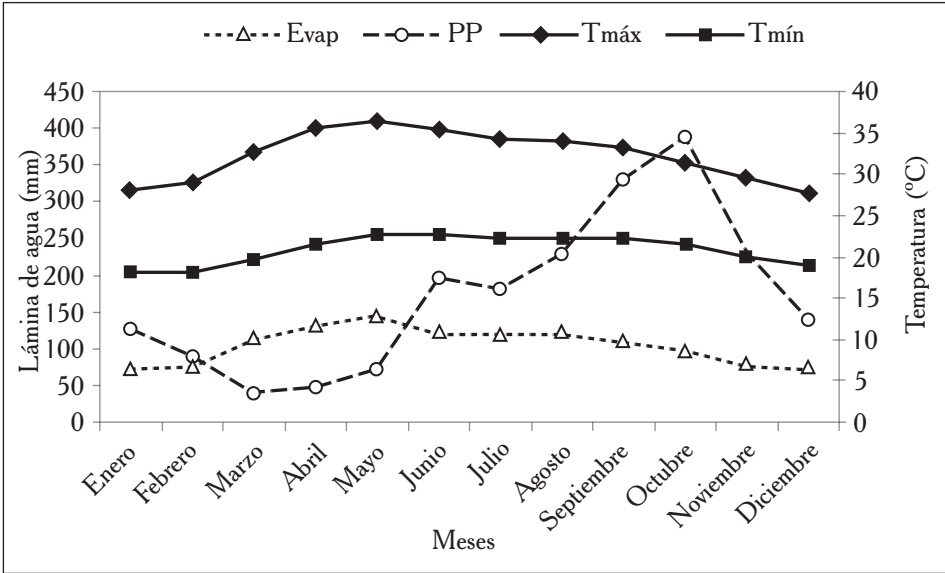
Resultados

Caracterización climática

Los registros históricos muestran que durante el período de crecimiento de la caña de azúcar (mayo a diciembre) ocurre una precipitación acumulada de 1,693.6 mm; la temperatura es superior a 20°C (figura 1). En contraste, durante enero a abril la precipitación es de 372.5 mm, con temperaturas superiores a 21°C en marzo y abril, lo que favorece la maduración del cultivo y facilita la cosecha.

Figura 1

Comportamiento climático del área de abastecimiento, Ingenio “Presidente Benito Juárez” Tabasco, México. Registro histórico de 29 años (1971-2000).



Los polígonos de Thiessen generados a partir de los datos de precipitación son cinco (figura 2); se observa que dentro del área existe un rango de 1,640-2,227 mm, donde la mayor precipitación ocurre en el poblado Carlos A. Madrazo; y la menor, en los poblados Francisco Villa y Francisco I. Murguía; mientras que la precipitación intermedia (1,793-1,936 mm) abarca la mayor parte de la superficie cultivada.

Cuadro 1

Subunidades de suelo existentes en el área de abastecimiento del Ingenio
“Presidente Benito Juárez”, Tabasco, México.

Simbología	Clasificación WRB Referencial de Suelos del Mundo	Superficie	
		(ha)	(%)
CMfl (ceeu)	Cambisol Flúvico (Arcílico Éutrico)	14,819.8	15.94
CMng (ceeu)	Cambisol Endoglético (Arcílico Éutrico)	9,179.5	9.87
CMngst (euf)	Cambisol Endoglético Estagnico (Éutrico Férrico)	9,700.6	10.43
CMst (ceeu)	Cambisol Estagnico (Arcílico Éutrico)	2,139.6	2.30
GLha (ceeu)	Gleysol Háplico (Arcílico Éutrico)	12,869.7	13.8
VRglst (eu)	Vertisol Estagnico Glético (Éutrico)	6,165.8	6.63
VRpe	Vertisol Pélico	270.6	0.29
VRst (eu)	Vertisol Estagnico (Éutrico)	35,864.2	38.57
	Bancos de arena (BA)	47.7	0.05
	Laguna	18.9	0.02
	Asentamientos Humanos	1,865.8	2.01
	Cauce de río antiguo	31.0	0.03
Total		92,973.3	100.00

(IUSS Grupo de Trabajo WRB, 2007).

Producción de biomasa y demanda nutrimental

Los rendimientos de tallo y MS producidos por la caña de azúcar en las siete subunidades de suelo muestran que el rendimiento más alto de tallo moledero se presentó en el Vertisol endoglético-estagnico, con 68 t ha⁻¹; su relación paja/tallo fue 0.29. El rendimiento más bajo fue de 54 t ha⁻¹, con una relación paja/tallo de 0.48 en el suelo Cambisol Endoglético (cuadro 2).

Cuadro 2
 Número de tallos por metro lineal, relación paja/tallo, rendimientos
 y MS de tallo y paja de caña de azúcar por subunidad de suelo,
 Ingenio “Presidente Benito Juárez”.

Subunidades	Número de tallos	Relación paja/tallo	Rendimiento (t ha ⁻¹)		Materia Seca (t ha ⁻¹)	
			Tallo	Paja	Tallo	Paja
CMñ (Éutrico Arcillo)	14±5	0.43±0.20	63.81±21.41	27.54±14.46	15.95±5.35	6.89±3.61
CMng (Arcillo Éutrico)	13±3	0.48±0.19	54.79±12.49	25.67±10.28	13.70±3.12	6.42±2.57
CMngst (Éutrico Férrico)	14±4	0.45±0.13	63.24±24.60	26.85±8.99	15.81±6.15	6.71±2.25
CMst (Arcillo Éutrico)	12±3	0.68±0.23	59.12±21.25	42.24±22.40	14.78±5.31	10.56±5.60
GLha (Éutrico Arcillo)	13±3	0.40±0.12	57.82±17.09	22.94±9.75	14.45±4.27	5.74±2.44
VRg1st (Éutrico)	15±4	0.29±0.12	68.50±26.83	19.00±11.34	17.13±6.71	4.75±2.83
VRst (Éutrico)	13±3	0.40±0.14	62.59±22.03	24.04±10.74	15.65±5.51	6.01±2.68

Los resultados muestran que la concentración de nutrimentos es menor en el tallo que en la paja (cuadro 3). No obstante, las concentraciones de P, Cu, Zn y Mn fueron bajas en la paja respecto a los valores estándar para caña de azúcar (Salgado *et al.*, 2005). De manera similar, en los tallos se observan bajas concentraciones de Ca y Mg. Las demandas de NPK generadas por el tallo y la paja, así como la demanda total del cultivo, se presentan en el apartado siguiente.

Cuadro 3

Concentración de nutrimentos en paja y tallo de caña de azúcar, cultivada en siete subunidades de suelo del área de abastecimiento del Ingenio “Presidente Benito Juárez”, Tabasco, México.

Subunidad	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	------(%)----- ------(mg kg ⁻¹)-----									
	Paja									
CMfl (Éutrico Arcílico)	0.60	0.15	0.39	0.253	0.003	353.9	10.8	32.9	92.4	5.1
DE	0.17	0.04	1.44	0.392	0.002	203.0	7.7	13.1	56.2	1.3
CMng (Arcillo Éutrico)	0.57	0.14	0.80	0.391	0.002	279.3	11.5	25.3	99.6	5.4
DE	0.12	0.04	2.30	0.454	0.001	317.0	5.5	14.3	60.6	0.9
CMngst (Éutrico -Férrico)	0.55	0.15	0.06	0.291	0.002	284.5	13.9	33.5	104.1	10.5
DE	0.21	0.05	0.04	0.340	0.002	346.2	8.0	13.6	81.5	3.7
CMst (Arcílico Éutrico)	0.44	0.19	0.09	0.748	0.004	348.5	4.5	33.5	92.9	8.1
DE	0.21	0.02	0.01	0.655	0.002	165.1	4.2	9.0	65.1	2.3
GLha (Éutrico Arcílico)	0.66	0.14	1.08	0.286	0.003	352.2	13.4	31.4	108.9	6.5
DE	0.18	0.06	2.80	0.288	0.002	394.4	5.6	10.0	81.1	2.0
VRglst (Éutrico)	0.68	0.16	1.59	0.241	0.003	275.8	10.4	33.0	82.2	10.0
DE	0.20	0.05	3.18	0.297	0.001	108.5	3.7	17.2	49.2	3.7

Continúa en la página 56

Continúa de la página anterior

VRst (Éutrico)	0.63	0.14	0.36	0.363	0.003	564.1	12.5	33.3	107.3	7.0
DE	0.20	0.05	1.40	0.443	0.003	645.8	7.3	14.6	59.9	6.5
Tallo										
CMfl (Éutrico Arcílico)	0.23	0.12	0.02	0.007	0.002	157.9	8.5	12.6	33.1	5.4
DE	0.21	0.03	0.02	0.005	0.002	238.5	7.3	6.9	40.7	4.0
CMng (Arcillo Éutrico)	0.14	0.13	0.43	0.008	0.009	202.3	11.6	20.2	33.9	5.1
DE	0.05	0.05	1.32	0.007	0.006	346.4	7.2	18.4	27.8	3.3
CMngst (Éutrico -Férrico)	0.24	0.14	0.03	0.014	0.004	81.5	12.8	14.3	37.5	5.5
DE	0.20	0.03	0.04	0.019	0.004	84.9	6.4	7.3	21.5	5.1
CMst (Arcílico Éutrico)	0.11	0.13	0.01	0.010	0.001	98.4	8.0	11.7	16.5	8.3
DE	0.06	0.02	0.01	0.005	0.000	44.1	3.2	7.0	12.0	2.9
GLha (Éutrico Arcílico)	0.24	0.14	0.25	0.040	0.004	185.5	11.5	11.0	20.0	5.0
DE	0.18	0.04	0.85	0.101	0.005	304.9	7.2	8.0	12.8	7.6
VRglst (Éutrico)	0.18	0.14	0.54	0.084	0.006	353.5	9.0	13.4	32.0	1.9
DE	0.10	0.07	1.13	0.207	0.007	826.1	4.3	9.5	31.0	1.3
VRst (Éutrico)	0.19	0.14	0.18	0.065	0.077	144.7	10.5	16.1	38.4	5.7
DE	0.16	0.05	0.76	0.151	0.374	259.4	7.5	14.1	41.2	5.0

DE: Desviación estándar.

Suministro

El suministro NPK aportado por el suelo se presenta en el cuadro 4. Se consideran valores promedio de P y K de las subunidades de suelos (datos no presentados) y la demanda NPK de la paja. Se observa que los suelos del IPBJ suministran menos N, P y K que los suelos de otras zonas cañeras (Salgado *et al.*, 2005).

Cuadro 4

Demanda de nutrimental de NPK por el tallo y paja, demanda del cultivo, suministro del suelo y dosis del modelo conceptual según las subunidades de suelo en el Ingenio P.Bj.

Subunidades†	Demanda (kg ha ⁻¹)						Demanda total del cultivo (kg ha ⁻¹)						Suministro del suelo (kg ha ⁻¹)						Dosis del modelo (kg ha ⁻¹)					
	Tallo			Paja			N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K			
	N	P	K	N	P	K																		
CMfl(Éutrico Arcillo)	36.4	19.6	2.6	41.2	10.6	26.6	77.6	30.2	29.2	37.8	24.3	135.5	79.6	44.5	0									
DE	11.2	1.8	1.0	6.2	1.4	51.9	17.4	3.2	52.9	31.7	13.4	62.4												
CMng(Arcillo Éutrico)	18.7	18.1	59.5	36.3	8.9	51.7	55.0	27.0	111.2	35.5	21.5	141.0	39.0	42.0	0									
DE	1.5	1.6	41.2	3.0	1.1	59.2	4.5	2.7	100.5	30.5	14.4	67.6												
CMngst(Éutrico -Férico)	38.2	21.7	4.8	37.1	10.2	4.1	75.4	31.9	8.9	37.5	24.3	111.4	75.7	58.0	0									
DE	12.1	2.1	2.7	4.6	1.1	0.9	16.7	3.2	3.6	31.7	15.0	42.0												
CMst(Arcillo Éutrico)	17.0	18.6	1.9	46.7	20.3	9.8	63.7	38.9	11.7	36.4	33.2	166.6	54.6	44.1	0									
DE	3.0	1.1	0.6	11.5	1.0	0.8	14.5	2.1	1.4	31.5	15.5	81.7												
GLha(Éutrico Arcillo)	34.5	19.6	36.6	37.7	8.0	61.7	72.3	27.6	98.3	37.2	20.4	142.9	70.1	55.1	0									
DE	7.5	1.8	36.4	4.4	1.4	68.2	12.0	3.2	104.6	31.2	10.6	89.0												
VRglst(Éutrico)	31.6	23.5	92.7	32.5	7.6	75.7	64.0	31.1	168.4	36.4	31.7	193.3	55.2	0	0									
DE	6.5	4.6	75.6	5.6	1.4	90.1	12.1	6.0	165.7	31.2	29.2	107.3												
VRst(Éutrico)	30.4	21.5	28.2	37.7	8.7	21.4	68.1	30.1	49.6	36.8	22.2	116.8	62.6	60.4	0									
DE	8.6	2.5	41.9	5.4	1.4	37.7	14.0	3.9	79.6	31.4	13.4	71.1												

DE: Desviación estándar.

Dosis de fertilización por subunidad de suelo

Las dosis de fertilizantes generadas por el modelo conceptual fueron más bajas en N, P_2O_5 y K_2O que las dosis recomendadas en este estudio, debido a que éstas se ajustaron para satisfacer la demanda del cultivo y mantener el equilibrio nutrimental. Las fuentes de fertilización química para el área de abastecimiento fueron tres: 1) U+SPT+KCL, 2) Complejo 20-10-10-EM y 3) U+Triple 17-EM; los costos varían de acuerdo a la fuente y al rendimiento potencial, que fluctúa entre 66 a 94 t ha⁻¹ (cuadro 5).

En complemento, se anexa el mapa de fertilización generado mediante este estudio, que incluye cuatro dosis fertilizantes para el cultivo de la caña de azúcar, según las propiedades del suelo, en el área de abastecimiento del Ingenio PBJ (figura 3). El modo de empleo consiste en localizar geográficamente la parcela en el mapa; de acuerdo al color del área, se identifica la dosis fertilizante que le corresponde. Este mapa está disponible para los productores cañeros en formatos impreso y electrónico.

Cuadro 5

Dosis de fertilizantes recomendadas para el Ingenio “Presidente Benito Juárez”, según la subunidad de suelo; rendimiento potencial y costo de los insumos.

Subunidades de Suelo	Rend (ton.ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Opciones de Fuentes Fertilizantes (\$ ha ⁻¹)		
					1 U+SPT+KCL	2 Complejo 20-10-10-EM	3 U+ Triple 17-EM
CMH (Éutrico Arcílico)	85	120	60	80	260,8 U+130,4 SPT+133,3 KCl 5,137.20	600 C 20-10-10-EM +33 KCl 5,633.50	130 U+353 Triple17-EM+33 KCl 4,789.80
CMng (Arcillo Éutrico)	66	120	60	80	260,8 U+130,4 SPT+133,3 KCl 5,137.20	600 C 20-10-10-EM +33 KCl 5,633.50	130 U+353 Triple17-EM+33 KCl 4,789.80
CMngst (Éutrico-Férrico)	85	120	70	80	260,8 U+152 SPT+133,3 KCl 5,414.90	600 C 20-10-10-EM +25 SPT+33 KCl 5,953.50	108 U + 411 Triple 17-EM 4,868.20
CMst (Arcillo Éutrico)	80	120	60	80	260,8 U+130,4 SPT+133,3 KCl 5,137.20	600 C 20-10-10-EM +33 KCl 5,633.50	130 U+353 Triple17-EM+33 KCl 4,789.80
GLha (Éutrico Arcílico)	75	120	70	80	260,8 U+152 SPT+133,3 KCl 5,414.90	600 C 20-10-10-EM +25 SPT+ 33 KCl 5,953.50	108 U + 411 Triple 17-EM 4,868.20

Continúa en la página 60

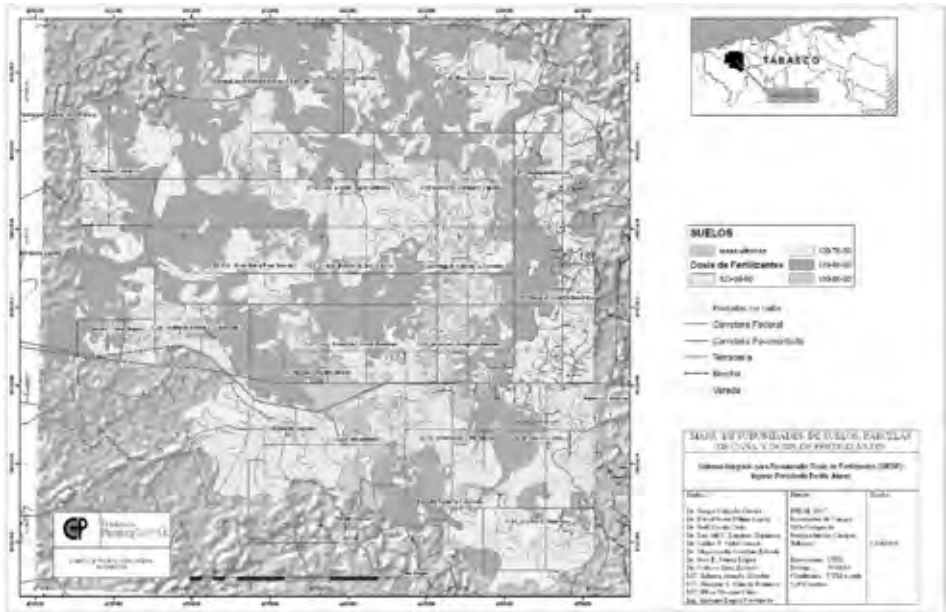
Continúa de la página anterior

Subunidades de Suelo	Rend (ton.ha ⁻¹)	N	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	K ₂ O	Opciones de Fuentes Fertilizantes (\$ ha ⁻¹)		
					1 U+SPT+KCL	2 Complejo 20-10-10-EM	3 U+Triple 17-EM
VRglst (Éútrico)	94	160	80	80	347.8 U+ 173.5 SPT+ 133.3 KCl 6,692.10	800 C 20-10-10-EM 6,512.00	174 U + 470 Triple 17-EM 6,001.00
VRst (Éútrico)	85	120	80	80	260.8 U+ 173.5 SPT+ 133.3 KCl 5,688.80	600 C 20-10-10-EM +50 SPT+33 KCl 6,273.50	87 U+470 Triple 17-EM 5,350.70

U: Urea (46% de N), SPT: Superfosfato triple (46% de P₂O₅), KCL: Cloruro de potasio (60% de K₂O), 20-10-10-EM (20, 10, 10 % de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; complejo enriquecido con micronutrientes). Triple 17 (17% de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente; complejo enriquecido con micronutrientes). Los costos están calculados al 01/08/2008 en pesos mexicanos.

Figura 3

Distribución de las dosis de fertilizantes recomendadas para el cultivo de caña de azúcar en el Ingenio PBJ en Tabasco, México.



Discusión

Caracterización climática

Las variables del clima que se presentan en el área de abastecimiento del IPBJ son adecuadas para el cultivo de la caña de azúcar, excepto la precipitación, ya que existen periodos de sequía tanto como de exceso de humedad (figura 2). Para cubrir el déficit de humedad se deben aplicar dos a tres riegos de auxilio al cultivo. En contraste, en la época de lluvias estos suelos (>50% de arcilla) presentan excesos de humedad, lo cual retrasa el desarrollo del cultivo, tal como lo reportaron Mendoza *et al.* (2003), y como se observa en las áreas bajas del Ingenio “Santa Rosalía”, en Tabasco (Salgado *et al.*, 2005). Un programa de riego y drenaje es indispensable para controlar el aporte de agua al cultivo.

Demanda nutrimental del cultivo

La relación paja/tallo >0.40, indica que la caña produce más paja que tallo moledero y se remueven más nutrimentos del suelo con la paja, como lo demuestran los trabajos de Salgado *et al.* (2001) e Inman-Barber *et al.* (2002). Este desbalance entre la producción de tallos y la paja, explica los bajos rendimientos de caña y de sacarosa en el área de estudio. En las subunidades de suelo se observa una diferencia de 14 t ha⁻¹ entre el

menor y el mayor rendimiento, lo cual indica el potencial de rendimiento si se mejora el manejo del agua.

A nivel planta, el tallo presenta menor concentración de nutrimentos que la paja (cuadro 3), lo cual favorece el rendimiento de azúcar en fábrica (Chen, 1991). No obstante, en la paja las concentraciones de P, Cu, Zn y Mn fueron bajas en comparación con las reportadas para las variedades del Ingenio “Santa Rosalía” (Salgado *et al.*, 2005). De manera similar, en los tallos se observaron bajos contenidos de Ca y Mg, respecto a los valores que reporta Jones *et al.* (1991). Lo anterior, confirma que estos suelos son de baja fertilidad; es decir, existe un bajo suministro de nutrientes proveniente del suelo hacia la planta, por lo que es necesario restituir estos nutrientes vía fertilización edáfica para evitar la sobreexplotación nutrimental de los suelos; mientras no se adopte un sistema de cosecha que permita conservar la paja en el suelo y con ello restablecer el reciclaje de nutrimentos en el suelo.

Se observó que el tallo extrajo menos N, P y K que la paja, lo cual es deseable, ya que en el tallo se acumula la sacarosa y excesos de estos nutrimentos interfieren con la recuperación de azúcar en fábrica (Salgado *et al.*, 2008). En las subunidades CMfl (Éútrico), CMngst (Éútrico-Férrico) y CMst (Arcílico-Éútrico), los tallos presentaron la menor extracción de K; la cual podría influir en menor contenido de sacarosa en los jugos (Salgado *et al.*, 2001). Al analizar la demanda total de la planta se observa que el contenido de N y de K presentó alta variación entre las subunidades de suelo (cuadro 4) lo que, aunado al bajo rendimiento, produjo una subestimación de la demanda de N, P y K.

Suministro del suelo

Los suelos del IPBJ suministran los macronutrimentos primarios en el siguiente orden $K > N > P$, lo cual coincide con lo reportado por Humbert (1974). El suministro de N, P y K presentó menor variabilidad por subunidad, indicando posibles diferencias extractivas en las variedades de caña cultivadas en el área (Mex 69-290, CP72-2086, SP 70-1284 y RD 75-11, entre otras). Al comparar este suministro con los reportados en los Ingenios “Santa Rosalía” y “Azsuremex”, para suelos Gleysoles y Vertisoles, se observa que los suelos del IPBJ suministran menos N, P y K; lo cual se atribuye al pobre contenido de MO (<2.0%) y al elevado contenido de arcillas (>50%), (Salgado *et al.*, 2005; Bolio *et al.*, 2008; Salgado *et al.*, 2010). De los nutrientes contenidos en la paja, únicamente se aprovecha el 60% en el primer año (Gava *et al.*, 2006). Para el N se consideró un aporte de 10% por la biomasa, durante la mineralización de la paja durante el periodo de crecimiento (Inman-Barber *et al.*, 2002). Respecto a la sostenibilidad del cultivo de caña de azúcar es necesario establecer referencias de las propiedades físico-químicas del suelo, para determinar la pérdida de fertilidad, ya que ésta varía de acuerdo a las subunidades de suelo (Ribón *et al.*, 2003; Naranjo *et al.*, 2006).

Dosis de fertilización por tipo de suelo

Las dosis de fertilización para el área de abastecimiento del IPBJ —generadas con el modelo conceptual (cuadro 4)— fueron más bajas en P y K que la dosis 120-60-60 usada por

dicho Ingenio (Rojas *et al.*, 1984); y las cuatro dosis recomendadas por Ortiz (2005): dosis 240-60-240 es para áreas donde el suelo presenta fertilidad más baja; mientras que las dosis 240-30-240, 240-30-120, y 240-60-120 se dirigen a áreas donde el fósforo y potasio son de medios a altos; todas se recomiendan para obtener rendimientos de 100 a 120 t ha⁻¹ en el IPBJ. Si el drenaje del suelo es mejorado, el rendimiento de caña se incrementará, razón por la cual las dosis del modelo conceptual fueron ajustadas con base al potencial de producción, con los contenidos de P y K de cada suelo; y los resultados experimentales de ensayos de campo que indican que no hay respuesta a dosis mayores de 80 kg ha⁻¹ de K₂O y P₂O₅ (Salgado *et al.*, 2000; Salgado *et al.*, 2001; Salgado *et al.*, 2003). Dado que existen subunidades con contenidos medios y bajos de estos nutrimentos, debe aumentarse la dosis de fertilizante para conservar la fertilidad del suelo. Las fuentes de N, P y K más económica para fertilizar la caña de azúcar fue la Urea más triple 17 (cuadro 5), superando al complejo 20-10-10 y a las fuentes de alta concentración de N, P y K (Salgado y Núñez, 2010). El uso del mapa de fertilización facilita identificar las dosis recomendadas para cada parcela.

Conclusiones

Se generaron cinco polígonos de Thiessen en la zona de abastecimiento del Ingenio PBJ, en los cuales la precipitación fluctúa entre 1,640 a 2,227 mm anuales. Las variables del clima en el área de abastecimiento son favorables para el cultivo de la caña de azúcar, excepto por la precipitación que produce déficit de humedad en la época seca y exceso en la época lluviosa.

El polígono del área de abastecimiento del IPBJ tiene una superficie de 92,973.3 ha, de la cual se cultivan 16,488 ha con caña de azúcar; las subunidades de suelo existentes en el área de abastecimiento son: Cambisol Flúvico (Arcílico Éútrico), Cambisol Endogléyico (Arcílico Éútrico), Cambisol Estágnico Endogléyico (Éútrico Férrico), Cambisol Estágnico (Arcílico Éútrico), Gleysol Háplico (Arcílico Éútrico), Vertisol Estágnico Gléyico (Éútrico) y Vertisol Estágnico (Éútrico). Los factores limitantes de la producción son: contenido de arcilla, humedad, y deficiencias de K, Mg, B y Zn del suelo.

La compactación de los horizontes superficiales llega a limitar el crecimiento de las raíces del cultivo.

La relación paja/tallo, en promedio, es mayor de 0.40; lo que indica mayor producción de paja que de tallo e implica bajos rendimientos de caña de azúcar con relación a la biomasa producida.

El programa de fertilización sustentable propuesto para el área de abastecimiento del IPBJ tiene cuatro dosis de fertilización que toman en cuenta las características de la subunidad de suelo y el rendimiento potencial de la zona: 120-60-60 para las subunidades Cambisol Flúvico (Éútrico Arcílico), Cambisol Endogléyico (Arcillo Éútrico) y Cambisol Estágnico (Arcílico Éútrico); 120-70-80 para las subunidades Cambisol Endogléyico Estágnico (Éútrico Férrico) y Gleysol Háplico (Éútrico Arcílico); 160-80-80 para la subunidad Vertisol Gléyico Estágnico (Éútrico); y 120-80-80 para los Vertisoles Estágnicos (Éútrico). Las fuentes más económicas para fertilizar en la región son: urea

más triple 17; la fertilización debe realizarse 1-2 meses después del rebrote, de preferencia con maquinaria, ya que el fertilizante dentro del suelo reduce la volatilización del N.

Agradecimientos

A la Fundación Produce Tabasco, A. C. y al Comité de Producción y Calidad Cañera del IPBJ, por su apoyo económico y logístico para la realización de este trabajo.

Literatura citada

- Basanta, M. V.; Dourado, N. D.; Reichardt, K.; Bachi, S. O. O.; Oliveira, J. C. M.; Trivelin, O. P. C.; Timm, L. C.; Tomi-Naga, T. T.; Correchel, V.; Cassaro, F. A. M.; Pires, L. F. y Macedo, J. R. (2003). Management effects on nitrogen recovery in a sugarcane crop grow in Brazil. *Geoderma*. 116(8):235-248.
- Bolio-López, G. I.; Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Castelán-Estrada, M. y Etchevers-Barra, J. D. (2008). Dinámica de potasio en suelos cañeros. *Terra Latinoamericana*. 26(3):252-263.
- Cañeros. (2009). *Unión Nacional de Cañeros*, A. C. CNPR: www.caneros.org.mx (Consultada el 27 de febrero de 2009).
- CONAGUA (2008). *Servicio Meteorológico Nacional. Estaciones climáticas de Tabasco*. <http://smn.cna.gob.mx/> (Consultada el 25 de octubre de 2008).
- Cuanalo, C. H. (1981). *Manual de descripción de perfiles de suelo en el campo*. 2a. Ed. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 40 pp.
- Chen, C. P. J. (1991). *Manual de azúcar de caña*. Editorial LIMUSA. México. 1,200 pp.
- ESRI (2008). *ARCGIS 9.2 Desktop*. www.esri.com/software/arcgis/index.html (Consultada el 10 noviembre de 2008).
- FAO (1984). *Uso óptimo de los fertilizantes para los cereales*. FAO. Roma, Italia. Boletín de fertilizantes No. 3. 31 pp.
- Franco, J. E. C.; Otto, R.; Faroni, C. E.; Vitti, A. C.; Oliveira, A. E. C. y Trvelin, O. P. C. (2011). Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer under Brazilian field conditions. *Fields Crop Research*. 121(1):29-41.
- García, E. A. (1984). *Manual del campo cañero mexicano*. Serie divulgación técnica. IMPA. Libro No. 24. México, D. F. 469 pp.
- Gava, J. C. G.; Silva, A. M.; Trivelin, O. P. C.; Vitti, C. A.; Penati, A. C. y Caputo, M. M. (2006). Acumulación de fitomasa y macronutrientes en rebrotes de caña de azúcar cultivados en suelos cubiertos por paja. En: *Memorias del VI Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latino América y el Caribe*, ATALAC. Guayaquil, Ecuador. p. 1-9.
- Hernández, I.; Medina, E. y López, H. D. (1995). Respiración edáfica y aportes de materia orgánica por las raíces y la hojarasca en un cultivo de caña de azúcar. *Agronomía Tropical* 45(1):121-142.
- Humbert, R. P. (1974). *El cultivo de la caña de azúcar*. Editorial Continental. México. 719 pp.
- INEGI. (1995). Fotografías aéreas blanco y negro. Escala 1:75 000. Región Central y del estado de Chiapas. México.
- INEGI (1986). Cartas topográficas, Escala 1:50 000. Región Central y del estado de Chiapas. México.
- Inman-Barber, N. G.; Muchow, N. G. y Robertson, M. J. (2002). Dry matter partitioning of sugarcane in Australia and South Africa. *Fields Crop Research*. 76(1):71-84.
- IUSS Grupo de Trabajo wrb (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Primera actualización. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Jones, B. J.; Wolf, B. y Mills, H. A. (1991). *Plant analysis handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, Georgia, USA. 213 pp.
- Lal, R. (2009). Soil quality impacts of residue removal for bioethanol production. *Soil & Tillage Research*. 102:233-241.
- Martínez, G. A. (1988). *Diseños experimentales: Métodos y elementos de teoría*. Trillas. México. 756 pp.

- Mendoza, P. J. D.; Nikolski, G. I.; Palacios, V. O. L.; Landeros, E. C.; Palma, L. D. J.; Carrillo, A. E. y Estrada, B. M. A. (2003). Análisis del funcionamiento hidráulico de diferentes tipos de drenaje agrícola en Tabasco. *Ingeniería Hidráulica en México*. 18(2):107-119.
- Naranjo, F. J.; Salgado, G. S.; Lagunes, E. L. C.; Carrillo, A. E. y Palma, L. D. J. (2006). Changes in the soil fertility of fluvisoles cultivated with sugarcane through the years. *Soil & Tillage Research*. 88(1-2):160-167.
- Oliveira, M. W.; Trivelin, O. P. C.; Boaretto, E. A.; Muraoka, T. y Mortatti, J. (2002). Leaching of nitrogen, potassium, calcium and magnesium in a sandy soil cultivated with sugarcane. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília. 37(6):861-868.
- Ortiz, R. R. H. (2005). *Clasificación de los factores limitantes para la producción de caña de azúcar: zona de abastecimiento del Ingenio Benito Juárez*. H. Cárdenas, Tabasco. Informe técnico. 40 pp.
- Ribon, C. M. A.; Salgado, G. S.; Palma, L. D. J. y Lagunes, E. L. C. (2003). Las propiedades químicas y físicas de un vertisol cultivado con caña de azúcar. *Interciencia*. 28(3):154-159.
- Rodríguez, S. J. (1993). *Fundamentos de fertilidad de cultivos*. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. 240 pp.
- Rojas, M. B.; Ortiz, V. B. y García, E. A. (1984). *Fertilización de la caña de azúcar*. IMPA. México. 27 pp.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Zavala-Cruz, J.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Ortiz-García, C. F.; Castelán-Estrada, M.; Guerrero-Peña, A.; Aranda-Ibáñez, E. M.; Moreno-Cáliz, E. y Rincón-Ramírez, J. A. (2010). Lotificación del campo cañero: una metodología para iniciar la agricultura de precisión en los ingenios de México. *Interciencia*. 35 (3):183-190.
- Salgado, G. S. y Núñez, E. R. (2010). *Manejo de fertilizantes y abonos orgánicos*. Colegio de Postgraduados - Mundi Prensa. México 146 pp.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Zavala-Cruz, J.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Castelán-Estrada, M.; Ortiz-García, C. F.; Juárez-López, J. F.; Rincón-Ramírez, J. A. y Hernández-Nataren, E. (2008). Programa sustentable de fertilización para el ingenio Pujilic, Chiapas, México. *Terra-Latinoamericana*. 26 (4):361-373.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Lagunes-Espinoza, L. C. y Castelán-Estrada, M. (2006). *Manual para el muestreo de suelos plantas y aguas e interpretación de análisis*. Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, ISPROTAB. Cárdenas, Tabasco, México. 90 pp.
- Salgado-García, S.; Palma-López, D. J.; Lagunes-Espinoza, L. C.; Ortiz-García, C. F. y Ascencio-Rivera, J. M. (2005). Bases para generar un programa sustentable de fertilización en un ingenio de Tabasco, México. *Interciencia*. 30(7):395-403.
- Salgado, G. S.; Núñez, E. R. y Bucio, A. L. (2003). Determinación de la dosis óptima económica de fertilización en caña de azúcar. *Terra*. 21(2):267-272.
- Salgado, G. S.; Núñez, E. R.; Peña, C. J. J.; Etchevers, B. J. D.; Palma-L. D. J. y Soto, H. M. R. (2001). Eficiencia de recuperación del nitrógeno fertilizante en soca de caña de azúcar sometida a diferentes manejos de fertilización. *Terra*. 19 (2):155-162.
- Salgado, G. S.; Núñez, E. R.; Peña, C. J. J.; Etchevers, B. J. D.; Palma-L. D. J. y Soto, H. M. R. (2000). Respuesta de la soca de caña de azúcar a la fertilización NPK. *Agrociencia*. 34(6):689-698.
- SEMARNAT (2001). *Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2001*. Segunda edición. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 26 pp.
- Tabios, G. Q. y Salas, J. D. (1985). A comparative analysis of techniques for spatial interpolation of precipitation. *Water Resources Bulletin AWRA*. 21 (3):365-380.
- Thorburn, P. A.; Webster, A. J.; Biggs, I. M.; Biggs, J. S.; Staunton, S. P. y Parck, S. E. (2007). Systems to balance production and environmental goals of nitrogen fertilizer management. En: *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol*. 26:302-309.
- Thornthwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*. 38 (1): 55-94.

Recibido: Diciembre 18, 2010

Aceptado: Septiembre 5, 2011

Caracterización espectroscópica de enmiendas orgánicas

Spectroscopic characterization of organic amendments

Zambrano, A. J.;^{1*} Contreras, F. A.;¹ Paolini, J. E.²
y Rivero, C.³

¹Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias, Departamento de Química
Laboratorio de Investigaciones y Análisis Químicos, Industriales y Agropecuarios (LIAQIA)
Mérida, Estado Mérida, Venezuela (Apartado Postal 5101).

²Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Altos de Pipe,
Centro de Ecología, Laboratorio de Ecología de Suelos,
Estado Miranda, Venezuela.

³Universidad de Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Edafología,
Maracay, Estado Aragua, Venezuela.

*Correspondencia: alexisz@ula.ve

Resumen

Las características estructurales de los ácidos húmicos (AHs) dependen, fundamentalmente, del origen y las condiciones en las cuales se desarrollan estos compuestos. Cada vez se busca discernir, con mayor precisión, sobre la estructura y reactividad de los AHs, así como sobre los grupos funcionales que contienen. En esta investigación se utilizó —en conjunto— IR, ¹H-RMN, UV-Vis para el estudio estructural de los AHs, de una serie de enmiendas usadas en los Andes Venezolanos y su relación entre sí. Los resultados de la relación E_4/E_6 señalan menor polimerización para el lodo, estiércol de caprino y las vermicompostas ULA y Zea, y mayor para la cachaza y el estiércol de vacuno. Los espectros de infrarrojo de dichos AHs mostraron similitud, especialmente en bandas específicas a algunos grupos funcionales, tales como: alcoholes, aminas, amidas, ácidos carboxílicos, grupos cetónicos e insaturaciones alifáticas y aromáticas. Los análisis de ¹H-RMN no permitieron un mayor esclarecimiento de la estructura de los AHs es-

Abstract

The structural characteristics of humic acids (HAs) depend mainly on the origin and the conditions in which these compounds are developed. There is a need to discern more accurately the structure and reactivity of HAs as well as the functional groups they contain. There are many analytical techniques that assess and allow the understanding of the complexity of these macromolecules. In this research, a —conjunction of— IR, ¹H-RMN, UV-Vis were used for the structural study of the has of a series of organic residues used and their relationship with each other at the Venezuelan Andes. The results of the E_4/E_6 ratio indicated less polymerization on sludge, manure and ULA and Zea vermicompost, and more polymerized structures in sugar cane residues and cow manure. The infrared spectra of has were similar for all organic amendments studied, especially in specific bands to functional groups such as alcohols, amines, amides, carboxylic acids, ketonic groups and aliphatic and unsaturated and aromatic

tudiados; sin embargo, se confirmó la presencia de grupos funcionales alifáticos y metilénicos, ácidos, alcoholes y amidas. Además de la presencia de estructuras aromáticas en algunos AHs. Estos resultados son congruentes con los obtenidos por IRFT; expresan que existen diferencias en las estructuras químicas de los AHs de las enmiendas evaluadas vinculadas a su origen y estabilidad química.

Palabras clave

^1H -RMN, infrarrojo, relación E_4/E_6 , madurez, estabilidad, enmiendas orgánicas, composta.

groups. The ^1H -RMN spectra hasn't provided further evidence about has structure. However, the presence of methylene aliphatic acid, alcohols and amides groups was confirmed. The presence of aromatic structures in some ahs was observed. These results corroborate the results obtained by FTIR. The results show differences on the chemical structures of the organic residues' humic acids linked to their chemical origin and stability.

Key words

^1H -NMR, IR, E_4/E_6 ratio, maturity, stability, organic amendments, compost.

Introducción

Algunos autores sostienen que los ácidos húmicos (AHs) son mezclas de carbohidratos, proteínas y lípidos procedentes tanto de plantas como de microorganismos, junto con degradaciones parciales de lignina y taninos con materiales microbianos como melaninas; o son pseudoestructuras definidas como constituciones moleculares hipotéticas con elementos, estructuras y grupos funcionales parecidos y consistentes con alguna o todas las propiedades observadas. Algunos métodos que son ampliamente utilizados en muchos procesos industriales de control de calidad, también son aplicados en la evaluación de calidad de enmiendas orgánicas. El desarrollo de las diferentes técnicas espectrales —como la espectroscopia ultravioleta-visible, infrarroja con transformadas de Fourier, resonancia magnética nuclear ^{13}C , entre otros— ha permitido avanzar ampliamente en el estudio y comprensión de la estructura de los AHs (Mosquera *et al.*, 2007; Meissl *et al.*, 2008).

La relación de las densidades ópticas o absorbancias de soluciones diluidas de AHs y fúlvicos (AFs) a 465 y 665 nm (abreviada como relación E_4/E_6), ha sido utilizada para caracterizar la materia orgánica. Ésta consiste en la relación entre la absorbancia a 465 y 665 nm, de una solución de AHs o AFs en NaHCO_3 a pH 8,2; donde, valores bajos indican un alto grado de aromaticidad; mientras que los altos señalan un mayor contenido de cadenas alifáticas. Chen *et al.* (1977) proponen que esta relación presenta una alta correlación con el contenido de radicales libres, O, C y -COOH, la acidez total y el peso molecular del material, los cuales están relacionados con el grado de madurez y estabilidad de las enmiendas orgánicas.

Con base en los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas, mediante las técnicas de espectroscopia visible e infrarroja, Kumada (1987) propuso la clasificación de los AHs en cinco grupos: A, B, R_p , P_0 y P, de acuerdo a su posición en un sistema de ejes coordenados (figura 1), previa obtención del Log K y el valor RF, midiendo $\Delta\log K$ y RF a través de la expresión:

$$\Delta \text{Log}K = \text{Log}k_{400} - \text{Log}K_{600}$$

$$RF = K_{600} 1000 \div C$$

Donde:

K_{400} y K_{600} son las densidades ópticas de una solución de AHs a 400 y 600 nm, respectivamente, y

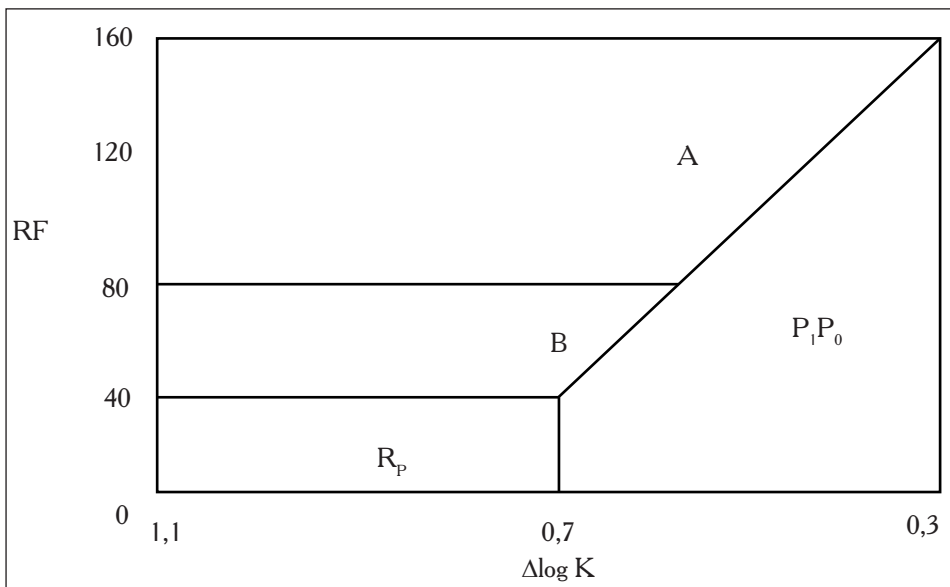
C = volumen de KMnO_4 0,1 M consumidos en la titulación de 30 mL de AHs, usados en la determinación del espectro de adsorción.

Clasificación Kumada:

- R_p : moléculas formadas en las primeras etapas del proceso de humificación.
- Grado de complejidad: $P_o > P > B > A > R_p$.
- El esquema permite inferir acerca de: grado de aromaticidad ($A \gg B, P \gg R_p$).
- Acidez total y contenido de grupos carboxílicos y carbonilos ($R_p \gg P_o \gg B \gg A$).
- Contenido de grupos hidroxilos y metoxilos ($A \gg B \gg P_o \gg R_p$).
- Contenido de grupos funcionales en general ($R_p \ll B$ y $P \ll A$).
- Contenido de nitrógeno total ($R_p \gg P_o \gg B \gg A$).

Figura 1

Esquema del sistema de clasificación de Kumada para ácidos húmicos.



Este sistema de codificación permite obtener información sobre las características de las moléculas de AHs, tales como: grupos funcionales, composición elemental y grado de humificación. De este modo, Kumada (1987) propone como una teoría para la formación de los AHs, en la que el proceso de humificación de los mismos ocurre a partir de los AHs tipo Rp (los cuales representan a aquellos que están relacionados con los primeros estados de humificación de la materia orgánica). Éstos, a su vez, evolucionan hacia AHs del tipo B y, finalmente, hacia el tipo A. Estos últimos corresponden a las formas más evolucionadas dentro de los AHs, pero cada tipo exhibe una forma relativamente estable en el suelo del cual es extraído; aunque en suelos fuertemente ácidos, los AHs del tipo Rp son reemplazados por ácidos de tipo P. Los AHs tipo Rp y B representan formas inmaduras y transitorias de los AHs tipo A. En este sentido, se ha intentado clasificar las sustancias húmicas en tres tipos, según su espectro de absorción: tipo A, aquellas que no tienen bandas de absorción específicas y disponen de un bajo valor de $\Delta\text{Log K}$, estando por debajo de 0,6; tipo B, sustancias húmicas cuyo espectro se caracteriza por tener un pico a 275 nm y un valor de $\Delta\text{Log K}$ entre 0,6 y 0,8; tipo C, aquellas cuyo valor de $\Delta\text{Log K}$ oscila entre 0,8 y 1,1.

Kononova (1982) describe el valor E_4/E_6 como una relación inversamente proporcional al grado de condensación de la red aromática carbonada de las sustancias húmicas y, por tanto, una baja relación E_4/E_6 ; es indicativo de un alto grado de condensación de estructuras aromáticas. Inversamente, una alta relación E_4/E_6 reflejará un bajo grado de condensación aromática e infiere la presencia de proporciones relativamente grandes de estructuras alifáticas (Stevenson, 1994). Para los AHs, indica valores comprendidos entre 3 y 5,5 y para los AFs el intervalo está entre 6 y 8,5.

Schnitzer y Khan (1972) indicaron que la absorción de luz de los AHs y AFs en la región visible del espectro electromagnético aumenta con la relación del carbono en el núcleo aromático al carbono de las estructuras alifáticas, con el contenido total de carbono y con el peso molecular. Chen *et al.* (1977) señalaron que la relación E_4/E_6 está determinada por el tamaño de partícula o peso molecular, pH, concentración de oxígeno, carbono, grupos carboxílicos y acidez total y que, aparentemente, no está relacionada directamente con la concentración de anillos aromáticos condensados (grado de condensación); además, es independiente de la concentración de AHs, al menos en el intervalo de concentración entre 100 - 500 Mg.kg⁻¹. Mientras que la reducción en la relación E_4/E_6 supone un aumento en el tamaño molecular y la menor proporción de carboxílicos ácidos (Heymann *et al.*, 2005; Rupiasih y Vidyasagar, 2007).

La espectroscopia infrarrojo (IR), por su capacidad de identificar grupos funcionales que absorben radiación en el sector IR, se ha convertido en una herramienta muy útil para estudiar la naturaleza, reactividad y arreglo estructural de las mismas. Permite detectar la presencia de proteínas y carbohidratos o de impurezas inorgánicas (Rivero, 2001); la espectroscopia infrarrojo con transformadas de Fourier es una técnica altamente efectiva, pero su información es básicamente cualitativa y ha tenido éxito en el estudio de los procesos de degradación de la materia orgánica y su mineralización (Chefetz *et al.*, 1996).

Otra técnica moderna para la caracterización de AHs es la resonancia magnética nuclear (RMN) en estado sólido (Mao *et al.*, 2000). Esta técnica ofrece una descripción de las principales clases de grupos que contienen carbono en su estructura; de una manera simple ha contribuido considerablemente a la información en cuanto a la naturaleza química de AHs. El análisis de los AHs extraídos, utilizando la técnica de ^1H -RMN, permite obtener información sobre los grupos funcionales presentes en los mismos y su aromaticidad.

Es importante señalar que la información obtenida por cada una de las técnicas IR, RMN, UV-Vis, etcétera, de manera aislada no es por sí sola suficiente, dado que no hay 100% de especificidad; por lo que se requiere la combinación de éstas u otras técnicas analíticas adicionales (rayos X, espectroscopia de fluorescencia, resonancia de spin electrónico, microscopia electrónica). La combinación demuestra la presencia de las distintas estructuras o grupos funcionales.

El interés por la disposición final de residuos orgánicos degradables y la recuperación de suelos degradados o con deficiencia de materia orgánica, ha permitido que las enmiendas orgánicas surjan como una de las mejores alternativas a utilizar. En Venezuela se han realizado pocos estudios de caracterización de AHs de enmiendas orgánicas; la mayoría de las investigaciones se han orientado en caracterizar la materia orgánica del suelo y evaluar las propiedades físico-químicas y biológicas de éste después de la aplicación de dichos materiales. En la presente investigación, se caracterizaron —por técnicas espectroscópicas— ocho enmiendas orgánicas comerciales, con el fin de evaluar su calidad, estabilidad y madurez y deducir su potencial uso y aplicación. Esta evaluación puede ser realizada a través de diversos parámetros y medidas espectroscópicas UV-Vis, infrarrojo, o analizando la estructura de los AHs.

Estabilidad y madurez de las enmiendas orgánicas son expresiones que suelen usarse de manera indistinta y, generalmente, no son catalogados como índices de calificación. Estabilidad se refiere a una etapa específica de descomposición del material orgánico, la cual está relacionada con el tipo de compuestos orgánicos residuales y la actividad biológica resultante que se puede medir; por ejemplo, la desaparición de la banda de adsorción cercana a $1,456\text{ cm}^{-1}$ correspondiente a la lignina en materiales ricos en lignina durante el compostaje (Sacco, 2008). Mientras que la madurez se refiere a la capacidad de uso final en el suelo. En este caso, la relación E_4/E_6 calculada como el cociente de absorbancias a 465 y 665 nm se incrementa ligeramente con el tiempo de compostaje y luego decrece al final del proceso, llegando a valores cercanos al obtenido para el AHs extraídos de suelos.

Materiales y métodos

Selección de las enmiendas orgánicas utilizadas. En esta investigación se evaluaron ocho enmiendas orgánicas de diferentes orígenes: estiércol de vacuno y caprino, vermicomposta de dos fuentes distintas de sustratos, composta de cachaza (C), lodo originado de una planta depuradora aerobia (L), el cual obedece al origen, la carga iónica de las aguas y el tipo de planta de tratamiento, gallinaza Lara (GL, estiércol de pollos de engorde y gallinas ponedoras, no peletizado) y gallinaza Mérida (GM, cama de descanso con base

en concha de arroz de forma peletizada). En la selección de las enmiendas se consideró su grado de estabilidad y su uso agrícola. En el caso de las vermicompostas, se tomó en cuenta la naturaleza y manejo de los sustratos usados en el compostaje y las condiciones ambientales. La vermicomposta ULA (VU) usa como sustrato residuos vegetales y la vermicomposta Zea (VZ) fue elaborada con una mezcla de estiércol de vacuno y desechos de una planta de beneficio de café. La extracción de las sustancias húmicas se realizó de acuerdo al método propuesto por Ciavatta *et al.* (1990), que usa una mezcla hidróxido-pirofosfato como extractante en una relación 1:10, enmienda-extractante.

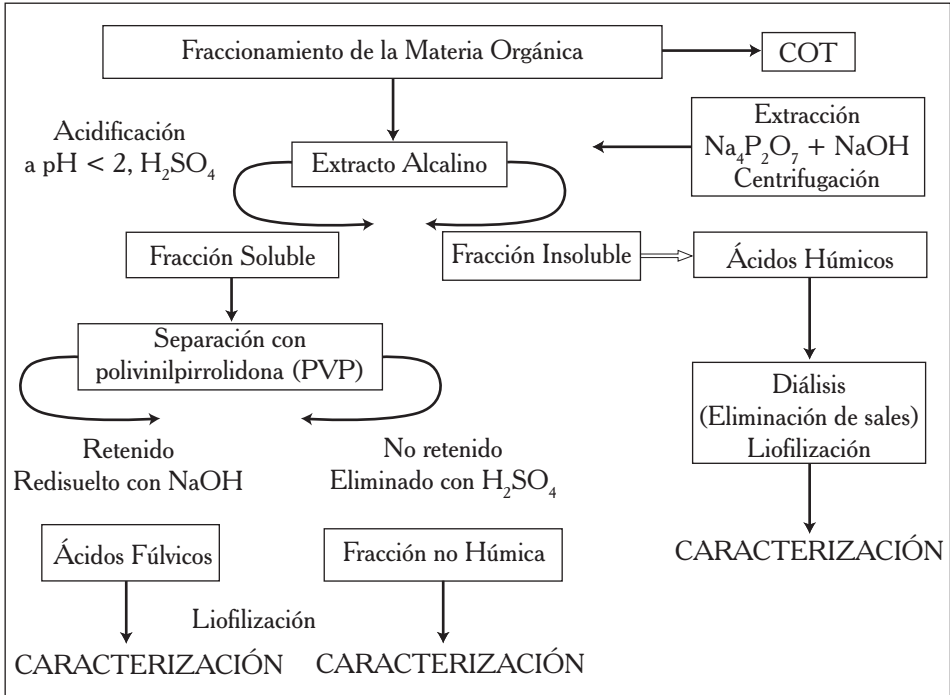
En todos los casos, se tomaron cinco muestras en presentaciones de 3 kg. Las mismas, se secaron al aire y se tamizaron a 2 mm. Se siguió el mismo tratamiento para las ocho muestras estudiadas, tomando cuatro repeticiones en cada enmienda.

Extracción y purificación de las sustancias húmicas. La extracción de las sustancias húmicas se realizó según el esquema de la figura 2, basado en la diferencia de solubilidad en ácidos y bases. Se usó una relación 1:10, enmienda: extractante, de acuerdo al método propuesto por Ciavatta *et al.* (1990). Este procedimiento permitió precipitar los AHs en medio ácido y separarlos por centrifugación del medio de extracción (pirofosfato de sodio-hidróxido de sodio). Posteriormente, se separaron los ácidos fúlvicos de las sustancias no húmicas a través de una columna de polivinilpolipirrolidona.

Los ácidos húmicos obtenidos se dializaron, introduciéndolos dentro de una membrana de diálisis membrana Spectrapor de 3.3 mL/cm de capacidad, 32 mm de ancho y 20.4 mm de diámetro. Con un peso molecular de corte entre 6,000 y 8,000. Spectrapor, marca Thomas Scientific, permaneciendo en contacto con agua hasta que se equilibró la concentración de sales. La remoción de agua se realizó periódicamente hasta eliminar por completo la presencia de SO_4^{2-} y Cl^- en los ácidos húmicos, cuya existencia se determinó por la turbidez generada en el medio al interactuar con una solución diluida de BaCl_2 y AgNO_3 , respectivamente. Enseguida, los ácidos húmicos se liofilizaron con un liofilizador Freezone 77510, marca Labconco, con el fin de obtener en forma sólida dichos ácidos para sus análisis espectroscópicos.

Figura 2

Fraccionamiento de la materia orgánica.



Fuente: adaptado de Ciavatta *et al.* (1990).

Relación E_4/E_6 . Esta relación se utilizó para caracterizar la materia orgánica de las enmiendas orgánicas, midiendo la relación de absorbancias a 465 y 665 nm, de una solución de AHs en NaHCO_3 a pH 8,2 usando un espectrofotómetro UV-Visible 1601, marca Shimadzu, de acuerdo a la metodología descrita por Kononova (1966).

Por otra parte, la clasificación de los AHs, se realizó de acuerdo al sistema de clasificación de Kumada (1987), midiendo la absorbancia a 400 y 600 nm, determinando posteriormente los valores de $\Delta \log K$ y RF.

Caracterización por espectroscopia de infrarrojo. Esta caracterización se realizó a partir de una mezcla de AHs, a los cuales se le agregó KBr en una proporción de 0,25%, de acuerdo al método propuesto por Inbar *et al.* (1989), usando un espectrofotómetro infrarrojo con transformadas de Fourier modelo 1605, marca Perkin-Elmer, en el rango entre 4,400 y 450 cm^{-1} .

Caracterización con espectroscopia de resonancia magnética nuclear, $^1\text{H-RMN}$. Los espectros de $^1\text{H-RMN}$ se realizaron por dilución de los AHs con agua deuterada ($\text{D}_2\text{O} > 99,996\%$), en un equipo de resonancia magnética nuclear (RMN), a

una frecuencia de 400 MHz, según el método sugerido por Inbar *et al.* (1989), en un equipo de RMN digital, modelo Avance DRX 400, marca Bruker.

Resultados

Relación E_4/E_6 . De acuerdo a la relación de las densidades ópticas (E_4/E_6) obtenidas, los valores altos indican presencia de moléculas orgánicas pequeñas o estructuras alifáticas y, por lo general, con un mayor contenido de grupos funcionales. Mientras que, valores bajos de la relación E_4/E_6 supone un aumento en el peso molecular y menor proporción de ácidos carboxílicos, además de estar relacionada con el contenido de oxígeno en los AHs. En el cuadro 1, se presentan los valores de la relación E_4/E_6 de los AHs de las diferentes enmiendas estudiadas. Se observa que los mayores valores corresponden a los AHs del lodo, estiércol de caprino y la gallinaza Mérida; mientras que las relaciones E_4/E_6 menores pertenecen a la cachaza.

Cuadro 1

Relación E_4/E_6 obtenidas para los ácidos húmicos de las enmiendas orgánicas estudiadas.

Enmienda	E_4/E_6
Estiércol de Vacuno	5,13*
Estiércol de Caprino	7,59**
Gallinaza Lara	5,71*
Gallinaza Mérida	7,41**
Vermicomposta ULA	6,69*
Vermicomposta Zea	5,64*
Cachaza	3,59*
Lodo	8,00**

Diferencia estadística para E_4/E_6 , según Tukey ($P = 0,05$). * Efecto significativo; ** Efecto no significativo.

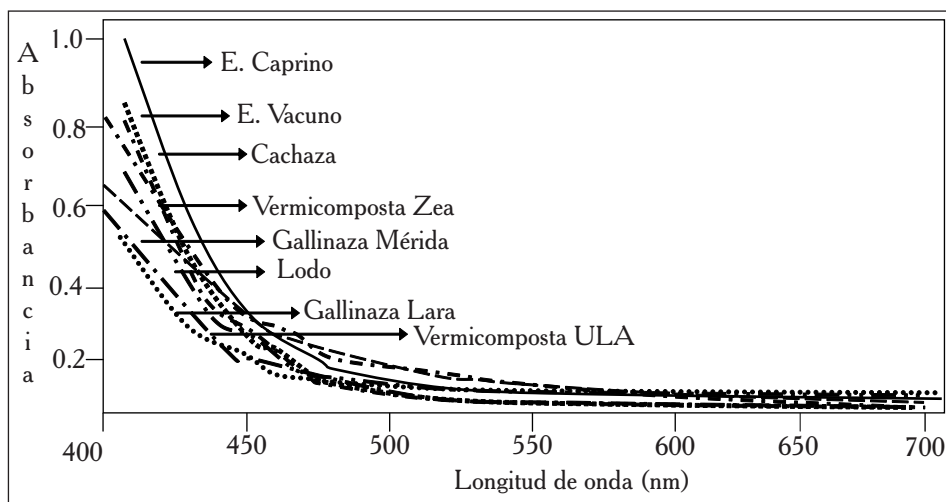
Se ha conseguido que existe diferencia significativa ($P = 0,05$) en la relación E_4/E_6 de algunos AHs de las enmiendas estudiadas como consecuencia del origen y manejo al cual son sometidas en el proceso de elaboración.

Los valores altos de la relación E_4/E_6 en el lodo, estiércol de caprino y gallinaza Mérida indican un bajo grado de humificación de los AHs, en contraste con los valores para la cachaza; mientras que el resto de las enmiendas orgánicas aún pueden estar en proce-

so de estabilización. Esto indica que los AHs de la cachaza presentan pesos moleculares más altos que el resto de las enmiendas. Por el contrario, el lodo, el estiércol de caprino y gallinaza Mérida manifiestan un bajo grado de condensación aromática y, posiblemente, la presencia de mayores estructuras alifáticas.

En la figura 3, se presentan los espectros de absorción visible de los AHs de las diferentes enmiendas orgánicas estudiadas, en donde se observa que los AHs de estiércol caprino presentan la mayor absorción a 465 nm, seguido de la cachaza; mientras que los demás AHs presentan una absorción similar. Una tendencia análoga fue observada a los 665 nm, para todos los AHs. Éstos, presentaron un espectro visible monótono que decrece en forma exponencial en función de la longitud de onda.

Figura 3
Espectro visible de los ácidos húmicos de las diferentes enmiendas orgánicas estudiadas.



Clasificación de los ácidos húmicos. Con el fin de conocer el tipo de materia orgánica de las enmiendas estudiadas se aplicó el sistema de clasificación de Kumada (1987), con el cual se calcularon los parámetros indicados anteriormente. Los resultados se ilustran en el cuadro 2, donde se indican los valores de $\Delta \log K$, RF y los resultados de la clasificación para cada AH y enmienda orgánica. De acuerdo a la clasificación, el estiércol de caprino, las gallinazas y las vermicompostas pertenecen a los AHs del grupo R_p ; mientras el estiércol de vacuno, la cachaza y el lodo lo hacen al grupo P_1P_0 . Esto indica que las enmiendas del grupo R_p contienen AHs en los primeros estados de humificación de

la materia, donde es posible evidenciar algunos compuestos orgánicos formadores de tejidos vegetales, tales como lignina, polifenoles y aminoácidos.

Estos AHs del tipo R_p , en general, se corresponden con compuestos poco aromáticos, con elevada acidez y contenido de grupos carboxílicos, pocos grupos metóxilos, escasos grupos funcionales y presencia de compuestos nitrogenados. Se asume que esto se debe, posiblemente, a que algunos de estos materiales aún no están maduros; mientras que en la vermicomposta por posible liberación de moléculas, relativamente simples, por las lombrices.

Cuadro 2

Aplicación sistema de clasificación Kumada para los AHs.

Enmienda	$\Delta \log K$	RF	Clasificación
Estiércol de Vacuno	0,663	23,622	P_1P_0
Estiércol de Caprino	0,837	8,819	R_p
Gallinaza Lara	0,719	12,815	R_p
Gallinaza Mérida	0,732	18,511	R_p
Vermicomposta ULA	0,747	14,27	R_p
Vermicomposta Zea	0,925	6,178	R_p
Cachaza	0,533	16,311	P_1P_0
Lodo	0,516	8,167	P_1P_0

Respecto a los AHs del grupo P_1P_0 , estas enmiendas presentan bajo grado de complejidad, poco aromáticos, presencia de algunos grupos metóxilos y carboxílicos, lo que les confiere cierta acidez, poca diversidad de grupos funcionales y moderado contenido de compuestos nitrogenados.

Caracterización por espectroscopia de infrarrojo. Aunque esta técnica no proporciona datos cuantitativos, se han determinado con éxito estructuras que indican las transformaciones de la materia orgánica durante el proceso de maduración y estabilización. Con estos análisis espectroscópicos, es posible comparar entre la madurez de una enmienda orgánica y el grado de descomposición de los componentes biodegradables durante el proceso de maduración.

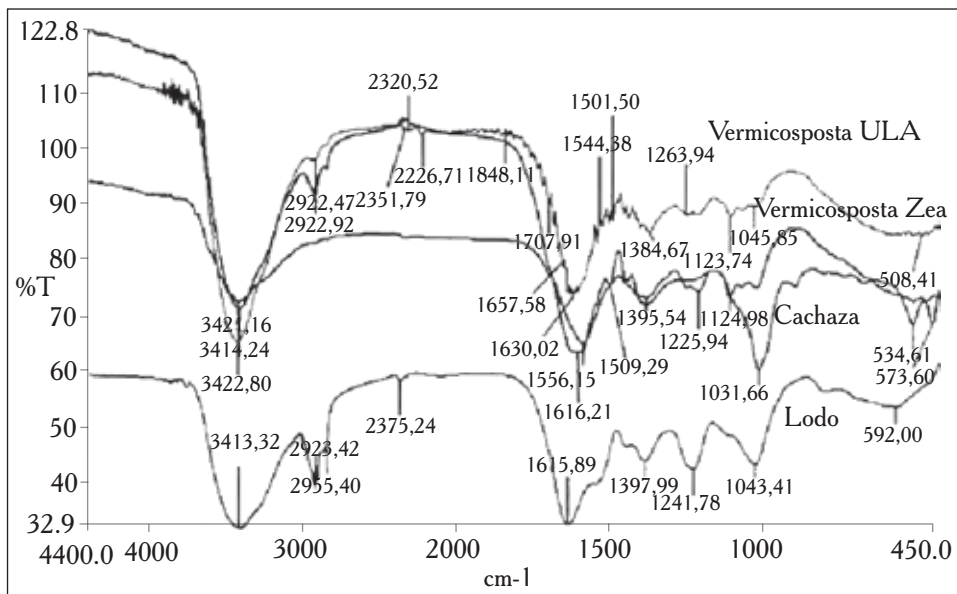
En general, los espectros de infrarrojo con transformadas de Fourier (IRTF), de los AHs de las enmiendas orgánicas estudiadas son similares, especialmente en bandas de alcoholes, aminas, amidas, ácidos carboxílicos, grupos cetónicos e insaturaciones alifáticas y aromáticas.

En la figura 4, se presentan los espectros IRTF de los AHs de la cachaza, lodo, vermicomposta ULA y vermicomposta Zea; en éstos, se aprecia la presencia de las vibraciones correspondientes al alargamiento O-H de alcoholes o fenoles en asociación polimérica (3,400 - 3,200 cm^{-1}); sin embargo, dicha banda también se asocia con amidas secundarias, cuya banda aparece entre 3,500 y 3,310 cm^{-1} , consecuencia de la vibración N-H. La presencia de una banda entre 1,650 y 1,550 cm^{-1} evidencia la existencia de grupos COO^- ; la banda se encuentra en todos los AHs antes señalados. No obstante, también aparece la vibración de estiramiento O-H de alcoholes terciarios (1,410-1,310 cm^{-1}), así como vibraciones de flexión en el plano de O-H en alcoholes o fenoles, cercana a 1,400 cm^{-1} . En ninguno de los casos se presentó la señal de absorción de cetonas; sin embargo, en las vermicompostas, se observó una ancha banda de absorción a 1,596 cm^{-1} que se asocia con vibraciones $\text{C}=\text{C}$, típica de hidrocarburos aromáticos y de grupos carboxílicos.

En los espectros IRTF del lodo y vermicomposta Zea se presentaron señales características de la presencia de hidrocarburos alifáticos, incluyendo posibles sustituciones metílicas múltiples; además, probablemente hidrocarburos alifáticos de cadena larga con sustituciones. Cabe destacar la presencia de posibles compuestos cíclicos (2,960-2,900 cm^{-1}), grupos carbonil-amida entre (2,990-2,850 cm^{-1}) y presencia de acetileno o sustitución nitrilo (1,485-1,345 cm^{-1}).

Figura 4

Espectros IRTF de los AHs de la cachaza, lodo, vermicomposta ULA y Zea.



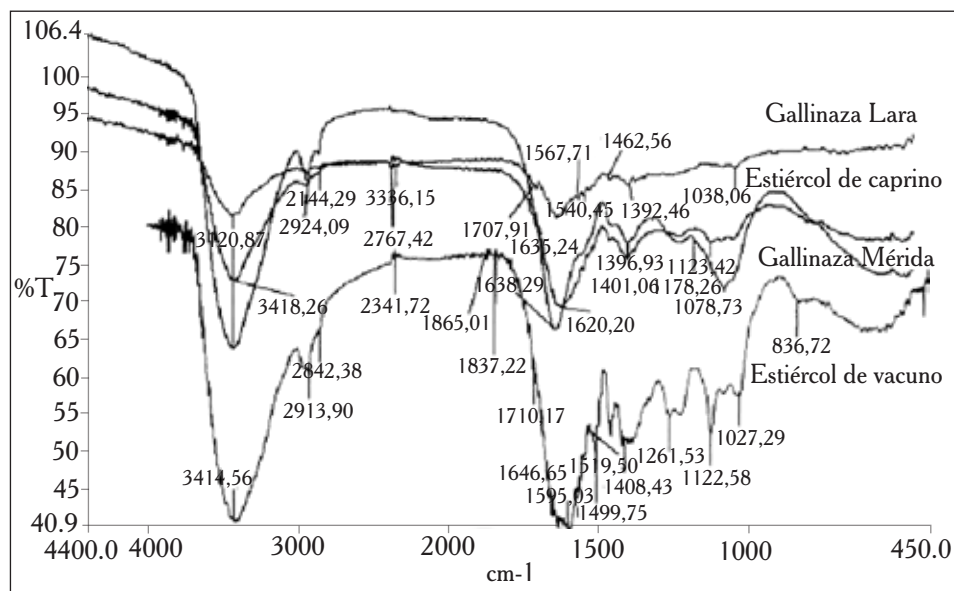
En los espectros IRTF de los AH de las vermicompostas ULA y Zea se observó, básicamente, la presencia de grupos alifáticos (C=C aromáticos) y carbonilos pertenecientes a ácidos (1,450-1,600 y 1,690-1,760 cm^{-1} , respectivamente); además, se aprecia cierta tendencia aromática e insaturaciones (1,500-1,600 cm^{-1}) asociada a C=C. No obstante, se observó una ligera diferencia con los espectros del lodo y la cachaza, en la señal a 1,515 cm^{-1} , la cual pertenece a anillos aromáticos con sustituciones orto y para, que corresponde a la señal típica de la lignina.

Estos espectros presentaron bastante similitud, excepto en la región entre 1,600-1,300 cm^{-1} , donde las diferencias observadas en las señales deben ser fundamentalmente debidas al origen de los materiales. Sin embargo, en general —en la región de las bandas características— los espectros de los AHs estudiados, son ligeramente similares para la cachaza y el lodo y entre las gallinazas evaluadas.

Para los espectros IRTF de los AHs del estiércol de caprino, estiércol de vacuno, gallinaza Lara y gallinaza Mérida se observó una banda entre 3,240 y 3,200 cm^{-1} , típica de grupos OH o amonio (figura 5). Excepto en la gallinaza Lara, se observó una banda entre 2,920 y 2,850, posiblemente debida al estiramiento asimétrico de CH_2 y simétrico de los grupos O- CH_3 . En todos los casos, se observa una señal a 1,620 cm^{-1} , probablemente correspondiente a sales de ácidos carboxílicos.

Figura 5

Espectros IRTF de los AH de la gallinaza Mérida y Lara, estiércol vacuno y caprino.



En 1,400-1,420 cm^{-1} se observa una banda de absorción bastante amplia (excepto en la gallinaza Lara), característica de estiramiento de anillos aromáticos (ortodisustituídos), la cual coincide sobre el estiramiento de fenoles e inflexión de C-H, $-\text{CH}_2$ y grupos $-\text{CH}_3$. En éstos, AHs se confirma la presencia de grupos carboxílicos (1,725-1,688 cm^{-1} y la señal a 1,400 cm^{-1}). La banda observada entre 2,965 y 2,880 cm^{-1} indica la probabilidad de la presencia de estructuras alifáticas (C-H) o sales de ácidos carboxílicos, unido a di o poli hidroxí compuestos.

De acuerdo a la figura 5, las señales entre 1,181-1,161 cm^{-1} observadas para el estiércol de caprino, estiércol de vacuno y la gallinaza Mérida, estarían asociadas a la presencia de lignina, la cual podría presentar sustituciones aromáticas en el anillo de grupos metoxi, aldehídos aromáticos y cetonas. Al comparar los espectros IRTF de los AHs de las gallinazas estudiadas, se observa que la señal entre 3,500 y 3,300 está asociada a posibles compuestos hidroxílicos y aminos es de menor intensidad, posiblemente debido al tratamiento de secado que sufren estas enmiendas en las plantas de producción. Se plantea que las amplias bandas de absorción podrían ser debidas a bandas más estrechas, correspondientes a componentes individuales presentes en los AHs. Entre 1,665-1,635 cm^{-1} se observaron señales de compuestos aromáticos o alifáticos, así como grupos C=O correspondientes a cetonas (1,850-1,690 cm^{-1}).

Posiblemente, la presencia del máximo entre 1,700-1,600 cm^{-1} se deba a la vibración de los enlaces C=O y OH de grupos carboxilos o ésteres de arilo, así como amidas primarias. En este caso, se observa bien definida la banda de estiramiento asimétrico del enlace C-H. En términos generales, se puede decir que la gallinaza Mérida y el estiércol de caprino presentan grupos funcionales similares y su carácter aromático es análogo.

En los AHs de las gallinazas Lara y Mérida y los estiércoles de vacuno y caprino, presentan compuestos carbonílicos insaturados (1,470-1,420 cm^{-1}) y sustituciones alcohoxi o haloalcohoxi (1,850-1,690 cm^{-1}). Se observó una banda (1,720-1,695 cm^{-1}) característica de disulfuros de carbono S=C=S, así como carbonatos (1,315-1,280 cm^{-1}), posiblemente debido a la presencia de restos de materiales con carbonatos en las plantas de producción, tales como cales o cáscaras de huevos en las gallinazas. Se obtuvieron señales correspondientes a sulfonas alifáticas O=S=O (1,230-1,160 cm^{-1}), sales de azufre (1,410-1,340 cm^{-1}) y compuestos nitro aromáticos (2,325-2,020 cm^{-1}).

Cabe resaltar que en el estiércol de vacuno, se obtuvo una señal a 1,123 cm^{-1} , característica de anillos aromáticos con sustituciones orto y para, con estiramiento C-O-C, que no se observa en los AHs de las enmiendas restantes; además, la banda cercana a 1,650 cm^{-1} observada en los AHs del estiércol de vacuno, corresponde al enlace C=C aromático conjugado con C=O y/o COO; dicha señal se asocia a cetonas insaturadas.

Caracterización por espectroscopia de resonancia magnética nuclear, ^1H -RMN. El análisis de los AHs extraídos mediante el uso de la técnica de ^1H -RMN permitió obtener mayor información sobre los grupos funcionales presentes en los mismos; aunque la señal del agua no pudo ser eliminada completamente del espectro.

Los espectros ^1H -RMN de la gallinaza Mérida, gallinaza Lara, estiércol de vacuno y caprino se muestran en la figura 6. Se observa que los espectros ^1H -RMN de la gallinaza

Lara y Mérida son similares, mientras que los espectros $^1\text{H-RMN}$ de los AHs del estiércol de vacuno y caprino, presentan características espectrales diferentes, especialmente entre 2,8 y 4,2 ppm. Dichas señales, de acuerdo a su posición en los espectros, pueden ser atribuidas a los siguientes grupos funcionales:

1. Señales entre 0,1-1,6 ppm se corresponden a estructuras alifáticas de grupos metil y metilenos ($\text{CH}_3\text{-C}$ y $\text{-CH}_2\text{-C}$, $\text{-CH}_2\text{-[C=C]}$).

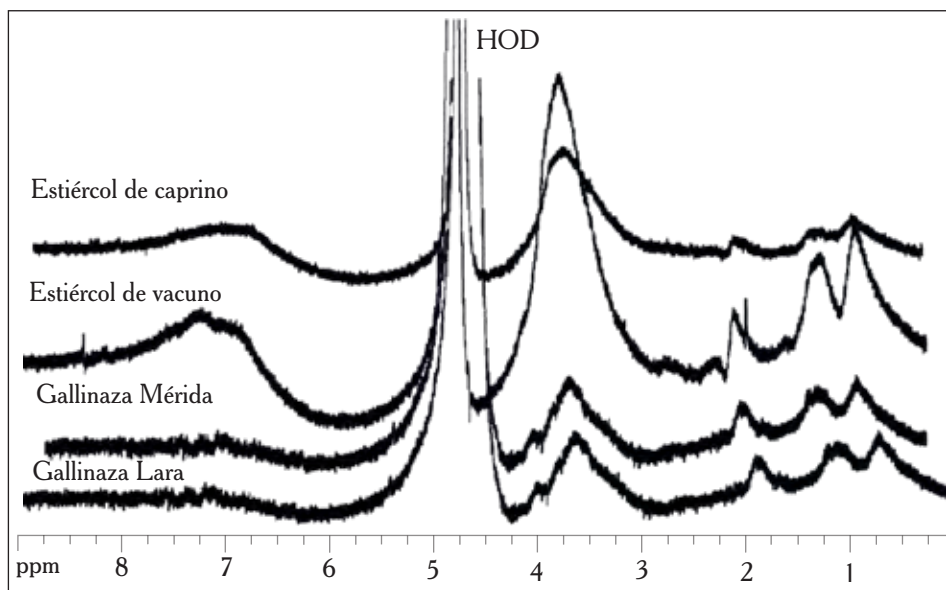
2. Entre 1,6 y 3,0 ppm corresponderían a protones de grupos metilenos y metinos en carbonos alfa de anillos aromáticos, carboxílicos y grupos carbonilos.

3. Entre 3,3 y 5,5 se asocian a protones en carbono de grupos metil, metileno o metino enlazados directamente al oxígeno o nitrógeno, incluyendo carbohidratos y protones de aminoácidos, especialmente en los estiércoles de vacuno y caprino.

4. Por último, entre 5,5 y 9,0 ppm, se corresponden con protones unidos a carbonos insaturados y protones aromáticos. Del mismo modo, entre 6,5 y 7,5 ppm se observa con mayor claridad señales de protones de sustituciones aromáticas tipo fenoles.

En términos generales, posiblemente se encuentren protones de carbohidratos o macromoléculas que contengan azúcares, debido a que en los espectros $^1\text{H-RMN}$ se observan diferentes desplazamientos químicos de los protones, de los posibles anillos existentes, muy similares al desplazamiento típico de los azúcares.

Figura 6
Espectros $^1\text{H-RMN}$ de gallinaza Mérida y Lara y el estiércol de vacuno y caprino.



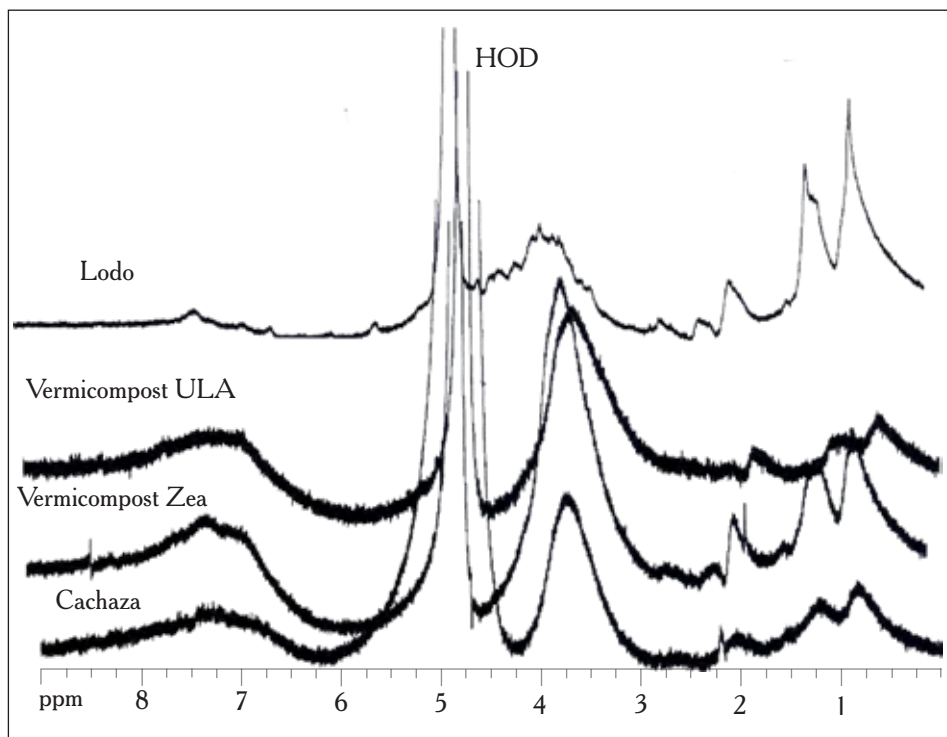
En todos los espectros ^1H -RMN de los AHs de las enmiendas orgánicas estudiadas, la señal del agua se encuentra entre 4,2-5,8 ppm; la misma, puede ser eliminada si se trabaja con espectroscopia ^{13}C -RMN en estado sólido la que, al mismo tiempo, permite obtener mejores señales espectrales por efecto de concentración.

De acuerdo a los espectros ^1H -RMN de las gallinazas, éstas presentan una baja concentración de protones aromáticos, posiblemente debido a la ausencia de compuestos precursores aromáticos en la dieta de los animales. En el caso de los espectros de ^1H -RMN de los estiércoles de vacuno y caprino se observa, con mayor detalle, los protones en estructuras alifáticas de grupos metílicos, las cuales se consiguen entre 0,6 y 1,1 ppm; asimismo, en estas últimas enmiendas, probablemente existan protones aromáticos y no olefínicos en la zona comprendida entre 5,0 y 7,0 ppm.

Finalmente, la presencia de protones con mayor carácter aromático sólo se señalan en los espectros ^1H -RMN del estiércol de caprino y vacuno; en este último, se ve una señal aguda entre 8,2-8,4 ppm, la cual podría estar ligada a la presencia de amidas alifáticas, resultado congruente con los grupos funcionales presentes en el espectro IRFT del estiércol de vacuno.

En los espectros ^1H -RMN de los AHs del lodo, cachaza y las vermicompostas ULA y Zea (figura 7), se observaron señales de los grupos alifáticos $-\text{CH}_3$ y $-\text{CH}_2$, así como de estructuras alifáticas heteroatómicas $[-\text{CH}_2-(\text{O})]$ entre 3,8-4,2 ppm. En el espectro ^1H -RMN de la cachaza, se observaron protones en grupos metílicos en estructuras insaturadas tipo $-\text{C}-\text{CH}_2-\text{C}=\text{C}-$ en la región comprendida entre 1,8-2,5 ppm, donde también se observó el doblete del $-\text{CH}_2$; mientras que en el lodo, el espectro presenta protones alifáticos tipo metílicos (0,8-1,2 ppm). También se observaron los protones de grupos alifáticos unidos a heteroátomos de oxígeno (2,2-3,8 ppm). En el espectro ^1H -RMN de los AHs de la vermicomposta ULA, las señales espectrales fueron similares a las visualizadas por espectros de los AH de la cachaza y estiércol de caprino. Se infiere que tiene fuerte carácter aromático (6,4-8,0 ppm) y presencia de protones de grupos metílicos y metilenos (2,0-3,0 ppm).

Figura 7

Espectros ^1H -RMN del lodo, cachaza, vermicomposta ULA y Zea.

Por último, el espectro ^1H -RMN de los AHs de la vermicomposta Zea, presentó señales espectrales muy similares al espectro de los AHs del estiércol de vacuno; aunque en este caso, dichas señales se observan con mejor resolución. Cabe destacar que en la producción de vermicomposta Zea, precisamente se usa el estiércol de vacuno como uno de los principales sustratos. En este caso, se observó claramente la presencia de protones de los grupos metílicos y metilenos (2,0-3,0 ppm); además, se presenta un fuerte carácter aromático (6,4-8,2 ppm) y, posiblemente, protones de grupos carboxílicos en la región comprendida 2,0-3,0 ppm y 8,4 ppm.

Discusión

Relación E_4/E_6 . Mathur *et al.* (1993) afirman que la relación E_4/E_6 en el extracto acuoso se incrementa con el tiempo de compostaje y se aplica a lo observado en los materiales menos polimerizados (como el lodo, estiércol de caprino y las vermicompostas ULA y Zea); mientras los más polimerizados son la cachaza y el estiércol de vacuno.

En el caso de los AHs del estiércol de caprino, GM y lodo, el valor de la relación E_4/E_6 es mayor a siete, lo que infiere que en ellos predominan estructuras menos polimerizadas y complejas. Resultados similares presentan Paolini (1980), Mathur *et al.* (1993), Senesi y Brunetti (1996), en AHs de suelos y enmiendas orgánicas. Por otra parte, los AHs de la cachaza, el estiércol de vacuno y GL presentaron los valores de la relación E_4/E_6 más bajos, por lo que en ellos predominan pesos moleculares elevados; resultados similares presentan Busato *et al.* (2010), al evaluar residuos industriales de caña de azúcar, los cuales señalan que este material presenta un alto grado de aromaticidad y/o de peso molecular.

Aunque el sistema de clasificación de Kumada tiende a agrupar una amplia gama de tipos de materia orgánica, debido a su limitado número de clases, permitió describir las enmiendas estudiadas en torno a su estado de madurez (R_p), grado de complejidad y aromaticidad, acidez total y contenido de grupos carboxílicos y carbonilos, contenido de grupos hidroxilos y metoxilos, contenido de grupos funcionales en general y contenido de nitrógeno total.

Caracterización por espectroscopia de infrarrojo. Los resultados obtenidos en los diferentes espectros IRTF de los AHs de las enmiendas evaluadas, se puede decir (a excepción de la cachaza), que los grupos funcionales identificados son comunes en la mayoría de las enmiendas estudiadas. Asimismo, la diferencia fundamental entre los espectros se encuentra en la región de la banda característica. Por otra parte, de acuerdo a la clasificación de Stevenson y Goh (1971), todos los ácidos húmicos estudiados clasifican como tipo III; es decir, no se presenta la banda de absorción a $1,720\text{ cm}^{-1}$ completamente separada, ni las bandas a $1,600$ y $1,200\text{ cm}^{-1}$; por el contrario, se acentúa la absorción a $1,540\text{ cm}^{-1}$ y se evidencia la presencia de grupos que demuestran la presencia de hidratos de carbonos y proteínas. Resultados similares señalan Inbar *et al.* (1989) en composta de lodos y estiércol de ganado.

Finalmente, en ninguno de los espectros de los AHs evaluados se observó la banda característica de n-alcenos (mayor a siete átomos de carbono), la cual se presenta a los 720 cm^{-1} . Lo que evidencia la presencia de estructuras aromáticas sustituidas o policíclicas. Resultados similares obtienen López *et al.* (1999) y Rivero *et al.* (1998) al caracterizar AHs de suelos venezolanos.

Caracterización por espectroscopia de resonancia magnética nuclear, $^1\text{H-RMN}$. Los análisis de $^1\text{H-RMN}$, confirmaron la presencia de grupos funcionales alifáticos y metílicos de grupos funcionales ácidos, alcoholes y amidas, así como la presencia de estructuras aromáticas en algunos AHs, confirmando los resultados obtenidos por IRFT. Resultados que se concuerdan con los obtenidos en la clasificación de Kumada (1987), antes señalada.

El estudio de ciertos parámetros como los evaluados, suministran información exhaustiva de los cambios que se dan en las enmiendas orgánicas durante el proceso de maduración. Una de las grandes ventajas de esta técnica, es que permite identificar si los grupos carboxílicos están vinculados al núcleo aromático o cadenas alifáticas en los AHs (Zbytniewski y Buszewski, 2005).

Conclusiones

En los valores de la relación E_4/E_6 de los AHs de las diferentes enmiendas estudiadas, se observa que los mayores valores corresponden a los AHs del lodo, estiércol de caprino y la gallinaza Mérida; mientras que las relaciones E_4/E_6 menores pertenecen a la cachaza; es decir, los materiales menos polimerizados son el lodo, estiércol de caprino y las vermicompostas ULA y Zea; mientras los más polimerizados son la cachaza y el estiércol de vacuno.

El sistema de clasificación de AHs propuesto por Kumada, permitió determinar que las gallinazas Mérida y Lara, las vermicompostas ULA y Zea y el estiércol de caprino presentan compuestos poco aromáticos con alta acidez y presencia de grupos carboxílicos y compuestos nitrogenados.

En los espectros de infrarrojo con transformadas de Fourier, se observó que los AHs de las enmiendas orgánicas estudiadas, en general, presentan poco carácter aromático; además, dejan de manifiesto la presencia de amidas, lo que se correlaciona con los contenidos de nitrógeno, especialmente en el estiércol de vacuno.

Los espectros de resonancia magnética nuclear de protones demuestran que sólo los estiércoles de caprino, las vermicompostas ULA y Zea y en menor proporción la cachaza, presentan protones aromáticos.

Posiblemente, la cachaza sea la única enmienda que presente carbonos aromáticos, ya que su bajo valor de E_4/E_6 así lo indica, lo que se corresponde con el espectro $^1\text{H-RMN}$, aunque en el espectro IRTF, la banda a $1,600\text{ cm}^{-1}$ no está bien separada.

La información espectral puede ser usada como herramienta, de fácil aplicación y rápida para evaluar el comportamiento de las enmiendas orgánicas en cuanto a su calidad y estabilidad, con aplicación práctica no sólo en laboratorios de investigación, sino también en laboratorios de servicio.

Literatura citada

- Busato, J. G.; Zandonadi, D. B.; Barros, L.; Rocha, A. y Canellas, L. P. (2010). Humic substances isolated from residues of sugar cane industry as root growth promoter. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 67(2): 206-212.
- Chefetz, B.; Hatcher, P. G.; Hadar, Y. y Chen, Y. (1996). Chemical and biological characterization of organic matter during composting of municipal solid waste. *J. Environ. Qual.* 25: 776-785.
- Chen, Y.; Senesi, N. y Schnitzer, M. (1977). Information provided on humic substances by E_4/E_6 ratios. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 41: 352-358.
- Ciavatta, C.; Govi, M.; Vittori, A. L. y Sequi, P. (1990). Characterization of humified compounds by extraction and fractionation on solid polyvinylpyrrolidone. *J. Chromatography*, 509: 141-146.
- Heymann, K.; Mashayekhi, H. y Xing, B. (2005). Spectroscopy analysis of sequentially extracted humic acid from compost. *Spectroscopy Letters*, 38: 293-302.
- Inbar, Y.; Chen, Y. y Hadar, Y. (1989). Solid-state carbon-13 nuclear magnetic resonance and infrared spectroscopy of compost organic matter. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 1965-1701.
- Kononova, M. (1966). *Soil Organic Matter*, 2th Ed. Pergamon, Oxford. 404 pp.
- Kononova, M. (1982). Bioquímica del proceso de formación del humus. En: *La materia orgánica del suelo. Su naturaleza, propiedades y métodos de investigación*. Editorial, Oikos-Tau. Barcelona (España). p. 63-109.
- Kumada, K. (1987). *Chemistry of soil organic matter*. Elsevier, Tokyo. 241 pp.

- López, L.; Millán, F. y Lo Mónaco, S. (1999). Caracterización de ácidos húmicos extraídos de los suelos de los Llanos, Estado Barinas, Venezuela. *Rev. Fac. Agron. (Maracay)*. 25: 41-56.
- Mao, J. D.; Hu, W. G.; Schmidt-Rohr, K.; Davies, G.; Ghabbour, E. A. y Xing, B. (2000). Quantitative characterization of humic substances by solid-state carbon-13 nuclear magnetic resonance. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:873-884.
- Mathur, S. P.; Diné, H.; Owen, G. y Schnitzer, M. (1993). Determination of compost biomaturity. II. Optical density of water extracts of compost as a reflection of their maturity. *Biological Agriculture y Horticulture*, 10: 87-108.
- Meissl, K.; Smidt, E.; Tintner, J.; Binner, E. y Lechner, P. (2008). A new analytical approach to determine compost quality. En: *Compost and digestate: sustainability, benefits, impacts for the environment and for plant production*. Fuchs, J. G.; Kupper, T.; Tamm, L. y Schenk, K. (Eds.). Proceedings of the international congress CODIS Solothurn, Switzerland. 27-29, February p. 39-40.
- Mosquera, C. S.; Bravo, I. y Hansen, E. W. (2007). Comportamiento estructural de los ácidos húmicos obtenidos de un suelo andisol del departamento del Cauca. *Revista Colombiana de Química*, 36 (1):31-41.
- Paolini, J. (1980). Caracterización de las sustancias húmicas extraídas de suelos típicos del bosque húmedo tropical de San Carlos de Río Negro, T.F. Amazonas. *Acta Científica Venezolana*, 31: 415-420.
- Rivero, C.; Senesi, N.; Paolini, J. y D'Orazio, V. (1998). Characteristics of humic acids some Venezuelan soils. *Geoderma*, 81: 227-239.
- Rivero, C. (2001). *La materia orgánica estable del suelo y su caracterización*. *Venesuelos* 9 (1 y 2): 5-15.
- Rupiasih, N. N. y Vidyasagar, P. B. (2007). Humic substances: structure, function, effects and applications. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, 5(2): 39-47.
- Sacco, A. P. (2008). *Caracterização e estudo do comportamento térmico de ligninas extraídas de bagaço de cana-de-açúcar e dos resíduos sólidos urbanos*. Universidade Estadual Paulista, Brasil. 121 pp.
- Schnitzer, M. y Khan, S. U. (1972). Humic substances in the environment. *Marcel Dekker*, New York. Pp. 57-60.
- Senesi, N. y Brunetti, G. (1996). Chemical and physico-chemical parameters for quality evaluation of humic substances produced during composting. En: *The Science of Compost*. Bertoldi, M.; Sequi, P.; Lemmes, B. y Papi, T. (Eds.). European Commission International Symposium. Blackie Academic y Professional. Chapman y Hall, London. p. 195-211.
- Stevenson, F. J. y Goh, K. M. (1971). Infrared spectra of humic acids and related substances. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 35 (5): 471-483.
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus Chemistry. Genesis, composition, reactions*. 2nd Edit. John Wiley y Sons. New York. 496 pp.
- Zbytniewski, R. y Buszewski, B. (2005). Characterization of natural organic matter (NOM) derived from sewage sludge compost. Part 1: chemical and spectroscopic properties. *Bioresource Technology*, 96: 471-478.

Recibido: Febrero 25, 2011

Aceptado: Octubre 3, 2011

Indicadores para evaluar el impacto social de las vitrinas de producción agropecuaria en Venezuela

Indicators to evaluate the social impact of the farmer production's showcases

Sanginés, E.

Universidad Pedagógica Nacional Unidad 112 Avenida Irrigación No.144
Col. Alfredo Bonfil, Celaya, Guanajuato (C. P. 38030).

Tel. 461 61 2 57 06

Correspondencia: esthersangines@hotmail.com

Resumen

Se realizó una investigación con el método dialógico participativo sobre la base de indicadores sociales para evaluar el impacto social de las vitrinas de producción agropecuaria en Venezuela, donde se han incorporado las técnicas de producción de cerdos, aves, cabras y conejos en cama profunda, con alimentación alternativa y cuidado del medio ambiente, bajo la asesoría de la fundación Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial (CIEPE) y la Universidad Central de Venezuela (UCV). Los indicadores propuestos fueron: unidad e integración familiar, generación de empleos, arraigo a la tierra, irradiación a la comunidad, integración horizontal y vertical. Con la cooperación entre los organismos del Estado, la Universidad y los productores se han mejorado todos los indicadores y se han recuperado formas de trabajo colectivo en algunas fincas. Es ampliamente recomendable el uso de tecnologías de punta para el bienestar animal con bajo impacto ambiental (que repercuten en el bienestar humano al fomentar la unidad e integración de la familia), generación de ambientes más sanos (al promover la alimentación balanceada y al generar formas de integración social y comunitaria). La estancia

Abstract

A research was done to evaluate the social impact of the farmers production showcases in Venezuela, where new techniques of domestic animal production have been incorporated to rear them in deep beds with alternative food supplies and care for the environment, with the academic and technical assistance of the "State Research Center for Agriculture and Industry Experimental Production" (CIEPE) and the "Central University of Venezuela" (UCV). The general aim of this research was to understand the different ways the changes in animal production impact on the social relations and quality of life. The specific aims were to create some indicators to evaluate the social impact of the showcases and to design evaluation instruments. The indicators are: restoration of the family unit, generation of jobs, a more enjoyable home environment, and vertical and horizontal integration. With the cooperation between CIEPE, UCV, and farmers all the indicators exceeded all expectations, and cooperative work ways have been recovered.

de investigación demostró que vale la pena seguir investigando esta alternativa desde varias perspectivas y analizar en distintas condiciones el uso de esta tecnología.

Palabras clave

Integración familiar, empleos permanentes.

Key words

Family unity, jobs generation.

Introducción

La creación o el mejoramiento de unidades de producción agropecuaria con tecnología de punta para la crianza, crecimiento o engorda de cerdos, aves, ovejas y cabras, en cama profunda consiste en una capa que varía de 15 centímetros de material de desecho agrícola (en el caso de las aves) hasta 60 centímetros (en el caso de los cerdos); puede hacerse con cascarilla de café o de arroz, esquilmo o rastrojo. Para procurar el bienestar animal con el uso de alimentación alternativa, cultivos hidropónicos, uso racional del agua y cuidado del medio ambiente. Para esto, se han promovido cursos de capacitación por la Fundación CIEPE (Centro de Investigaciones del Estado para la Producción Experimental Agroindustrial) y la Universidad Central de Venezuela (UCV), en coordinación con pequeños y medianos productores.

El CIEPE es un organismo adscrito al Ministerio del Poder Popular para la Ciencia y la Tecnología, en Venezuela; el cual, durante más de 35 años ha estado ligado a la transformación agroindustrial, para darle valor agregado a la producción primaria, y desde 2005 ha incursionado en la producción de materia prima y acompañamiento a los pequeños productores agropecuarios, para que incrementen la cantidad y calidad de sus productos con un mínimo de impacto ambiental. A cargo del programa se encuentra el Dr. Carlos González Araujo.

Los resultados inmediatos del uso de la cama profunda han sido: a) La contaminación del agua y el suelo disminuyeron, lo que a su vez redujo malos olores, moscas y plagas nocivas; b) Altos rendimientos productivos, pues al recurrir a la construcción de galpones (corrales o zahúrdas) con cama profunda, aumenta la tasa de natalidad y disminuye la mortalidad de los animales; c) Mejoramiento de la calidad de vida y de las relaciones sociales. A estas unidades, metafóricamente, se les llama *vitriñas*. La productividad (González, 2005), el análisis de costos (Utrera *et al.*, 2009; González *et al.*, 2002) y beneficios materiales se han medido con relativa facilidad (Cruz *et al.*, 2009); más difícil ha sido evaluar el impacto en las relaciones sociales, en la calidad de vida de los participantes y en la irradiación al entorno; ello, debido a que la mayor parte de los indicadores son de tipo cualitativo y su evaluación está ligada a los sentires de las personas. Las Ciencias Sociales —especialmente la Sociología— han desarrollado métodos para distinguir los aspectos tangibles e intangibles de las relaciones sociales, razón por la cual se inició esta relación interdisciplinaria e internacional.

La investigación surgió de la pregunta: ¿De qué manera el uso de tecnología de punta, para el bienestar animal con bajo impacto ambiental, repercute en el bienestar humano?

El objetivo general fue comprender las diferentes maneras en que los cambios en las formas de producción animal trascienden en las relaciones sociales y en la calidad de vida de las personas involucradas.

Las repercusiones de las formas de producción en las relaciones sociales forman parte de la teoría sociológica desde sus inicios en el siglo XIX. El positivismo sobrevaloró la industrialización, el uso de la tecnología y la ciencia para incrementar la productividad, sin considerar los efectos negativos sobre los seres humanos y el ambiente; los modelos vulgarizados del materialismo histórico derivó en la extrapolación mecánica entre fuerzas productivas y relaciones sociales de producción, con un desglose de las fuerzas productivas que privilegiaba la técnica y no al ser humano.

Esas visiones simplistas avalaron modelos agrícolas de monocultivos con altas dosis de agroquímicos que desvitalizan y contaminan la tierra y el agua; esquemas de producción animal-industrial, “fábricas de carne” donde se hacían animales saturados con antibióticos, vitaminas, hormonas y estimulantes del apetito, ruinosos para el planeta y nefastos para los seres humanos en forma directa a través de los alimentos derivados (carne, huevos, leche) y, en forma indirecta, por el contagio de enfermedades propiciadas por la sobreexplotación.

El sistema favorece a grandes empresas depredadoras que han desarrollado esos esquemas con el fin de obtener cada vez mayores utilidades, especialmente en las grandes plantas porcícolas (Nadal, 2009a;b). Los costos de las economías de escala en la industria de cárnicos para la sociedad y el medio ambiente son cada vez mayores.

Ante esta situación, se presentan —como alternativas— la economía solidaria, así como formas de organización del trabajo que permitan el desarrollo de tecnología de punta con responsabilidad humana y ecológica (Gómez *et al.*, 1998).

En este sentido, la vinculación entre organismos del Estado, universidades y productores fortalece las comunidades, las cooperativas, las empresas productivas con esquemas más humanos frente a la gran empresa capitalista —altamente destructiva, orientada a acumular— que ha llevado a situaciones de crisis extremas.

Materiales y métodos

Se recurrió a una investigación aplicada con el método dialógico participativo, con el uso de técnicas cualitativas (Mejía, 2006) basadas en la observación dirigida, el diálogo abierto en reuniones personales y grupales, entrevistas semi-estructuradas a los diferentes actores del proceso y el diario de campo. Para la realización de las entrevistas se seleccionaron cinco indicadores: 1. Unidad e integración familiar; 2. Empleos permanentes; 3. Arraigo a la tierra; 4. Irradiación a la comunidad; 5. Integración vertical y horizontal.

El recorrido por las vitrinas de los estados de Yaracuy, Cojedes, Lara, Mérida, Tachira, Trujillo y Barinas, se llevó a cabo durante el mes de julio de 2009. Se realizaron reuniones y entrevistas grabadas con tres alcaldes, con funcionarios gubernamentales, una reunión grupal con personal directivo y maestros de la escuela técnica que surte de semen de cerdos de alta genética a las unidades de producción, una reunión con promotoras del programa “Madres del Barrio”; se hicieron visitas a diferentes vitrinas, se rea-

lizaron reuniones con entrevistas semi-estructuradas con los productores y sus familiares directos, se asistió a días de campo, a comidas y convivios, se generaron relaciones afectivas y se ha continuado el diálogo a distancia. Se procedió a escuchar las 26 grabaciones de las entrevistas personales y grupales para estructurar los resultados y devolverlos a los participantes. El análisis de las repercusiones de las formas de producción en las relaciones sociales se hizo con base en propuestas de las teorías sociológicas de la acción social y en la necesidad de crear estudios multidisciplinarios.

Resultados

Escuela Secundaria Técnica Agropecuaria (ETA) de San Simón. Los profesores de la ETA están convencidos del proyecto, lo consideran indispensable para la bioseguridad. Para desarrollarlo, se ha requerido del acuerdo en cuatro dimensiones: el CIEPE, la alcaldía, la escuela y la comunidad. En la escuela, los profesores se han involucrado y han logrado que los alumnos se integren. Tienen cuatro sementales que proporcionan el semen a tres estados: Táchira, Mérida y Trujillo; esto significa, en las condiciones orográficas de Venezuela, realizar viajes que van de una a nueve o más horas. Han capacitado a los alumnos para que tengan una vía laboral alternativa en la producción agropecuaria, se relacionen con productores, inseminen a los animales y sientan el gusto por la actividad. Sin el entusiasmo y compromiso de estos profesores, las vitrinas de la Alcaldía de Zea, en el Estado de Mérida y las de otros municipios, no hubieran tenido el impacto que tienen. En síntesis:

- Se redujo la deserción escolar, los alumnos participan en las actividades, adquieren habilidades técnicas y recuperan el amor por el campo.
- Se dan cursos de capacitación, se surte semen a todas las vitrinas, alumnos y maestros se involucran en todas las actividades, se recupera el gusto por las actividades agropecuarias.

Alcaldía de Zea. El alcalde se ha comprometido con el proyecto, al grado de tener las unidades de producción de cerdo en cama profunda, de gallinas ponedoras y de hidroponía en las oficinas de Desarrollo Agropecuario de la Alcaldía (cuadro 1), para mostrar el funcionamiento de una granja integral. Las acciones iniciales realizadas por el CIEPE pueden resumirse en: un diagnóstico previo, un estudio para la producción de cerdos en cama profunda, un proceso de sensibilización con talleres para capacitar a los posibles productores en las nuevas técnicas agrícolas y pecuarias. Para vencer la oposición de los vecinos, se les invitó a días de campo junto a los corrales.

El 2 de julio de 2008 llegaron las primeras cerdas a las instalaciones municipales; para repartirlas tuvieron que recorrer todo el municipio: sólo 10 productores aceptaron entrar en el proyecto; entre los días tres y diez de diciembre, se entregaron cuatro cerdas a cada uno de los que aceptaron trabajar bajo el esquema; siete de ellos viven en las unidades de producción, tres de ellos no. Se considera un error haberles proporcionado cerdas a los tres que no viven en las unidades de producción. En los nueve meses que pasaron, se tuvieron algunos resultados negativos y muchos positivos.

Un resultado negativo se ocasionó por el tiempo de espera. Desde el momento en que se repartieron las cerdas hasta que empezaron a producir pasaron nueve meses. Otro problema lo representó la falta de oportunidad en el suministro de semen (aún no se había incorporado la ETA de San Simón al proyecto), algunas cerdas se “amachorraron”, a las hembras estériles hubo que sacrificarlas; esto, que significó una gran pérdida, ocasionó beneficios inesperados, pues cuando la población probó la carne, quedó asegurado el mercado. Entre los resultados positivos se tienen: 18 cerdas, en julio de 2009, habían parido ya y otras estaban por parir; los productores están muy contentos y satisfechos, pues casi todos los cerditos han sobrevivido, han devuelto dos lechones por cada cerda y eso permite que otros sean beneficiados. El cerdo ha dejado de ser un animal contaminante. Enfrentaron el problema de la mal llamada “influenza porcina”, certificando a las cerdas.

Cuadro 1

Indicadores sociales en la Alcaldía de Zea.

<p>1. Unidad e integración familiar Se fortalece a la familia. “La familia campesina estaba dividida, el hombre se dedicaba a la crianza y producción de cerdos, la mujer a las aves; ahora, debido a que no hay malos olores y el manejo es relativamente fácil, hombres, mujeres y niños comparten el trabajo, las responsabilidades y el gusto. El resultado social ha sido: familias más unidas”.</p>
<p>2. Empleos permanentes Siete personas, antes subempleadas, están involucradas en el proyecto y tienen un trabajo permanente en sus parcelas, con sus familias.</p>
<p>3. Arraigo a la tierra Retorno de las personas que habían abandonado la agricultura.</p>
<p>4. Irradiación a la comunidad Calidad y precio. Los puntos de venta han permitido que el consumidor pueda comprar carne y huevo de animales sanos a más bajo precio, mayor consumo de proteína animal, mejor calidad de esa proteína, mejor calidad de vida, equilibrio ecológico, menos peligro de contraer enfermedades. La alcaldía está dando financiamientos recuperables a pequeños productores para costear el mantenimiento de la comida mientras empiezan a producir; el CIEPE brinda la capacitación. La vitrina de Zea ha motivado a los productores de “El Rubicón”, “Don Tobías”, varios más en otros municipios y otros estados de Venezuela.</p>
<p>5. Integración vertical y horizontal</p> <ul style="list-style-type: none">• La unidad de producción es municipal.• Se integra con el CIEPE.• Con la Escuela Técnica Agropecuaria de San Simón (que proporciona el semen para las cerdas).• Con la Universidad de Venezuela.• Con los productores. Desarrollo de proveedores.• Efecto multiplicador.• Comercialización de los productos.

En 2009 se estaban haciendo programas de alimentación y merca-ahorro en la comunidad. “El que no hubiera empleo hacía que los muchachos jóvenes se fueran a otros lugares, ahora se están quedando en el municipio ¡y eso que sólo llevamos un año trabajando!”.

Cooperativa “El oasis para todos”. La cooperativa tiene como antecedente un movimiento para el rescate de la tierra: “400 hectáreas en manos de un terrateniente que no cumplía con las leyes laborales” se tomaron para distribuirse entre 70 familias; diez años después, entraron en contacto con el CIEPE; 17 jefes de familia se motivaron, deci-

dieron reunirse y utilizar media hectárea para trabajar —de manera colectiva— con cerdos y gallinas en cama profunda (cuadro 2). Los cooperativistas informaron que se tiene sembrada caña de azúcar como recurso para la producción animal; que se está incurriendo en lombricultura, de tal manera que la cama vaya para los cultivos como abono orgánico; de esa manera, todo se recicla y nada se pierde. En la Unidad se están cebando 60 lechones y se tienen madres en vísperas de parir, para vender carne de pollo sana a la comunidad se tienen 300 gallinas ponedoras.

Los cerdos llegaron a “El oasis para todos” el 4 de septiembre de 2008; en el momento de la visita (julio de 2009), estaban por tener la experiencia de la maternidad y por adquirir dos verracos. Han aprendido a inseminar y ya saben casi todo sobre su manejo. Lo que más les ha impactado es no tener que bañar a los cerdos ni lavar los galpones; que el agua se use exclusivamente para que los cerdos beban, que no se administren vitaminas, antibióticos, ni hormonas y que no haya malos olores. En la entrevista grupal, los socios manifestaron su entusiasmo, comentando que los compañeros están motivados, se han visto las ventajas en diez meses; como ellos ponen la fuerza de trabajo, se bajan los costos del financiamiento. En la construcción han cooperado todos, incluso los niños.

Cuadro 2

Indicadores sociales en la cooperativa “El oasis para todos”.

<p>1. Unidad e integración familiar Esposos, padres, madres e hijos cooperan en el cuidado de las cerdas, en la construcción de los galpones (corrales) y en la venta de los huevos.</p>
<p>2. Generación de empleos 17 padres de familia tienen un trabajo complementario. Han generado empleos indirectos entre los que transportan material de desecho.</p>
<p>3. Arraigo a la tierra Tres de ellos habían decidido irse a trabajar a la ciudad como albañiles, pero han visto crecer la finca y han decidido quedarse.</p>
<p>4. Irradiación a la comunidad La vitrina está situada en un lugar montañoso con altas cimas y cuencas, es indispensable cuidar el ambiente; de otra manera, el agua de todos se contamina. El proyecto se ha extendido a los municipios de Bolívar, Pam Pam y Mérida; la red de porcinos en Carvajal y también PDVSA (Petróleos de Venezuela, S.A.) agrícola se está iniciando en este tipo de proyecto, Madres del barrio, el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Salud los han visitado para conocer el proyecto. La cascarilla de café se había convertido en un problema para algunos productores (no podían deshacerse de ella por el pacto ambiental); al utilizarla, han liberado la parte de la finca que los productores tenían inutilizable. Después de que la cama se utiliza por los cerdos, se vuelve muy nutritiva para los cultivos por lo que, de vuelta a la tierra, se transforma en materia prima como abono orgánico. Se venden huevos a los vecinos, a menor precio y de mejor calidad.</p>
<p>5. Integración vertical y horizontal</p> <ul style="list-style-type: none">• Integración vertical con el CIEPE, la UCV y otras universidades para formación, capacitación, y algunos insumos (como semilla de batata) e intercambio de saberes.• El FUNDACITE. Organización colombiana para la formación de cooperativistas.• Organismos de financiamiento: les han otorgado recursos financieros.• Consejos comunales.• Alcaldía de Monte Carmelo. Proporcionaría el material para la construcción de los galpones y los invernaderos para producción de forraje verde hidropónico.• Universidades. Los han ido a visitar y han establecido convenios verbales para que los estudiantes escriban sus trabajos de tesis.• Desarrollo de proveedores, sobre todo de material para la cama.• Comercialización de los productos.• Intercambio con la Escuela de San Simón.• Frente campesino de Mérida.• Integración horizontal con otras cooperativas, a través de intercambios, con una cooperativa avícola consiguieron que les rentaran un tractor a mitad de precio.• Mesa técnica de energía y banco comunal para obtener energía eléctrica.

Asociación Civil "El Rubicón". Es una granja integral (cuadro 3); se trata de una unidad de producción familiar, con la figura legal de asociación civil; en ellas participan 10 socios, todos familiares, cinco están activos en el sitio todos los días. La visita se hizo en julio de 2009, momento en que la producción se había consolidado y se estaba por pasar a una segunda etapa, la creación de dos puntos de venta. Empezaron un poco dudosos.

Se inició la construcción de los galpones el 14 de febrero de 2008; para marzo, tenían el primer cubículo de 60 metros cuadrados (10 por 6) con la cama profunda y empezaron con 84 cerdos. La cría los ha superado con creces, las madres les están exigiendo más espacio, su crecimiento "es abrumador" por el trabajo colectivo y la actitud de todos los integrantes, por el bienestar que dan las camas, por la salud de la cerda madre, por la salud de los lechones, por el crecimiento de la camada; la actividad ha generado trabajo no sólo para ellos sino también para otras personas; producen implementos para otras granjas. De acuerdo con el sentir de los socios, el cambio ha sido radical, la familia se ha convertido en un equipo de trabajo, con la discusión de las diferencias y la toma en común de decisiones. Han innovado tecnología, adecuando maquinaria para facilitar el trabajo que implicaba remover 60 metros cuadrados de cama con una profundidad de 60 centímetros. Se sienten orgullosos de producir alimentos sanos. Tienen un conflicto de propiedad.

Cuadro 3

Indicadores de la Asociación Civil “El Rubicón”.

<p>1. Unidad e integración familiar</p> <p>La familia, antes dispersa, cuyos miembros se habían separado de la tierra para dedicarse a empleos urbanos, se reunifica en la unidad de producción.</p> <p>Organización del trabajo: cada quien tiene su área, pero se ha hecho un equipo de tal modo que todos se ayudan en momentos necesarios.</p> <p>Los problemas se tratan y resuelven en forma común.</p>
<p>2. Generación de empleos</p> <p>10 socios y 4 trabajadores permanentes.</p> <p>Trabajadores indirectos: los que transportan material de desecho y lo llevan a la unidad.</p>
<p>3. Arraigo a la tierra</p> <p>Diez personas han regresado a las labores agrícolas utilizando tecnología de punta.</p>
<p>4. Irradiación a la comunidad</p> <p>Se han generado, por lo menos, 10 unidades de producción a partir de la vitrina. Limpian el ambiente donde siembran café al sacar el desperdicio.</p> <p>El precio de carnicería está entre 18 y 24 bolívares (según el corte); ellos lo dan a 14 o 16 bolívares, dependiendo del corte. La población, por menor precio, obtiene mayor calidad.</p> <p>Venden los huevos a menor precio y también de mejor calidad; han eliminado intermediarios.</p> <p>Han hecho más de 30 días de campo en el año, entre otros, con los consejos comunales de la zona.</p> <p>Productores de Lara y de Peña Larga (entre Portuguesa y Barinas) están cambiando el sistema de producción de cerdos.</p> <p>Medio ambiente: están trabajando con algo nuevo, no usan implementos químicos, el aire es más natural, el agua ya no se contamina. Se ha invitado a personal del “medio ambiente”.</p>
<p>5. Integración vertical y horizontal</p> <ul style="list-style-type: none">• Integración vertical con el CIEPE y la UCV.• Consejos comunales.• Productores de Lara se han acercado a ellos para conocer el esquema.• Innovación tecnológica. Actualmente están produciendo implementos para otras granjas (la máquina para remover la cama).• Ha tenido un efecto demostración. Pudimos constatar que los pequeños productores de Peña Larga iniciaron la producción en cama profunda después de visitar “El Rubicón”.

Cooperativa de Poa Poa. En Poa Poa, en el estado de Yaracuy, se organizó una cooperativa de gallinas ponedoras y cerdas para cría con 25 socios. La directiva está compuesta por ocho personas, sólo cuatro participan. El presidente de la asociación, tiene cinco hectáreas, tres de ellas bajo sistema de riego. Ni el vicepresidente ni los otros dos

socios tienen tierras, los cuatro restantes “son muy apartados, no han aprendido a trabajar en comunión o con el mismo fin”.

Tienen experiencia en cría de cerdas en la forma tradicional con abundante uso de agua, malos olores, moscas. En un principio ni el presidente, ni los demás, creían en la propuesta “lo estaba haciendo como cuando uno no cree... ¿Cómo es que no vaya a haber malos olores, si yo lavo en mi casa los animalitos que tengo? Eso es imposible”.

Han cometido muchos errores en el manejo de la cama, de las aves, de las cerdas. Uno de ellos ha sido el mal uso del rastrojo; a una capa de hoja de maíz, le pusieron encima la vaina de caraota (frijol), con mucha humedad, lo que dañó la cama. A otra, le pusieron el olote, lo que impide el buen crecimiento de las cerdas. “No hemos trabajado de acuerdo con la propuesta, pero aquí estamos cuatro.” Tienen pocos recursos, iniciaron con un préstamo del CIEPE. “Estamos trabajando con las uñas... no hay material”.

Las condiciones económicas y las condiciones sociales son muy similares a las de “El oasis para todos”, la actitud de los socios es muy distinta; se trata de personas que se quejan continuamente, no hay liderazgo. Una frase en la despedida fue: “Estamos vivos por mal enterrados”. En este momento no pudieron evaluarse los cambios sociales, habrá que esperar a la etapa de beneficios.

Don Tobías. En la finca “Don Tobías” vive el pequeño productor con su hijo y un ahijado, tienen ganado vacuno, gallinas ponedoras, siembran cambur (plátano) y cacao. Antes de empezar a trabajar con el CIEPE, el productor se había quedado solo en la finca, que producía muy poco, tenía cuatro plantas de naranjo, algo de cacao, unos cambures en muy malas condiciones, algunas gallinas y algunas vacas. El hijo trabajaba en la ciudad como Profesor de Educación física; ahora, se ha incorporado a la finca, está más contento: “Rinde mucho más el trabajo productivo que aquí se realiza... ahora amo el campo y estoy pendiente de todo”. La mamá, que antes no se presentaba por el lugar, en el momento de la visita se quedaba con ellos los fines de semana. Los sobrinos están allí en sus días libres. Las relaciones se han enriquecido. Siempre hay actividades nuevas, lo que permite generar empleos para los sobrinos; eso ha permitido un acercamiento con los hermanos, la finca ha abierto posibilidades (cuadro 4).

Los vecinos han sido los primeros beneficiados, van a la finca por los huevos y el queso, tanto los vecinos del lugar como personas de Mucuyepe y El Vigía. En la finca se cobra menos, ya que se eliminan los gastos de los intermediarios.

Para construir los galpones recurren a una práctica de trabajo colectivo que se había abandonado: la *cayapa* (trabajo cooperativo de ayuda mutua, los miembros de una comunidad se turnan para ayudarse en la producción); esto baja los costos de las maternidades y los corrales y crea nexos entre los vecinos productores, ya que en la zona es difícil encontrar personas que quieran trabajar en el campo. Tiene destinadas 20 hembras de la producción de otra vitrina.

Cuadro 4

Indicadores sociales de la finca “Don Tobías”.

1. Unidad e integración familiar El hijo ha regresado a la casa familiar, se ha integrado un ahijado, la madre, los hermanos y los sobrinos los visitan.
2. Empleos permanentes Dos empleos permanentes, y varios ocasionales a familiares. Varios empleos indirectos.
3. Arraigo a la tierra Regreso del hijo a la producción agropecuaria.
4. Irradiación a la comunidad Venta de productos de mejor calidad a menor costo. Limpieza del ambiente por el uso de desperdicio agrícola.
5. Integración horizontal y vertical <ul style="list-style-type: none"> • Empresa familiar, relación con organismos gubernamentales: entró en relación con el CIEPE a principios de 2006. • Organismos de financiamiento. • Universidades. Desarrollo de proveedores. • Recuperación del trabajo cooperativo (la cayapa). • Comercialización de los productos.

El Barredeño. La vitrina se inició como una cooperativa de producción integral en el municipio Bruzual, del estado de Yacucy (cuadro 5); el tiempo requerido para ver rendimientos desanimó a la mayor parte de los socios, quedando sólo un profesor jubilado que proviene de una familia campesina. Su esposa se fue incorporando al trabajo; en principio “había un rechazo” por parte de ella; para agregarla se llegó a un acuerdo, las ganancias del lote; después de descontadas las necesidades de reinversión y mejoramiento de la unidad le corresponderían. A los que se retiraron se les pagó el trabajo realizado en las instalaciones.

Integra cultivos de bleado (*Amaranthus sp*), morera (*Morus sp*) y forraje hidropónico, cerdos y gallinas. En el primer lote se tuvieron 65 cerdas de alta genética que originalmente estaban destinadas a otras unidades de producción, 21 animales se sacrificaron y 44 se destinaron a otras unidades para la cría. Al realizarse las visitas, tenía 42 cerdas y gallinas de postura. Se tiene suficiente agua para el cultivo y para que los animales beban. Hay una relación con el CIEPE para el alimento balanceado y la asistencia técnica. Se cuenta con energía eléctrica, y agua. La tierra es fértil, con buena precipitación, tienen una máquina para mover la cama. El proyecto original consideraba que la cooperativa fuera la nodriza de una especie de red de cooperativas. Está involucrado en el Consejo Comunal. Mantiene la calidad del aire y del agua, sin malos olores ni moscas. Los resultados son pobres con relación a lo planeado.

Cuadro 5

Indicadores sociales de la finca “El Barredeño”.

<p>1. Unidad e integración familiar La esposa lleva la parte administrativa y el registro de las actividades. Los hijos no los visitan con regularidad, sólo uno de ellos maneja las abejas mientras estudia agricultura. Los demás, ocasionalmente disfrutan de un día de campo.</p>
<p>2. Empleos permanentes Dos empleos permanentes a un trabajador jubilado, a su esposa y un trabajo ocasional a uno de los hijos que maneja las abejas. Empleos indirectos a transportistas.</p>
<p>3. Arraigo a la tierra Regreso de una persona a la producción agropecuaria.</p>
<p>4. Irradiación a la comunidad Limpieza del ambiente por el uso de desperdicio agrícola, venta de huevo a los consumidores y carne de excelente calidad.</p>
<p>5. Integración horizontal y vertical</p> <ul style="list-style-type: none"> • Empresa familiar, relación con organismos gubernamentales: entró en relación con el CIEPE a principios de 2008. • Organismos de financiamiento. • UCV. Desarrollo de proveedores. • Comercialización de los productos. • Surte de lechones a otras vitrinas.

Productores de Peña Larga. Peña Larga es un caserío ubicado entre Portuguesa y Barinas en una zona protegida por su cercanía a la represa, a pesar de la restricción para la crianza de cerdos, las familias producían con el sistema de realenga, lo cual generaba varios problemas de contaminación ambiental y de salud, con olores muy fuertes, gasto y contaminación del agua.

Cuadro 6

Pequeños Productores de Peña Larga. Cama de aserrín.

Productor 1
1. <i>Producción</i> - Cerdos. Siete madres con su camada, galpón de madera.
2. <i>Unidad e integración familiar</i> - Antes trabajaba para el Estado.
3. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Sin olores, motivación y ayuda de los vecinos.
4. <i>Integración horizontal y vertical.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia a cursos del CIEPE.* • Visita a “El Rubicón”. • Plantean crecimiento y procesar la carne de cerdo.
Productor 2
1. <i>Producción</i> - Cerdos. Siete madres con su camada, galpón de madera.
2. <i>Unidad e integración familiar</i> - Sin comentarios.
3. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Sin olores, motivación y ayuda de los vecinos.
4. <i>Integración horizontal y vertical.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia a cursos del CIEPE.* • Visita a “El Rubicón”. • Plantean crecimiento y procesar la carne de cerdo.
Productora
1. <i>Producción.</i> Cerdos, un pequeño galpón construido por ella y su hija; el esposo está construyendo un galpón mayor.
2. <i>Unidad e integración familiar</i> - Su esposo, antes renuente, le va a regalar cinco cerdas.
3. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Sin olores, motivación de los vecinos y ayuda de los vecinos.
4. <i>Integración horizontal y vertical.</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Asistencia a cursos del CIEPE.* • Visita a “El Rubicón”.

La introducción de la técnica de cama profunda se inició en fecha reciente, un productor de cerdos había tenido ya algunos problemas con la comunidad, por lo que empezó a buscar alternativas; asistió, en 2008, a la feria porcina y allí contactó al encargado del programa, a quien conocía indirectamente por haber leído algunos de sus artículos en internet; iniciaron un proceso de comunicación que convergió en una visita a “El Rubicón”, a la que asistieron varios productores de

Peña Larga que estaban teniendo problemas con los vecinos, debido a la contaminación que generaban (cuadros 6 y 7).

En Peña Larga se han convertido en diseñadores, han construido los galpones con materiales de la zona, han disminuido la contaminación, han mejorado las condiciones de vida y ha resurgido la solidaridad comunitaria.

Cuadro 7

Otros productores individuales de la alcaldía de Zea.

Productor - Cesar R. (Cerdos y gallinas)
<i>Etapa</i> - Cría lechones. Una de las madres no tuvo leche, faltó el pre-iniciador, los cerditos se lograron pero con poco peso.
1. <i>Unidad e integración familiar</i> . Se desconocen los resultados.
2. <i>Empleos permanentes</i> - Uno.
3. <i>Arraigo a la tierra</i> - Total.
4. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Venta de huevo, cuidado del ambiente y regreso lechones.
5. <i>Integración horizontal y vertical</i> - CIEPE, Alcaldía de Zea y Comunidad.
Productor - Eduardo L. (Cerdos)
<i>Etapa</i> - Cría lechones.
1. <i>Unidad e integración familiar</i> - Regreso del hijo a producción familiar.
2. <i>Empleos permanentes</i> - Uno.
3. <i>Arraigo a la tierra</i> - Total.
4. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Cuidado del ambiente y regreso lechones.
5. <i>Integración horizontal y vertical</i> - CIEPE, Alcaldía de Zea y Comunidad.

Productor - Don Luis (Cerdos)
<i>Etapa</i> - Cría lechones.
1. <i>Unidad e integración familiar</i> - No vive en la unidad de producción.
2. <i>Empleos permanentes</i> - Complemento de su empleo.
3. <i>Arraigo a la tierra</i> - A medias.
4. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Cuidado del ambiente.
5. <i>Integración horizontal y vertical</i> - CIEPE, Alcaldía de Zea y Comunidad.
Productor - Aníbal (Cerdos)
<i>Etapa</i> - Cría lechones.
1. <i>Unidad e integración familiar</i> - La familia integrada a producir.
2. <i>Empleos permanentes</i> - Uno, antes desempleado.
3. <i>Arraigo a la tierra</i> - Total.
4. <i>Irradiación a la comunidad</i> - Cuidado del ambiente.
5. <i>Integración horizontal y vertical</i> - CIEPE, Alcaldía de Zea y Comunidad.

Discusión

La difusión de la técnica de cama profunda en el campo venezolano, se ha dado con base en una relación respetuosa de los saberes de los productores, de sus problemas y necesidades, no es sólo un caso de transferencia de tecnología de las universidades al campo, sino un proceso de cooperación en el que los productores han hecho suya la propuesta porque han visto y experimentado la diferencia, tanto en la productividad como en el mejoramiento de la calidad de vida, sobre todo al compararlo con el modelo dominante de crianza de animales que está provocando la destrucción de la diversidad animal y de los medios de vida de los pequeños ganaderos, modelo que requiere inversiones enormes en tecnología e insumos, que se está imponiendo en todo el planeta porque recibe subvenciones y ayudas que desequilibran el mercado “Esto ha provocado una concentración y una dependencia de la industria ganadera sin precedentes” (Land Research Action Network, 2007).

Ese modelo industrial aplicado a la crianza de animales parece alcanzar los límites de su productividad y estar enfermando periódicamente tanto a los animales hacinados como a los seres humanos, en primer lugar por el contacto con el ganado, en segundo término por el consumo de carne, leche y huevos saturados de medicamentos, y tan importante como lo anterior, por el contagio con enfermedades entre las que se cuentan las influencias aviar y porcina (Boltvinik, 2009).

Esta situación fue reconocida en su dramatismo por Koichiro Matsuura, director general de la UNESCO en 2008 en una llamada de auxilio, que lanza en el artículo titulado “¿Puede salvarse aún la humanidad?”, allí afirma que la humanidad puede salvarse sin renunciar al desarrollo y a la lucha contra la pobreza si en vez de contraponer el crecimiento económico y el desarrollo sostenible, los armoniza. “Para lograr esa armonización necesitamos no sólo más ciencia, más sobriedad, menos materia y más acciones concretas, sino también más ética y política...” (Matsuura, 2008).

Es precisamente este deseo de armonizar el crecimiento económico, el desarrollo sustentable, la ciencia ética lo que mueve a la difusión de la cama profunda y otras tecnologías limpias. Los pequeños productores han padecido desde hace ya varios años los problemas creados por la difusión del modelo industrial en el campo, los insumos para ellos son muy caros y su competitividad en el mercado, escasa; por ello a pesar de la desconfianza a los programas universitarios y gubernamentales, se han involucrado en esta propuesta, concreta y realista, que parte de sus necesidades.

En las unidades de producción agropecuaria que están haciendo uso de la cama profunda, asesoradas por la fundación CIEPE y la UCV se están dando pasos para crear formas emergentes de producción, centradas en las personas, que hagan uso de la ciencia y de tecnologías que permitan una alta productividad sin destruir el ambiente, con más ciencia, el sistema que se originó en los años 70 en China (González, 2007), se investigó en Venezuela desde los años 80, experimentando con diferentes insumos para la cama y con distintas especies animales; sólo 20 años después, en 2005 se involucra el CIEPE con los productores, en estos seis años se han evaluado los beneficios materiales, análisis de costos y productividad, por ello el aporte del presente trabajo fue la evaluación del impacto social. En donde los indicadores propuestos en todas las unidades visitadas, excepto Poa Poa y, en menor medida, El Barredeño, fueron positivos; efectos logrados, a través de esta cooperación, con una mayor unidad e integración familiar, con la creación de empleos permanentes y formas de autoempleo, se ha logrado el arraigo a la tierra, el regreso al trabajo productivo en el campo de personas que habían migrado al sector servicios, tan excesivamente abultado en los países latinoamericanos, para el trabajo productivo en la tierra.

Con relación a la comunidad, se ha mejorado el medio ambiente, se ha limpiado el agua y se ha logrado mayor consumo de proteína animal, carne y huevo a menor costo y de calidad superior.

Se han recuperado formas de trabajo colectivo (como la cayapa) en algunas fincas; la integración horizontal y vertical se ha propiciado con: los organismos gubernamentales, las universidades, una escuela secundaria, las alcaldías y los organismos crediticios. Con la cooperación entre vitrinas.

Para mejorar la investigación e incorporar datos cuantitativos a la evaluación social se sugirió aplicar una forma que contenga los datos de las personas involucradas en las vitrinas y sus relaciones sociales al iniciar la actividad; para lo cual se propuso una ficha social de inicio; llevar un seguimiento cada cinco o seis meses para valorar los cambios que se van operando, con una ficha social de seguimiento. Se sugirió, también, des-

glosar los indicadores para incluir dos más: áreas en las que se generan empleos indirectos; y ventajas para las comunidades por las condiciones de intercambio de productos.

Otros aspectos que han de considerarse son las posibles repercusiones negativas del mal uso de la cama, como en el caso de Poa Poa, o las probables repercusiones sobre el medio ambiente en los casos en que no se tenga acceso a desechos agrícolas para la cama.

Conclusiones

El uso de tecnología de punta para el bienestar animal con bajo impacto ambiental repercute en el bienestar humano al fomentar la unidad e integración de la familia: genera ambientes más sanos, promueve la alimentación balanceada, y genera formas de integración social y comunitaria; todo esto no se da por sí solo. Para ello, es necesaria la concurrencia de las universidades, los organismos del Estado, los créditos blandos (cuando sean necesarios) y la cooperación de los productores.

Las acciones para el crecimiento económico y tecnológico han de ser integrales, sólo así se podrá hablar de desarrollo sustentable; para lograr éste, son más importantes la confianza, la integración familiar, el respeto a las personas y al medio ambiente que la aplicación lisa y llana de técnicas productivas, cuyas consecuencias pueden ser desastrosas por el desgarramiento del tejido social.

Por lo tanto, una tecnología que aumenta la productividad, respeta el medio ambiente y repercute en una mayor armonía comunal es ampliamente recomendable.

Literatura citada

- Boltvinik, J. (2009). Economía moral, crisis del capitalismo mundial. La Influencia otra dimensión de su descomposición total. En: *La Jornada*, México, p. 31. (8 de mayo de 2009).
- Cruz, E.; Almaguel, R.E.; Maderos, C.M. y González, C. (2009). Sistema de cama profunda en la producción de cerdos a pequeña escala. *Revista Científica, FCV-LUZ*. 19(5):495-499.
- Gómez, E. J.; Verano, L. F.; Vernal E. A.; Bernal, L. A y García A. (1998). *El modelo de economía solidaria. Una alternativa frente al neoliberalismo*, Bogotá, editorial COLACOT, 467 pp.
- González, C.; Vechionacce, H. y Tepper, R. (2002). Estrategias en la producción de cerdos para enfrentar los retos del presente y futuro. En: *Memorias XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal, Valera, 22 al 26 de octubre. ULA, Trujillo 2002*. http://avpa.ula.ve/congresos/cd_xi_congreso/pdf/carlos-gonzales.pdf (Consultada en marzo de 2010).
- González, C. (2005). Sistemas alternativos de producción de cerdos en Venezuela. *VIII Encuentro de Nutrición y Producción de animales monogástricos*. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" Guanare, Portuguesa pp. 20-29.
- González, C. (2007). Uso de la cama profunda en cerdos en Venezuela como mecanismo para reducir el impacto ambiental. <http://www.fagro.edu.uy/~suinos/jornadas/ixe/curso%202/Gonzalez%20-%20Uso%20de%20cama%20profunda%20en%20cerdos%20en%20Venezuela%20como%20mecanismo%20para%20reducir%20impacto%20ambiental.pdf> (Consultada en septiembre de 2011).
- Land Research Action Network. (2007). Declaración de Wilderswil sobre la Diversidad del ganado. *Declaración de la sociedad civil organizada por la CIP-Comité Internacional de Planificación de ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria (con varios participantes de la Vía Campesina)*. Wilderswil. Martes 27 de noviembre de 2007.
- Matsuura, K. (2008). ¿Puede salvarse todavía la humanidad?. En: *La Jornada*, UNAM. <http://firgoa.usc.es/drupal/node/38686> (Consultada el 9 de febrero de 2008).

- Mejía, J. (2006). Perspectiva de la investigación social de segundo orden. En: *Cinta de Moebio*, No. 27, FACS. <http://www.moebio.uchile.cl/03/frprinci.htm> (Consultada el 30 de octubre de 2010).
- Nadal, A. (2009 a). Cuna de la influencia patógena. En: *La Jornada*, 29 de abril de 2009. <http://www.jornada.unam.mx/2009/04/29/index.php?section=opinion&article=032aleco> (Consultada el 1° de noviembre de 2009).
- Nadal, A. (2009b). Influenza A/H1N1: la punta del iceberg. En: *La Jornada*, 6 de mayo 2009. En: <http://www.jornada.unam.mx/2009/05/06/index.php?section=opinion&article=032aleco> (Consultada el 1° de noviembre de 2009).
- Utrera, T. V.; Rigo, V. y Rauseo, L. (2009). Producción de cerdos en cama profunda y los problemas de salud; 12 pp. <http://www.edv.com.ve/articulos.php?id=16> (Consultada en febrero de 2010).

Recibido: Junio 1, 2011

Aceptado: Septiembre 27, 2011

AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA - Universidad de Colima México

CONSEJO EDITORIAL

Agustín Orihuela Trujillo	FCA - UAEM	México
Fernando Pérez-Gil Romo	INN "Salvador Zubirán"	México
José Manuel Palma García	CUIDA - Universidad de Colima	México
Milagros Milera Rodríguez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Janet Hummel Oliver	FMVZ - Universidad de Colima	México
Rafael Herrera García	Instituto de Ciencia Animal	Cuba

COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA - Universidad de Colima	México
Agustín Orihuela Trujillo	FCA - Universidad Autónoma de Morelos	México
Ana Luisa da Costa Cruz Borges	Universidad Federal Minas Gerais	Brasil
Aníbal Fernández Mayer	INTA Bordenave	Argentina
Aslan Díaz Castillo	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Carlos González Araujo	Instituto de Producción Animal	Venezuela
Elaine Espino Barr	CRIP - Manzanillo	México
Enrique Murgueitio Restrepo	CIPAV	Colombia
Héctor Manterola Badilla	Universidad de Chile	Chile
Hilda Machado Martínez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Jaime Molina Ochoa	FCBA - Universidad de Colima	México
Javier Valencia Méndez	FMVZ - UNAM	México
Juan Avellaneda Cevallos	UTEQ ESPAM MFL	Ecuador
Juan José Pascual Amorós	Universidad Politécnica de Valencia	España
Leonor Sanginés García	INN "Salvador Zubirán"	México
Manuel García-Ulloa Gómez	Laboratorio de Ciencias Marinas - UAG	México
Octavio Pérez Zamora	FCBA - Universidad de Colima	México
Osmel Alonso	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Rogério Mauricio Martins	Universidad Federal Sao Joao del Rey	Brasil
Salvador Guzmán González	FCBA - Universidad de Colima	México
Tania Sánchez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Coordinadora editorial	Ma. Eugenia Rocha Zamora	
Edición	Alberto Vega	
Diseño	Alma Patricia Álvarez	
Montaje	Jaime Sánchez Hernández	
Fotografía (portada)	José Manuel Palma García: <i>Cycas revoluta</i> Thunb	
Corrección de abstracts	Teresita Amezcua Jaeger	

REVISTA CUATRIMESTRAL DE INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN CIENTÍFICA AGROPECUARIA
(ISSN 0188-7890). Tiraje: 200 ejemplares.

Avances en Investigación Agropecuaria es una revista académica de nivel internacional enfocada a la publicación de artículos originales arbitrados de tipo científico en el área agrícola, pecuaria, forestal, acuícola y pesquera, editada por la Universidad de Colima. Sus objetivos: apoyar, enriquecer, hacer efectivos y eficientes los procesos productivos agropecuarios, con el mantenimiento de un justo balance entre la conservación, la creciente demanda de alimentos, las exigencias del consumidor y la rentabilidad de la actividad primaria; a través de opciones de difusión de la investigación generada en la región, en México y otros países con problemáticas afines, con énfasis en ambientes tropicales (aunque se aceptan trabajos de otras latitudes).

Indizada en las bases de datos:

- EBSCO (sección "Fuente académica").
- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: www.citchile.cl/b2c.htm
- GALE CENGAGE LEARNING: www.gale-la.com
- LATINDEX: www.latindex.org
- REDALyC: www.redalyc.org
- REDZOOT: www.uco.es/redzoot/
- REVIVEC: www.veterinaria.org

Los artículos aquí publicados han sido cedidos por sus autores para su reproducción editorial y la información que contienen es responsabilidad exclusiva de los propios investigadores.

Certificado de licitud de títulos y de contenido, en trámite. Reserva de derechos de autor en trámite.

Prohibida la reproducción total o parcial mediante cualquier método sin la previa autorización de la casa editora.

Correspondencia al Editor o artículos a consideración del Comité Editorial, dirigirse a:

Ma. Eugenia Rocha Zamora: revaia@uol.mx / aiagropecuarias@yahoo.com.mx

José Manuel Palma García: palma@uol.mx

Av. Gonzalo de Sandoval No. 444. Col. Las Víboras, Colima, Col. C. P. 28045 (México)

Tel. (312) 3 16 10 00 Ext. 40011 Fax: (312) 3 12 75 81 A. P. No. 22 Colima, Col. (México). <http://www.ucol.mx/revaia>

© 2011. Universidad de Colima

Av. Universidad No. 333, Colima, Col., (28040), México.

Dirección General de Publicaciones: publicac@uol.mx / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, Ext. 35004

Comercializadora U. de C.; comerci@uol.mx Tel. (312) 31 3 84 84