

**Mixed pasture dynamics under intensive grazing  
in the humid tropic in Veracruz**

*Valles, B.; Castillo, E.; Barragán, J.; Jarillo, J. y Ocaña, E./ 3*

**Etnobotanic study of the bean Yepataxtle (*Phaseolus  
coccineus L.*) in natural protected area Biological Corridor  
Chichinautzin, Morelos, México**

*Monroy, R. y Quezada-Martínez, A./ 23*

**Tomato production and greenhouse soil microbiological  
dynamic using vermicompost amendments**

*Robledo, O.; Grosso, E.; Zoppolo, R.; Lercari, D. y Etchebehere, C./ 35*

**Spatial distribution pattern of deforestation, degradation  
and vegetation recovery in Durango, Mexico**

*Rodríguez, F. de J.; Pompa-García, M.;  
Hernández-Díaz, C. y Juárez-Reyes, A./ 53*

**Bilateral asymmetry in bovine carcasses processed  
at the municipal abattoir of  
Guadalajara, Jalisco, Mexico**

*Zorrilla, R. J. M.; Lomelí, O. D. A. y Carrasco, G. D. M./ 67*

# Dinámica de una pastura mixta bajo apacentamiento intensivo en el trópico húmedo veracruzano

Mixed pasture dynamics under intensive grazing in the humid tropic in Veracruz

Valles, B.;<sup>1\*</sup> Castillo, E.;<sup>1</sup> Barragán, J.;<sup>2</sup> Jarillo, J.<sup>1</sup> y Ocaña, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México. A.P. 136, Martínez de la Torre, Veracruz, México (C.P. 93600).

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México.

\*Correspondencia: braulio\_36@hotmail.com

## Resumen

Se cuantificaron variables de apacentamiento en asociaciones gramínea/leguminosa, con especies nativas (*Paspalum*, *Axonopus*, *Cynodon*, *Desmodium* y *Calopogonium*) e introducidas (*Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria arrecta* y *Arachis pintoi*), bajo pastoreo rotacional intensivo (1-3 días de uso; 36-60 días de recuperación) con vacas Holstein-Cebú, durante 313 días. Se muestrearon de 34 a 38 divisiones ( $1.1 \pm 0.2$  ha/división) por época (nortes-EN, seca—ES y lluvias-EL), probando efectos de época y mes dentro de época. La composición botánica (%) fue igual entre épocas, con  $49.3 \pm 0.02$ ,  $26.1 \pm 0.03$ ,  $12.5 \pm 0.04$ ,  $3.8 \pm 0.02$ ,  $6.0 \pm 0.02$  y  $2.3 \pm 0.01$  para gramas nativas, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria arrecta*, leguminosas, malezas de hoja ancha y de hoja angosta, respectivamente. La materia seca presente antes del pastoreo (MSPAP, kg/ha) fue similar entre épocas:  $2,040 \pm 38$ ; en tanto que después del pastoreo (MSPDP, kg/ha) fue similar entre EN ( $1,324 \pm 61$ ) y ES ( $1,468 \pm 78$ ), ambas superadas por la EL ( $1,668 \pm 66$ ). La PC de hojas superó la de tallos en EN ( $11.7 \pm 0.5\%$

## Abstract

Several variables were measured in pastures composed of associations of native grasses/legumes (*Paspalum*, *Axonopus*, *Cynodon*, *Setaria*, *Desmodium* and *Calopogonium*) and introduced species (*Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria arrecta*, *Arachis pintoi*). Pastures were placed under intensive rotational grazing (1-3 days of use; 36-60 days of recovery) by Holstein-Cebú cattle, during 313 days. 34 to 38 paddocks were sampled ( $1.1 \pm 0.2$  ha/division) per season (northern-wind-NS, dry-DS and rainy-RS). Effects of season and month within season were tested. Botanical composition (%) was similar among seasons showing values of  $49.3 \pm 0.02$ ,  $26.1 \pm 0.03$ ,  $12.5 \pm 0.04$ ,  $3.8 \pm 0.02$ ,  $6.0 \pm 0.02$  and  $2.3 \pm 0.01$  for native grasses, *Cynodon nlemfuensis*, *Brachiaria arrecta*, legumes, and broad and narrow leafed weeds, respectively. The standing dry matter before grazing (SDMBG, kg/ha) was similar among seasons ( $2040 \pm 38$ ); while the standing dry matter after grazing (SDMAG, kg/ha) was similar between NS ( $1324 \pm 61$ ) and DS ( $1468 \pm 78$ ), both were lower than RS ( $1668 \pm 66$ ). The leaves had a higher content of

vs.  $5.7 \pm 0.5\%$ ) y EL ( $13.0 \pm 0.3\%$  vs.  $7.8 \pm 0.4\%$ ). La época y mes dentro de época no afectaron la disponibilidad de MS ( $9.57 \pm 0.21$  kg MS/100 kg PV). El consumo aparente de MS (kg MS/100 kg PV) de EN ( $2.42 \pm 0.19$ ) superó al de ES ( $1.77 \pm 0.24$ ), y fue similar al de EL ( $1.96 \pm 0.20$ ). El uso de la MSPAP fue mayor en EN ( $33.1 \pm 0.1\%$ ) que en ES ( $23.4 \pm 0.1\%$ ) o EL ( $19.6 \pm 0.1\%$ ) sin diferir estas últimas. La época no afectó la tasa absoluta de crecimiento ( $13.7 \pm 1.9$  kg MS/ha/día). Se sugiere que es posible intensificar el uso de pasturas de gramas nativas, sin afectar su cubierta vegetal.

### Palabras clave

Consumo de forraje, tasa de crecimiento, pastoreo rotacional, trópico húmedo. Composición botánica, producción de forraje.

crude protein than the stems in NS ( $11.7 \pm 0.5\%$  vs.  $5.7 \pm 0.5\%$ ) and RS ( $13.0 \pm 0.3\%$  vs.  $7.8 \pm 0.4\%$ ). Both, season and month within season did not affect dry matter availability ( $9.57 \pm 0.21$  kg DM/100 kg LW). Apparent dry matter intake (kg DM/100 kg LW) in NS ( $2.42 \pm 0.19$ ) was higher than that in DS ( $1.77 \pm 0.24$ ), but similar to RS ( $1.96 \pm 0.20$ ). The use (%) of the SDMBG in NS ( $33.1 \pm 0.1\%$ ) was higher than that in DS ( $23.4 \pm 0.1\%$ ) and RS ( $19.6 \pm 0.1\%$ ), with no difference between the last two. Season did not affect pasture growth rate ( $13.7 \pm 1.9$  kg DM/ha/day). Results suggest that an intensive use of native grass-based pastures is possible without the detriment of their vegetation cover.

### Key words

Forage intake, growth rate, rotational grazing, humid tropic, botanical composition, forage yield.

## Introducción

Tanto en el pasado como en años recientes, se han introducido y naturalizado en el trópico mexicano, gramíneas de corte y pastoreo, principalmente de origen africano, con el fin de incrementar los rendimientos por animal y por hectárea de producto animal (Enríquez, 1997). No obstante, los pastizales inducidos formados de especies nativas de esta región, siguen ocupando un papel importante en la ganadería porque son recursos relativamente baratos, además de ser muy persistentes (Menocal *et al.*, 1992). Tal vegetación, conocida como “gramas nativas” está formada principalmente por diversas especies de gramíneas (*Paspalum* spp, *Axonopus* spp, *Cynodon* spp, *Setaria* spp), con una contribución baja de leguminosas (*Desmodium* spp, *Centrosema* spp) que presentan una producción de forraje muy estacional, así como bajos niveles de producción animal, probablemente más por el manejo inadecuado que reciben, que por una inherente baja calidad nutricional (Améndola *et al.*, 2005).

En el trópico húmedo veracruzano, como en otras partes del trópico mexicano, el sistema de pastoreo rotacional intensivo ha venido siendo usado con más frecuencia

por los ganaderos desde principios de los años noventa. Los principios biológicos en que se basa dicho sistema son conocidos desde principios de los años sesentas (Voisin, 1974), aunque sólo recientemente se han empezado a poner en práctica en México. Según diversos proponentes, con el pastoreo rotacional intensivo con tiempos variables de ocupación y de recuperación de las divisiones de apacentamiento se puede lograr una mayor biodiversidad, poco o nulo terreno descubierto y una mejor calidad nutricia del forraje. Con este sistema de pastoreo se pretende que los animales aprovechen integralmente —y al máximo— la vegetación de la pradera. El tiempo de permanencia del hato en cada división y el tiempo que ésta se deja recuperar, dependen del crecimiento de la pastura: cambio frecuente cuando hay crecimiento rápido y menos frecuente con crecimiento lento, lo cual sólo es posible con un número grande de divisiones. Lo anterior hace necesario que se conozca el crecimiento estacional de la vegetación, así como las relaciones entre el forraje producido y el número de animales mantenidos en la pastura, con el fin de ajustar estacionalmente los tiempos de pastoreo y recuperación de cada división, así como ajustar también la capacidad de carga de la misma.

Lo anterior permitiría establecer un plan de apacentamiento cuya estrategia general de operación estaría basada en presupuestos alimenticios con base en la pastura disponible, lo cual llevaría a mejorar la producción y productividad animal de la pradera (González *et al.*, 1990a; Cortés *et al.*, 2003).

Por lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo cuantificar en el tiempo, algunas variables de la vegetación de pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas nativas e introducidas, manejadas con pastoreo rotacional intensivo con tiempos variables, a fin de conocer los cambios estacionales en dichas variables, y que dicha información pueda ser utilizada en la elaboración de programas de alimentación para ganado bovino en pastoreo, de la región tropical húmeda del estado de Veracruz, México.

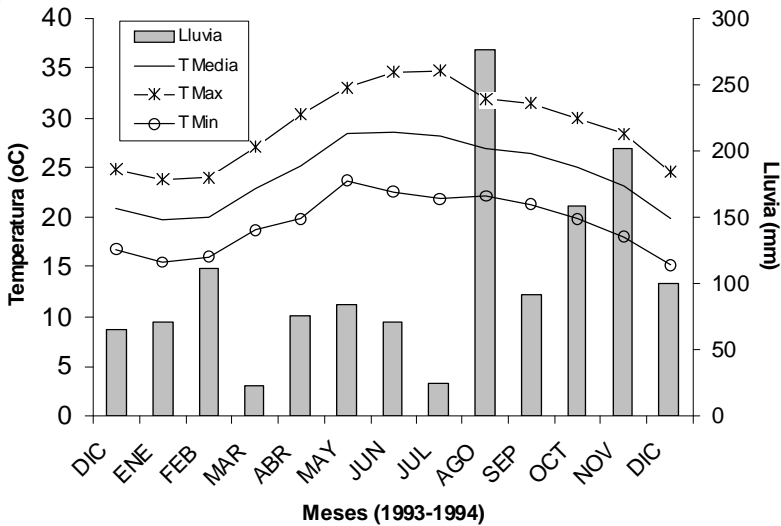
## Materiales y métodos

### *Características del sitio*

El estudio duró 313 días a partir del 5 de diciembre de 1993 y se realizó en el CEIEGT, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Nacional Autónoma de México, situada en la planicie costera del Golfo de México, a 20° 02' N y 97° 06' W, a 112 msnm. El clima es Af(m), cálido húmedo, con lluvias todo el año (García, 1980). La lluvia media anual histórica (1980-1997) es de 1,917±356 mm. La precipitación mensual es muy variable, siendo septiembre (322 mm) y octubre (248 mm) los meses más lluviosos; y marzo (85 mm), el más seco. Enero es el mes más frío (18.9 °C) y junio el más cálido (27.8 °C). Las tres épocas

climáticas características del trópico húmedo de la costa veracruzana, son: invierno o “nortes” (nov-feb), seca (mar-jun) y lluvias (jul-oct). La lluvia y temperatura particulares para este trabajo se presentan en la figura 1.

Figura 1. Condiciones climáticas durante el periodo experimental.



Los suelos del sitio de estudio son Ultisoles (Durustults) con un rango de pH de 4.1 a 5.2, provistos de una capa dura impermeable, entre 0 a 25 cm de profundidad, conocida localmente como “tepetate”, que ocasiona inundaciones en las épocas de lluvias y nortes. El suelo es arcillo-limoso, bajo en: P (< 3 ppm), S (< 30 ppm), Ca (< 3 meq/100 g) y K (< 0.2 meq/100 g). La capacidad de intercambio catiónico y la saturación de aluminio se incrementan con la profundidad, sin que el Al sea tóxico para las plantas (Toledo, 1986).

### Pasturas

Se usó una superficie de 37.8 ha con 34 divisiones internas o potreros, cuya área individual promedio fue de  $1.1 \pm 0.2$  ha. La vegetación dominante fue de gramas nativas (gramíneas de los géneros *Paspalum*, *Axonopus* y *Cynodon*, principalmente), y leguminosas de los géneros *Desmodium* y *Calopogonium*. El resto correspondió a las gramíneas estrella de santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) y *Brachiaria arrecta*, sembradas a fines de los 80's pero cuya cobertura había disminuido al inicio del estudio, además de malezas y en dos divisiones, la leguminosa introducida *Arachis pintoi* CIAT 17434. El terreno no se fertilizó en los tres años previos ni durante el estudio.

## Manejo del pastoreo y animales

Se usó pastoreo rotacional con uno a tres días de pastoreo, y entre 36 y 60 días de recuperación. Al momento de realizar el estudio no se contaba con estimaciones del crecimiento de las pasturas como para ajustar el número de días de apacentamiento de cada división, por lo que se optó por pastar las más pequeñas dos días y las más grandes tres. Dado que la modalidad de apacentamiento fue de “lideresas” (vacas en producción) y “seguidoras” (vacas secas y vaquillas); las primeras pastaron cada potrero por un solo día, en tanto que las segundas repastaron por uno a dos días en el mismo potrero. El número de animales que pastaron fluctuó de 110 a 130 cabezas, pero las lideresas fueron sólo de 47 a 49 durante el periodo experimental. Los hatos estaban formados con vacas de encaste variable Holstein x Cebú, cuyo peso promedio fue  $453 \pm 50$  kg, las cuales se pesaron mensualmente durante el transcurso de la investigación.

## Variables medidas

**Composición botánica (%).** Esta medición se efectuó el día anterior a la entrada del ganado a cada potrero y se realizó en 38, 34 y 36 ocasiones, al pastar las 34 divisiones utilizadas una tras otra, durante las épocas de nortes (5 dic. de 1993-21 feb. de 1994), seca (1 mar. de 1994-31 mayo de 1994) y lluvias (25 ago. de 1994-14 oct. de 1994), respectivamente, empleando el método de rangos de peso seco (Mannetje y Haydock, 1963). En cada potrero se eligieron 120 puntos de muestreo, localizados mediante un recorrido sistemático en “zig-zag”. En total se evaluaron visualmente 12,960 puntos de muestreo (120 puntos/división x 108 muestreos). Los componentes botánicos considerados fueron las gramíneas introducidas: estrella de santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*), Tanner (*Brachiaria arrecta*); y como grupos de plantas, gramíneas nativas o gramas nativas: (*Paspalum* spp, *Axonopus* spp, *Cynodon* spp y *Setaria* spp), leguminosas nativas e introducidas (*Desmodium* spp, *Calopogonium* spp, *A. pintoii*), así como malezas de hoja ancha (*Mimosa pigra*, *Sida acuta*) y angosta (*Paspalum virgatum*, *Sporobolus pioretii*, *Cyperus* spp).

**Materia seca presente (MSP, kg/ha) antes (MSPAP) y después (MSPDP) del pastoreo.** Del primer muestreo realizado para composición botánica, se seleccionaron cinco potreros con base en el criterio de mayor porcentaje de: gramas nativas (dos divisiones), estrella santo Domingo (dos divisiones), y malezas (una división). Las mediciones se realizaron cada vez que se pastaron estas divisiones, durante las tres épocas climáticas ya mencionadas.

La materia seca presente (MSP, kg/ha) tanto antes (MSPAP) como después (MSPDP) se evaluó con el disco medidor de forraje (Castle, 1976), el cual, con variaciones de diámetro y peso ha sido utilizado en praderas tropicales (Santillán et

al., 1979; González *et al.*, 1990b). Se usó un disco de lámina de aluminio de 0.25 m<sup>2</sup> que ejerció una presión equivalente a 4 kg/m<sup>2</sup>. Los puntos de muestreo se eligieron sistemáticamente mediante un recorrido en “zig-zag”, midiendo la altura 120 veces por potrero; cada 20 mediciones de altura (X) se cosechó el forraje bajo el disco (Y), generando 6 pares de observaciones, que se ajustaron a una regresión lineal sin ordenada al origen (Y = bX), bajo el supuesto de que a cero altura, la cantidad de biomasa es nula. El forraje bajo el disco se cosechó a ras de suelo, se pesó y se obtuvo una submuestra de 200 g para determinar el contenido de MS en estufa de aire forzado a 60°C/72 h. Otra submuestra se separó en hoja y tallo de los componentes deseables (gramíneas introducidas, gramíneas nativas y leguminosas) y se secó de manera similar. La MSPAP y MSPDP se estimaron al sustituir en la ecuación respectiva ya ajustada, el promedio de las 120 alturas registradas. Estas mediciones se efectuaron en cada época climática, lo que dio un total de 29,520 registros de altura y 1,476 dobles muestreos.

*Proteína cruda.* Se realizaron, por duplicado, análisis de proteína cruda (PC = N x 6.25) para 900 muestras de hoja y tallo de las épocas de nortes (442) y de lluvias (458), las cuales se obtuvieron del forraje cortado para el doble muestreo; el material para la época de sequía no se analizó. La PC se estimó con un autoanalizador Technicon II (Technicon Ind. Sys., Tarrytown, NY) en el laboratorio del Departamento de Suelos y Cultivos, de la Universidad Texas A&M (College Station, Texas).

### *Variables derivadas*

El grado de uso (USO, %), la disponibilidad de MS (DMS) y el consumo aparente de la MS (CMS), expresados estos últimos en kg MS/100 kg PV, fueron calculados con las siguientes fórmulas:

$$\text{USO} = [\text{MSPAP} - \text{MSPDP} / \text{MSPAP}] \times 100$$

$$\text{DMS} = [\text{MSPAP} \times A / \text{PVT} \times A] \times 100$$

$$\text{CMS} = [(\text{MSPAP} - \text{MSPDP}) \times A / \text{PVT} \times A] \times 100$$

donde: MSPAP y MSPDP, en kg/ha ya fueron definidas, PVT es el peso vivo total (kg) de las lideresas, obtenido como el promedio del mes anterior y el mes posterior al muestreo de la división pastada, y A es el área de la división, en hectáreas.

La tasa absoluta de crecimiento (TAC, kg MS/ha/día) se calculó con la ecuación:

$$\text{TAC} = \text{MSPAP}_{n+1} - \text{MSPDP}_n / \text{DR}$$

en la cual: DR son los días transcurridos entre dos pastoreos sucesivos o días de recuperación del potrero y los subíndices  $n+1$  y  $n$  se refieren al ciclo de pastoreo; por ejemplo, a la MSPAP del ciclo 2 ( $1+1=2$ ) se resta la MSPDP del ciclo 1 ( $n=1$ ).

La carga animal asignada, se calculó dividiendo el número promedio de lideresas (48 vacas) entre el área de pastoreo utilizada (37.8 ha), que fue de 1.27 vacas/ha, la cual se comparó con la capacidad de carga, que se calculó dividiendo el consumo estimado de materia seca por animal, entre la tasa absoluta de crecimiento de la pastura.

### Análisis estadístico

*Diseño experimental.* El estudio presentado es de carácter descriptivo, por lo cual no tiene diseño experimental. Sin embargo, se consideraron como factores de estudio a las épocas del año, y los meses dentro de cada época. Debido a que cada división ocupó un sitio distinto con características distintas de composición botánica de la vegetación, se supuso que éstas fueron independientes, y por lo mismo, se consideró válida la variación entre ellas para generar un error experimental, que permitió estimar la significancia de los efectos de épocas y meses dentro de épocas de los modelos de análisis de varianza.

*Análisis de varianza.* Las variables expresadas en porcentaje: componentes botánicos y USO, se transformaron a ARCOSENO ( $\sqrt{(\%/100)}$ ), para cumplir con el supuesto de distribución normal del error en el análisis de varianza (Steel y Torrie, 1980). Las demás no se transformaron.

El modelo para MSP incluyó los efectos de: época del año (nortes, seca y lluvias), mes dentro de época (dic, ene y feb para nortes; mar, abr y may para seca; ago, sep y oct para lluvias), tipo de muestreo (antes —MSPAP— o después del pastoreo —MSPDP—), la interacción época x tipo de muestreo, así como la interacción del mes x tipo de muestreo dentro de época.

El modelo para PC tuvo como efectos: la parte de la planta (hoja y tallo), la época del año, el mes dentro de la época, la interacción parte por mes dentro de época, y la interacción parte por época. Los componentes botánicos, además de las variables derivadas: TAC, USO, DMS y CMS, se analizaron con un modelo que contó con el efecto de la época del año y el mes dentro de la época del año. Los análisis de varianza se realizaron con la versión 9.0 de SAS (2000) para microcomputadora, utilizando el procedimiento PROC GLM, para generar sumas de cuadrados tipo 3, pues hubo distinto número de observaciones por combinación de época y mes. Las medias se compararon con la prueba de Tukey a nivel  $P < 0.05$ , sólo cuando el efecto respectivo del modelo fue significativo al mismo nivel de probabilidad.



## Resultados

### Composición botánica

La época no afectó la composición botánica, con medias generales de  $49.3 \pm 0.02\%$ ,  $26.1 \pm 0.03\%$ ,  $12.5 \pm 0.04\%$ ,  $3.8 \pm 0.02\%$ ,  $6.0 \pm 0.02\%$  y  $2.3 \pm 0.01\%$  para gramas nativas, estrella santo Domingo, *Brachiaria arrecta*, leguminosas, malezas de hoja ancha y de hoja angosta, respectivamente. Por otro lado, el efecto del mes dentro de época, fue significativo sobre las leguminosas y malezas de hoja ancha. Las leguminosas sólo presentaron diferencias entre meses en la época de seca: abril superó ampliamente a marzo y mayo, que no difirieron entre sí. En cambio, la maleza de hoja ancha fue afectada por el mes en nortes y lluvias (cuadro 1).

### Materia seca presente antes y después del pastoreo y variables derivadas

La materia seca presente fue afectada a nivel significativo por la época, por el mes dentro de época y por el tipo de muestreo; empero, las interacciones época x tipo y mes x tipo dentro de época no fueron significativas. Las tres épocas fueron estadísticamente similares para la MSPAP. Sin embargo, la MSPDP de las lluvias fue significativamente mayor que la de las épocas de nortes y seca, las cuales no fueron distintas entre sí (cuadro 2).

Cuadro 1. Medias de mes dentro de época, para porcentaje de leguminosas y malezas de hoja ancha de una pastura mixta de gramínea y leguminosas, nativas e introducidas, del trópico húmedo veracruzano.

Época	Mes	Componente botánico	
		Leguminosas	Malezas de hoja ancha
		-----%-----	
Nortes	Dic-93	$1.10 \pm 0.14^{\dagger}$ a	$7.48 \pm 0.15$ a
	Ene-94	$3.47 \pm 0.12$ a	$5.04 \pm 0.13$ ab
	Feb-94	$3.13 \pm 0.36$ a	$1.43 \pm 0.39$ b
Seca	Mar-94	$1.12 \pm 0.46$ b	$13.81 \pm 0.39$ a
	Abr-94	$14.09 \pm 0.36$ a	$4.29 \pm 0.49$ a
	May-94	$3.15 \pm 0.06$ b	$6.91 \pm 0.07$ a
Lluvias	Ago-94	$4.10 \pm 0.26$ a	$14.99 \pm 0.28$ a
	Sep-94	$6.01 \pm 0.08$ a	$4.40 \pm 0.08$ b
	Oct-94	$4.25 \pm 0.36$ a	$1.01 \pm 0.39$ b

† Medias  $\pm$  error estándar de mes dentro de época seguidas de la misma letra, son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ).

Cuadro 2. Medias de materia seca presente antes (MSPAP, kg MS/ha) y después (MSPDP, kg MS/ha) del pastoreo de acuerdo a la época del año, de una pastura de gramíneas y leguminosas, nativas e introducidas, del trópico húmedo veracruzano.

Tipo de muestreo	Época	Materia seca presente (kg/ha)
MSPAP	Nortes	2,023 ± 60 a <sup>†</sup>
	Seca	1,977 ± 72 a
	Lluvias	2,121 ± 64 a
MSPDP	Nortes	1,324 ± 61 a
	Seca	1,468 ± 78 a
	Lluvias	1,668 ± 66 b

<sup>†</sup> Dentro de tipo de muestreo, medias de época seguidas de la misma letra, son iguales ( $P > 0.05$ ).

El efecto de la época del año no fue significativo sobre la DMS. La época de nortes presentó un USO significativamente superior a las épocas de seca y lluvias, las cuales fueron similares entre sí. El CMS registrado en la época de nortes fue significativamente superior al de la época de sequía, pero este último fue similar al de la época de lluvias, que a su vez fue similar estadísticamente al de los nortes (cuadro 3).

Por otro lado, no hubo efecto de mes dentro de época para la DMS. Con respecto a CMS, en nortes y seca tampoco hubo efecto del mes dentro de época, pero sí en lluvias, en la que septiembre y octubre fueron significativamente superiores a agosto. En cuanto al USO, los tres meses de la época de nortes resultaron similares, no así los meses de seca, donde marzo superó significativamente a abril y mayo, que presentaron medias similares, o en los meses de lluvias, donde agosto resultó significativamente inferior a octubre e igual a septiembre (cuadro 3).

Cuadro 3. Disponibilidad (DMS), consumo aparente (CMS) y grado de uso (USO) de la materia seca presente antes del pastoreo en tres épocas del año de

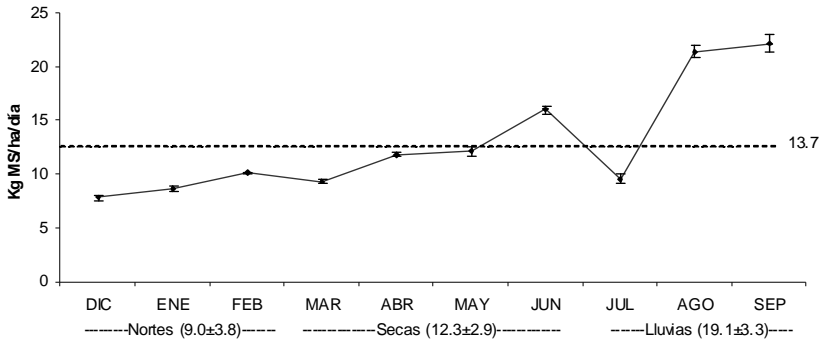
Época	Mes	DMS (kg MS/100 kg PV)	CMS (kg MS/100 kg PV)	USO (%)
Nortes	Dic-93	9.44 ± 0.65 a <sup>†</sup>	2.65 ± 0.29 a	36.5 ± 0.2 a
	Ene-94	8.58 ± 0.58 a	1.89 ± 0.27 a	36.6 ± 0.1 a
	Feb-94	10.75 ± 1.00 a	2.71 ± 0.41 a	26.3 ± 0.4 a
<i>Media de Nortes</i>		9.59 ± 0.44 A <sup>‡</sup>	2.42 ± 0.19 A	33.06 ± 0.07 A
Seca	Mar-94	9.38 ± 0.91 a	1.99 ± 0.53 a	36.5 ± 0.4 a
	Abr-94	10.09 ± 1.12 a	1.78 ± 0.45 a	18.1 ± 0.7 b
	May-94	9.32 ± 0.41 a	1.53 ± 0.18 a	17.1 ± 0.1 b
<i>Media de Seca</i>		9.60 ± 0.50 A	1.77 ± 0.24 B	23.38 ± 0.12 B
Lluvias	Ago-94	9.00 ± 0.85 a	1.26 ± 0.34 a	13.0 ± 0.3 a
	Sep-94	10.57 ± 0.46 a	2.10 ± 0.19 b	20.4 ± 0.1 b ab
	Oct-94	9.01 ± 1.00 a	2.52 ± 0.45 b	26.4 ± 0.4 b
<i>Media de Lluvias</i>		9.53 ± 0.46 A	1.96 ± 0.20 AB	19.61 ± 0.09 B

una pastura mixta de gramíneas y leguminosas, nativas e introducidas, en el trópico húmedo veracruzano.

<sup>†</sup> Medias ± error estándar de mes dentro de épocas seguidas de la misma letra, son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ).<sup>‡</sup> Medias ± error estándar de época seguidas de la misma letra mayúscula, son iguales ( $P > 0.05$ ).

La tasa absoluta de crecimiento (figura 2) no fue afectada por la época del año ni por el mes dentro de época. Sin embargo, la TAC aumentó gradualmente de un mínimo en diciembre de 1993 (nortes) a un máximo en septiembre de 1994 (lluvias). La TAC de lluvias fue el doble que la de nortes y 1.6 veces mayor que la de secas, pero esas diferencias no fueron significativas, debido —más que nada— a la alta variación entre potreros, pues la media general de 13.7 kg/ha/día, tuvo una alta desviación estándar de ±12.8 (coeficiente de variación de 93.7%).

Figura 2. Tasa absoluta de crecimiento (TAC, kg MS/ha/día,  $\pm$  error estándar) por época y por mes dentro de época, de una pastura mixta de gramíneas y leguminosas, nativas e introducidas, del trópico húmedo veracruzano.



### Proteína cruda

Los efectos de la parte de la planta, la época y el mes dentro de época fueron significativos, en tanto que las interacciones parte x mes dentro de época y parte x época no fueron significativas. La PC de las hojas superó significativamente a la de los tallos. La PC de la época de nortes fue significativamente inferior a la de la época de lluvias. En la época de nortes, la PC se incrementó de diciembre a febrero, en tanto que en lluvias, disminuyó de agosto a octubre. La PC de hojas y tallos fue significativamente inferior en la época de nortes en comparación con la de lluvias (cuadro 4).

Cuadro 4. Medias de proteína cruda (%) para meses dentro de época y partes de la planta, de una pastura mixta de gramíneas y leguminosas, nativas e introducidas, del trópico húmedo veracruzano.

Época	Mes	Hojas y tallos <sup>†</sup>	Hoja <sup>‡</sup>	Tallo <sup>‡</sup>
Nortes	Dic	7.8 $\pm$ 0.3 a		
	Ene	8.9 $\pm$ 0.4 b	11.7 $\pm$ 0.5 a A	5.7 $\pm$ 0.5 a B
	Feb	9.4 $\pm$ 1.0 b		
Lluvias	Ago	11.7 $\pm$ 0.4 a		
	Sep	10.0 $\pm$ 0.3 b	13.0 $\pm$ 0.3 b A	7.8 $\pm$ 0.4 b B
	Oct	9.5 $\pm$ 0.5 b		

<sup>†</sup> Dentro de época, medias  $\pm$  errores estándar de mes con la misma letra, son iguales.

<sup>‡</sup> Para hojas vs. tallos, letras mayúsculas diferentes indican diferencia estadística; para nortes vs. lluvias, letras minúsculas diferentes indican diferencia estadística. El nivel de probabilidad fue de  $P < 0.05$ .

### Carga asignada y capacidad de carga

En promedio, la capacidad de carga fue superior a la carga animal asignada por 0.21 animales/ha. La tasa de crecimiento de la pastura fue baja en la época de nortes, por lo que no se cubrió la demanda de MS/animal y la carga asignada superó a la capacidad de carga. Por el contrario, en la seca y las lluvias el crecimiento de la pastura fue mayor a la demanda animal. Lo anterior sugiere que en el presente estudio la capacidad de carga fue superior a la de 1 UA/ha, tradicionalmente utilizada en la región de influencia del Centro (cuadro 5).

Cuadro 5. Balance entre capacidad de carga y carga animal asignada de pasturas de gramíneas/leguminosas, nativas e introducidas, del trópico húmedo veracruzano.

Variable	Época			General
	Nortes	Seca	Lluvias	
Número de animales (promedio)	48	48	48	48
Ha utilizadas (promedio)	37.8	37.8	37.8	37.8
Carga animal asignada (animales/ha <sup>†</sup> )	1.27	1.27	1.27	1.27
Peso vivo (kg)	454	435	467	452
Consumo de MS (% PV)	2.42	1.77	1.96	2.05
Consumo de MS (kg/animal/día)	11.0	7.7	9.2	9.3
Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día)	9.0	12.3	19.1	13.7
Capacidad de carga (animales/ha <sup>‡</sup> )	0.82	1.60	2.09	1.48
Capacidad de carga - carga asignada	-0.45	0.33	0.82	0.21

<sup>†</sup> Carga animal asignada = Número de animales promedio / ha utilizadas promedio.

<sup>‡</sup> Capacidad de carga = Consumo (kg MS/animal/día) / Tasa de crecimiento (kg MS/ha/día).

## Discusión

### Composición botánica

Durante el estudio, la composición botánica no varió, manteniendo las gramas nativas su predominio estable en las pasturas.

Tanto Smith y Whalley (2002) como Bogdan (1997), afirmaron que las especies nativas se desarrollan y crecen mejor en condiciones poco propicias; por ejemplo, bajos

niveles de nitrógeno en el suelo, bajo las cuales no prosperan bien especies introducidas. Esto explicaría por qué los pastos estrella y Tanner contribuyeron menos a la composición botánica que las gramíneas nativas.

Otra razón del predominio de las gramíneas nativas se debió a que, como grupo botánico, están representadas por varias especies de diferentes géneros; y como en el caso de *Paspalum* spp, a un sinnúmero de especies que se adaptan a nichos particulares dentro de la pastura, lo que les permite predominar en la composición botánica. Lo anterior está de acuerdo con Sacido *et al.* (2004), quienes mencionan que en pasturas nativas con presencia de *Paspalum*, las comunidades vegetales forman un verdadero mosaico, donde se manifiestan diferencias en disponibilidad y calidad nutritiva del forraje.

El pasto Tanner, se desarrolla muy bien en nortes y lluvias por su resistencia al exceso de humedad, principalmente en zonas permanentemente inundadas. Sin embargo, tolera poco la sequía, por lo que en esa época seca el rendimiento es pobre. Por otro lado, el patrón lluvioso es altamente variable en el sitio de estudio, y en algunos años, se presentan lluvias abundantes en la época seca, por lo cual, en esos años esta especie podría verse favorecida con respecto a estrella y gramas, particularmente en zonas inundables de los potreros. Esto no ocurrió en el periodo de estudio.

La baja presencia de las leguminosas en la composición botánica es común en el área de estudio (Bosman *et al.*, 1990), lo cual se relaciona con un bajo potencial de crecimiento, debido —probablemente— a una limitada habilidad para prosperar bajo condiciones ambientales adversas, como la baja cantidad de fósforo disponible en el suelo (< 3 ppm), factor que incide negativamente en la fijación biológica de nitrógeno.

El retorno del nitrógeno al suelo a través de las excretas de los animales favorece a las gramíneas y no a las leguminosas (Whitehead, 1995). Luego, en un sistema de pastoreo de alta densidad de carga, podría esperarse que las primeras se incrementaran con relación a los demás componentes. Aunque los datos generados, no permiten comprobar lo anterior, estudios efectuados en el área de influencia del CEIEGT, por Ocaña (2003), indicaron que la contribución de las leguminosas nativas a la composición botánica en potreros de grama nativa no era mayor al 10% durante todo el año.

La densidad de carga alta produce un uso más homogéneo de los componentes de la vegetación, llegando los animales a consumir plantas consideradas como malezas (Heitschmidt y Stuth, 1991). Esto pudo inducir relaciones competitivas más equilibradas entre plantas deseables e indeseables, que llevaron a una composición botánica estable.

Experiencias sobre composición botánica en pasturas tropicales han mostrado que la contribución de las especies varía de acuerdo con el manejo y condiciones ambienta-

les (Lascano, 2000). El presente estudio sugiere que, al menos durante el periodo evaluado, el sistema de pastoreo utilizado promovió el predominio de las gramíneas, las cuales ocuparon 84.2%; en tanto las leguminosas y otras plantas 5.3 y 10.5%, respectivamente.

### *Materia seca presente*

Tres experimentos en pasturas de gramas nativas, efectuados con posterioridad al presente en el mismo centro, en años distintos y con distinto manejo del pastoreo y cargas animales aplicadas, arrojaron valores superiores de MSPAP a los aquí encontrados. Casados *et al.* (2005) durante la época de lluvias y parte de nortes (120 días), con tres días de pastoreo y recuperación de 27 días, encontraron  $2670 \pm 127$ ,  $2621 \pm 117$  y  $2001 \pm 135$  kg MS/ha, para cargas animales de dos, tres y cuatro vacas/ha, respectivamente. Entre agosto/1995 y mayo/1996, con uno a dos días de ocupación y 39 a 47 días de recuperación, Fernández *et al.* (2006), encontraron un promedio de  $5,373 \pm 886$  kg/ha. Otro experimento, con un día de pastoreo y 20 de recuperación, arrojó valores de  $3,233 \pm 47$ ,  $2,999 \pm 46$  y  $2,889 \pm 47$  kg/ha para los años 1998, 1999 y 2000, respectivamente (Castillo, 2003). Tales discrepancias se explican en función de que los estudios anteriores se efectuaron en áreas diferentes del mismo Centro y en años diferentes.

### *U<sub>50</sub>*

La utilización del forraje disponible del presente experimento, podría considerarse baja, de acuerdo con lo recomendado por Stobbs (1973), quien indicó que en pasturas tropicales, el porcentaje de uso debe estar alrededor del 40%. Al respecto, Fernández *et al.* (2006), informaron que el uso en pasturas nativas asociadas o no a *Arachis pintoi* fue, en promedio, de  $18.5\% \pm 1.1\%$  y  $14.6\% \pm 0.9\%$ , respectivamente. En el caso del experimento de Castillo (2003), este autor asignó, en promedio, una disponibilidad de forraje de 50 kg MS/vaca, que consideró como suficiente para llenar los requerimientos del animal, pero el uso de este forraje no fue mayor al 14.0% para la pastura sola o asociada.

En Venezuela, Castellanos *et al.* (2005) evaluaron, bajo condiciones de pastoreo, el efecto de época y fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de materia seca y consumo de *Brachiaria humidicola*, pastada con cargas animales variables, entre 1.5 y 3.9 UA/ha. La fertilización permitió un grado de uso de la pastura de sólo 32%, mientras que sin fertilizante apenas alcanzó 26.5%, considerando estos valores como pobres, dado que esta especie es considerada como alta productora de forraje, a diferencia de las pasturas nativas donde el forraje disponible es menor.

## Tasas de crecimiento

Las tasas de crecimiento fueron muy variables (figura 2). En principio, parte de esto se debió a que la composición botánica de cada uno de éstos fue distinta, por lo que su capacidad de recuperación individual fue diferente.

Independientemente de lo anterior, se observó que la época fue el factor predominante en la producción de materia seca. Así, en la mayoría de los casos, las lluvias presentaron las tasas de crecimiento más elevadas, seguidas de la época de sequía e invierno o nortes. En el presente estudio, se obtuvo como promedio general 13.7 kg MS/ha/día, que representaría una producción aproximada de 5,000 kg MS/ha/año.

Estudios realizados en el mismo sitio, presentaron valores por encima de los aquí encontrados. Fernández *et al.* (2006) en gramas nativas solas, para el periodo de noviembre 1995 a marzo 1996, informó de una tasa de crecimiento de  $46.7 \pm 7.7$  kg MS/ha/d. Otra experiencia bajo pastoreo rotacional, con tres UA/ha y 184 kg N/ha/año, registró, después de 11 ciclos de pastoreo (10/20 días de ocupación/descanso por ciclo) una tasa de crecimiento de 35.0 kg MS/ha/día (CIEEGT, 1989).

Cabe mencionar que esos resultados fueron probablemente mejores, porque en el segundo y tercer experimento anterior, los potreros y las parcelas pequeñas, recibieron fertilización nitrogenada. En cambio, en el presente caso, las tasas de crecimiento reflejaron el efecto de varios factores; el más importante fue la ausencia de fertilización con nitrógeno.

En el presente estudio, se supone que el aporte más relevante de nutrimentos provino de las excreciones de los animales. Aunque la lluvia aporta N al suelo, éste puede lixiviarse si la precipitación es intensa, situación muy común en el trópico húmedo de México. Por otra parte, algo de N podría originarse de la relación *P. notatum-Azotobacter paspali* (Weier, 1980); sin embargo, se carece de evidencia experimental para determinar si ingresó o no N al sistema suelo-planta. Como se sabe, la fertilización orgánica por excreción del ganado es benéfica, pero los nutrimentos contenidos en el estiércol no son tan rápidamente asimilables por las plantas, como los contenidos por la orina (Whitehead, 1995), por lo que no se aprovechan en forma inmediata. La recuperación de los potreros después del pastoreo fue muy variable, fluctuando de muy rápida (15 a 20 días) a muy lenta (30 a 60 días), lo cual dependió de la época del año y a las condiciones particulares del suelo en cada potrero. Por otra parte, los bajos niveles de uso son indicadores de una alta acumulación de follaje viejo y poco eficiente para fotosintetizar, la cual pudo tener un efecto detrimental sobre las tasas de crecimiento.



## Consumo

Los valores de CMS obtenidos, pueden considerarse bajos, según el criterio de los nutricionistas, quienes han establecido que esta variable debe ser cercana al 3% para ganado bovino adulto (NRC, 1996); sin embargo, en pasturas tropicales el consumo es menor, debido —principalmente— a la baja calidad en términos de proteína cruda y digestibilidad de las especies forrajeras. Lo anterior se confirma con las experiencias de Montijo *et al.* (2006) y Euclides *et al.* (1999). En el primer caso, ellos trabajaron con pasto Tanzania (*Panicum maximum*) bajo pastoreo, para evaluar el efecto de la disponibilidad de forraje sobre el consumo de MS en ganado Nelore con peso promedio de 239 kg. Encontraron que el consumo estuvo entre 1.4 y 2.4%, según la oferta de forraje: 2.2 y 4.3 kg MS total, respectivamente, y atribuyeron estos bajos resultados a las dificultades que tuvieron los animales para la aprehensión del forraje. En el segundo caso, con la misma gramínea forrajera, informaron de un consumo de 2.4%, que fue similar al anterior. Contrario a los casos citados, y en el mismo centro en que se realizó el presente experimento, Fernández *et al.* (2006) encontraron un consumo superior al 3% en gramas nativas solas ( $3.35 \pm 0.26\%$ ) o asociadas a *Arachis pintoi* ( $3.14 \pm 0.31\%$ ), lo cual pudo deberse a que los valores de proteína cruda estuvieron, en general, por encima del 10% para ambos casos.

## Proteína cruda

Los valores de PC obtenidos en el presente experimento son típicos para pasturas de gramas nativas (*Paspalum* spp, *Axonopus* spp) de este mismo sitio experimental, pues coinciden con otros de estudios previos. En gramas nativas, Fernández *et al.* (2006) informaron que el porcentaje de proteína cruda fue de  $14.2 \pm 0.5$  y  $7.1 \pm 0.3$ , en hojas y tallos, respectivamente. Castillo (2003) encontró valores de PC en planta completa, de  $7.9 \pm 0.1$ ; en tanto que Ocaña (2003) informó valores de esta variable en planta completa (hoja y tallo) de  $8.9 \pm 2.1$ ,  $9.0 \pm 1.5$  y  $9.9 \pm 2.1$  para 2, 3 y 4 vacas/ha, respectivamente.

En los Llanos Orientales de Colombia, Ripstein *et al.* (2001) indicaron que la de PC de pasturas nativas compuestas principalmente de los géneros *Trachypogon*, *Axonopus*, *Paspalum* y *Andropogon*, fluctuó entre 4.7% a 8.4%; en tanto que Lascano y Plazas (1990), en el mismo tipo de vegetación, informaron de valores de 6.0% a 12.9%. Estos datos son menores a los obtenidos en el presente estudio, y se deben —principalmente— a la baja calidad del género *Trachypogon*.

Tal como se esperaba, la PC de las hojas fue superior a la de los tallos, ya que, independientemente del forraje o estación de crecimiento, el valor nutricional de las hojas se comporta de esta forma (Lyons *et al.*, 1996; Deschamps y Alves de Brito, 2001).

## Conclusiones

1. La época y el mes dentro de la época no afectaron los componentes botánicos principales de las pasturas estudiadas, *v. gr.* gramíneas, tanto nativas como introducidas, que —en conjunto— contribuyeron al 88% de la composición botánica. También, se mostró la buena habilidad de las gramíneas nativas para dominar la composición botánica bajo el tipo de manejo recibido.

2. Los periodos de descanso variables, *v. gr.* cortos en lluvias y más largos en nortes y seca, permitieron a las pasturas recuperarse al grado de no presentar diferencias entre épocas en cantidad de materia seca presente antes del pastoreo y disponibilidad de materia seca.

3. En términos generales, los contenidos de proteína cruda de hojas y tallos tanto en conjunto como individualmente, no fueron deficitarios, además que las hojas tuvieron niveles considerados altos, para pasturas tropicales donde predominan las gramíneas.

4. La asignación de una carga animal similar entre épocas, llevó a la subutilización de la pastura mixta en las épocas de lluvias y seca; en tanto que en los nortes, la misma fue sobreutilizada, lo cual lleva a proponer el uso de cargas animales que coincidan con la capacidad de carga estacional, con el fin de usar eficientemente la materia seca disponible.

5. Todo lo anterior implica la posibilidad de mejorar la productividad de las pasturas mixtas de gramíneas y leguminosas, tanto nativas como introducidas, a través del uso de pastoreo rotacional intensivo y la asignación de cargas animales mayores a las tradicionales, sin que existan efectos negativos sobre su cubierta vegetal.

## Agradecimientos

Se agradece al Dr. Mark S. Hussey, Ph. D., Jefe del Departamento de Suelos y Cultivos de la Universidad Agrícola y Mecánica de Texas (Texas AM), en College Station, Texas, el haber permitido realizar los análisis de proteína cruda en el citado Departamento.

## Literatura citada

- Améndola, R.; Castillo, E. and Martínez, P. A. 2005. *Country Pasture Profiles*. Latin America and the Caribbean: México. Rome, FAO. [www.fao.org/ag/ag/pag/pdoc/CounprofMexico/Mexico.htm](http://www.fao.org/ag/ag/pag/pdoc/CounprofMexico/Mexico.htm). (Consultada el 4 de junio de 2008).
- Bogdan, A. V. 1997. *Pastos tropicales y plantas de forrajes (pastos y leguminosas)*. Primera edición en español. A. G. T. Editor, S. A. México. 480 pp.
- Bosman, H. G.; Castillo, G. E.; Valles, M. B. y De Lucía, G. R. 1990. *Composición botánica y nodulación de leguminosas en las pasturas nativas de la planicie costera del Golfo de México*. *Past. Trop.* 12(1): 2-8.

- Casados, L. A.; Valles, B.; Jarillo, J.; Castillo, E. y Horak, J. L. 2005. *Efecto de la carga animal sobre componentes del pastizal nativo en el trópico húmedo de Veracruz, México*. Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 26 al 28 de octubre de 2005, Tampico, Tamps. En: González-Reyna, A. (Editor). pp. 446-448.
- Castellanos, L.; Chacón, C. y Antolinez, F. 2005. *20Efecto de época y fertilización nitrogenada sobre Brachiaria humidicola en bosque húmedo tropical I. Rendimiento y altura*. Memoria XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal, 26 al 28 de octubre de 2005, Tampico, Tamps. En: González-Reyna, A. (Editor), pp. 438-441.
- Castillo, G. E. 2003. *Improving a native pasture with the legume Arachis pintoi in the humid tropics of México*. Ph.D. Thesis. Wageningen University, The Netherlands.
- Castle, M. E. 1976. *A simple disc instrument for estimating herbage yield*. J. British. Grassland Soc., 31(1):37-40.
- CIEEGT. 1989. *Boletín Informativo 1987-1988*. Centro de Investigación, Enseñanza y Extensión en Ganadería Tropical, FMVZ-UNAM. Martínez de la Torre, Veracruz, México. 154 pp.
- Cortés, H.; Aguilar, C. y Vera, R. 2003. *Sistemas bovinos doble propósito en el trópico bajo de Colombia. Modelo de simulación*. Arch. Zootec. 52(197): 25-34.
- Deschamps, F. C. e Alves de Brito, C. J. F. 2001. *Qualidade da forragem e participação relativa na produção de matéria seca de diferentes frações de cultivares de capim-Elefante (Pennisetum purpureum Schumach.)* Rev. Bras. Zootec. 30(5): 1418-1423.
- Duarte, M. J.; Alexandrino, E.; Miranda, C.A. e Comide, J. 2005. *Periodo de descanso, valor nutritivo e desempenho animal em pastagem de Panicum maximum cv. Mombaça sob lotação intermitente*. Rev. Bras. Zootec., 34(5): 1459-1467.
- Enríquez, Q. J. F. 1997. *Tasa de crecimiento estacional de 18 gramíneas forrajeras tropicales en suelos ácidos del sur de Veracruz*. Memoria X Reunión Científica— Tecnológica Forestal y Agropecuaria del Estado de Veracruz. Veracruz, México. 160 pp.
- Euclides, V. P. B.; Thiago, L. R. L.; Macedo, M. C. M. e Paschoal, M. O. 1999. *Consumo voluntário de forragem de três cultivares de Panicum maximum sob pastejo*. Rev. Bras. Zoot. 28(6): 1177-1185.
- Fernández, T. L.; Castillo, G. E.; Ocaña, E.; Valles, M. B. y Jarillo, R. J. 2006. *Características de la vegetación en gramas nativas solas o asociadas con Arachis pintoi CIAT 17434 en pastoreo rotacional intensivo*. Téc. Pecu. Méx. 44(3): 365-378.
- García, E. 1980. *Clasificación climática de Köeppen (Para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana)*. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F.
- González, A. A.; Castillo, G. E. y Fernández, J. A. 1990a. *Control químico de pinahuistle (Mimosa pigra) en una pradera de estrella santo Domingo (Cynodon nlemfuensis)*. Vet. Méx. 21(2): 91-98.
- González, M. A.; Hussey, M. A. and Conrad, B. E. 1990b. *Plant height, disk, and capacitance meters used to estimate bermudagrass herbage mass*. Agron. J. 8(5)2: 861-864.
- Heitschmidt, R. K. and Stuth, J. W. 1991. *Grazing Management. An Ecological Perspective*. Timber Press. Portland, Oregon.
- Lascano, C. y Plazas, C. 1990. *Bancos de proteína y energía en sabanas de los Llanos Orientales de Colombia*. Past. Trop. 12(1): 9-15.
- Lascano, C. 2000. *Selective Grazing on Grass-Legume Mixtures in Tropical Pastures*. In: G. Lemaire, J. Hodgson, A. de Moraes, P. C. de F. Carvalho and C. Nabinger (Eds.) Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology. CAB International, Wallingford, UK. 249-264 p.
- Lyons, R. K.; Machen, R. and Forbes, T. D. A. 1996. *Why range forage quality change. B-6036*. Texas Agric. Extension Service. College Station, TX. 7 pp.
- Mannetje, L. t. and Haydock, K. P. 1963. *The dry-weight-rank method for the botanical analysis of pasture*. J. British Grassland Soc. 18(4): 268-275.

- Menocal, S. E.; Dávalos, J. L.; Aluja, A. y Álvarez, M. A. 1992. *Diagnóstico y estrategias de desarrollo de la producción bovina lechera en la región Veracruz centro*. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 108 pp.
- Montijo, M. M.; Euclides, V. P. B.; Nascimento, D. J.; Miranda, L. F.; Miranda, F. D. e Paschoal, M. O. 2006. *Consumo e tempo diário de pastejo por novilhos Nelore em pastagem de capim-tanzânia sob diferentes ofertas de forragem*. Rev. Bras. Zootec. 35(1): 60-66.
- National Research Council. 1996. *Nutrient requirements for beef cattle*. 7<sup>th</sup> edition. National Academy Press, Washington, D. C. 248 pp.
- Ocaña, Z. E. 2003. *Efecto de la carga animal sobre gramas nativas, características del suelo y producción de leche y becerros de vacas Holstein x Cebú en pastoreo intensivo en el trópico mexicano*. Tesis Maestría en Ciencias, Colegio de Postgraduados. Montecillos, Estado de México.
- Rippstein, G.; Allard, G.; Corbin, J.; Escobar, G. y Serna-Isaza, R. A. 2001. *Productividad de pasturas nativas y diferentes modelos de manejo en los Llanos Orientales*. En: G. Rippstein, G. Escobar y F. Motta (Eds.) *Agroecología y Biodiversidad de las Sabanas en los Llanos Orientales de Colombia*. Colombia. Publicación CIAT No. 322. CIAT. 186-197 p.
- Sacido, M. B.; Loholaberry, F. K. y Latorre, E. 2004. *Indicadores del comportamiento animal en pastoreo en pasturas naturales posquemada*. Arch. Zootec. 53(204): 395-398.
- Santillán, R. A.; Ocumpaugh, W. R. and Mott, G. O. 1979. *Estimating forage yield with a disk meter*. Agron. J. 71(1):71-74.
- SAS. 2000. *SAS/STAT® Software: Changes and Enhancements (Release 8.1)*. Statistical Analysis System, SAS Institute INC. Cary, N. C.
- Smith, S. R. and Whalley, R. D. B. m:2002. *A model for expanded use of native grasses*. Nat. Plants J., 3(1):38—49.
- Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. *Principples and Procedures of Statistics. A Biometrical Approach*. 2<sup>nd</sup> edition. McGraw-Hill Book Company, New York, USA. 631 pp.
- Stobbs, T. H. 1973. *The effect of plant structure on the intake of tropical pastures. I. Variation in the bite size of grazing cattle*. Aust. J. Agric. Res. 24(6): 809-819.
- Toledo, J. M. 1986. *Plan de investigación en leguminosas tropicales para el CIEEGT, Martínez de la Torre, Veracruz, México*. Informe de Consultoría en Pastos Tropicales al Proyecto: Enseñanza y Extensión para la Producción de Leche y Carne en el Trópico. FAO, Roma; CEIEGT, FMVZ, UNAM, Cd. de México; CIAT, Cali, Colombia. 46 pp.
- Voisin, A. 1974. *Productividad de la hierba*. 4ta. reimpresión. Tecnos, Madrid, España. 452 pp.
- Weier, K. L. 1980. *Nitrogen fixation associated with grasses*. Trop. Grassld. 14(3): 194-201.
- Whitehead, D. C. 1995. *Grassland Nitrogen*. CAB International. Wallingford, Oxon, UK. 385 pp.

Recibido: Abril 21, 2009

Aceptado: Marzo 24, 2010



Título: *Libertad táctil*

Técnica: Mixta sobre madera

Autor: Adoración Palma (2manoS)

Año: Sept. 2009

Medidas: 11x11cm

# Estudio etnobotánico del frijol yepatxtle (*Phaseolus coccineus* L.), en el área natural protegida Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México

Etnobotanic study of the bean Yepatxtle (*Phaseolus coccineus* L.) in natural protected area Biological Corridor Chichinautzin, Morelos, México

Monroy, R.\* y Quezada-Martínez, A.

Laboratorio de Ecología, Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Ave. Universidad 1001, Cuernavaca, Morelos, México. C.P. 62209

\*Correspondencia: tepolito68@hotmail.com

## Resumen

El frijol cuaresmeño o yepatxtle —vocablo náhuatl que significa “frijol plano” (*Phaseolus coccineus* L.)— se cultiva en asociación con maíz, dentro del área natural protegida (ANP) Corredor Biológico Chichinautzin, ubicado en el norte del estado de Morelos. Es un recurso resistente a la sequía y que proporciona dos cosechas al año. El maíz y el frijol son básicos para la alimentación y la comercialización de excedentes y aporta ingresos económicos. En otras localidades de la entidad, aún se cultiva en parcelas pequeñas o en el traspatio. El conocimiento tradicional del manejo y uso del frijol es fundamental como alternativa para su conservación; por tanto, se planteó describir el proceso productivo hasta su comercialización y las formas tradicionales de consumo. El proceso productivo del yepatxtle, desde la siembra hasta la cosecha, se registró durante un ciclo agrícola en una parcela cuyo dueño lo explicó. La comercialización se documentó a través de entrevistas a comerciantes y compradores en el mercado municipal durante los días de

## Abstract

Cuaresmeño bean (*Phaseolus coccineus* L.) is also known as Yepatxtle; a *nahuatl* term which means “flat bean”. Santa Catarina is a town located in the Chichinautzin Biological Corridor, a natural protected area (NPA). This community cultivates Yepatxtle in association with corn. Some properties of this bean include drought resistance and a productivity estimated in two harvests annually. Corn and beans are staple food that when in surplus are commercialized resulting in extra income for the families. There are still many communities that cultivate the association Yepatxtle —corn in small parcels and backyards. Traditional knowledge of its use and management is clearly a preservation strategy. The aim of this paper is to describe the Yepatxtle’s productive process, its commercialization and its traditional ways of consumption. For this, the productive process was followed and registered from sow to harvest in a same parcel and cycle; under the detailed owner explanation. Commercialization was documented with merchant and consumer interviews

plaza. Las formas de consumo se obtuvieron a través de entrevistas abiertas a las amas de casa que preparan platillos con el yepataxtle. El sistema milpa, cuando incluye yepataxtle, dura 240 días; cuando es solo, 120. Se explican las técnicas campesinas desde la cosmovisión de los informantes. El yepataxtle se comercializa directamente en el mercado, de febrero a mayo como ejote fresco, y en abril, como frijol seco. La información culinaria tradicional del yepataxtle se organizó en un recetario mediante un uso ceremonial para las fiestas patronales del pueblo.

### Palabras clave

Yepataxtle, conservación comunitaria, producción, comercialización.

made in the municipal market during “the plaza days” and finally the traditional ways of consumption were obtained through open interviews with local housewives, who offered traditional cook recipes. The annual period of the *milpa* system lasts 240 days when it includes Yepataxtle, meanwhile in its absence the system duration is of only 120. The techniques that the farmers use are explained from the point of view of the community’s cosmovision. The Yepataxtle is sold as green beans directly in the market from February to May. The April harvest is sold as dry beans. Traditional culinary information was systematized in a recipe book, including the ceremonial uses that prevail in the community’s “patron parties”.

### Key Words

Yepataxtle, production, commercialization.

## Introducción

La descripción del conocimiento y manejo tradicional de los cultivos que conservan los campesinos en general y de Santa Catarina, Municipio de Tepoztlán, Morelos, México —en particular— debe ser un referente ante la necesidad de políticas públicas de conservación de los procesos productivos tradicionales que proporcionen seguridad alimentaria a los habitantes del país; tales como frijol, maíz y chile (Casas *et al.*, 1987). Con el propósito de apoyar este planteamiento, se realizó un estudio etnobotánico del proceso de producción, comercialización y consumo del frijol yepatlaxtle (*Phaseolus coccineus* L.), en el área natural protegida (ANP), Corredor Biológico Chichinautzin, Morelos, México. La asociación de cultivos básicos (milpa) en México, contribuye a la sustentabilidad alimentaria (Onduru y Du Preez, 2008; Amador, 1980 y Gliessman, 1977). Son el resultado de la experimentación campesina que construye alternativas de manejo, donde la producción es el resultado de la selección del genotipo con relación a las particularidades del ambiente (Trompe, 1998). En México, “la milpa” está formada por maíz (*Zea mays*, L.), frijol (*Phaseolus* spp.) y calabaza (*Cucurbita* spp.); el frijol favorece al maíz debido a que fija al nitrógeno, la calabaza cubre el suelo y aporta excedentes para el comercio en los mercados locales (Harvey *et al.*, 2007 y Boucher, 1979).

El frijol en la milpa es un ejemplo del manejo de la diversidad cultural y ecológica (Harlan, 1950), mantenida por la intervención cultural de los campesinos y la selec-

ción natural. Existen más de 20 variedades mejoradas de frijol y unas 50 criollas; entre ellas, *P. coccineus* L., cuyas vainas verdes se consumen como hortalizas, denominadas “ejotes” (Gispert, 1998).

La etnobotánica es la ciencia que estudia la relación de la sociedad rural con las plantas silvestres y cultivadas, en las dimensiones de espacio o distribución, tiempo o historia, así como los saberes de las condiciones ecológicas, disponibilidad de material de propagación, fecha de fructificación, regularidad de la producción y longevidad de la semilla (Hernández-X., 1949; 1977). En Morelos, la agricultura tradicional basada en maíz, frijol y calabaza, ilustra su herencia cultural de los recursos ambientales y la organización comunitaria (Sierra, 1988; Monroy y Colín, 1995 y Dale y Mass, 2006). La cosmovisión campesina —entendida como el conjunto de saberes del mundo, que los campesinos utilizan para explicar algunos eventos durante su proceso productivo— incluye rituales en la parcela, prácticas, decisiones y creencias mágico-religiosas; en ellas, están presentes aspectos eclesiales y populares (Durkheim, 1995). Por ejemplo, las ceremonias asociadas a la milpa, suelen ser de solicitud, súplica y agradecimiento (Mariaca, 2003; Gardner y Caro, 2007). La influencia de la canícula (o periodo) es una reducción de la cantidad de precipitación y, por ende, del incremento de las temperaturas diarias que suceden entre los meses de julio a septiembre, dependiendo de la región donde se presente. Ésta fluctúa entre quince días y dos meses. Su origen y características han sido estudiados en México.

Basurto *et al.* (1996), estudiaron la asociación maíz-frijol (*P. coccineus* L.) en un sistema de agricultura tradicional, en la sierra Norte de Puebla, México, para evaluar los niveles de producción y formas de comercialización. Otros trabajos, como los de Hernández-X. (1959) y Gliessman (1980), en el estado de Tabasco y en el Sureste mexicano, respectivamente, demostraron una diversidad estructural y de especies en el cultivo. Algunos estudios en Morelos, como el de Hernández (1983), en el municipio de Yecapixtla, consigna 16 especies alimentarias y describe el uso y forma de producción del frijol *P. coccineus* L.; coincide en su manejo asociado al maíz, pero se diferencia en que reporta sólo una cosecha.

El presente estudio del sistema de milpa hace énfasis en el frijol yepatlaxtle, *P. coccineus* L., por su significado alimentario y por su adecuación a la sequía, afirmación que se basa en las dos cosechas que produce y porque la segunda se presenta justo en la época de secas. Se plantearon las siguientes preguntas: 1. ¿Cuáles son las particularidades del proceso productivo del frijol yepatlaxtle en el sistema milpa?, 2. ¿Cuáles son las características de su comercialización en la cabecera municipal de Tepoztlán?, y 3. ¿Cuáles son algunas evidencias de su importancia alimentaria? Asimismo, el objetivo fue describir el proceso productivo de la milpa con el frijol *P. coccineus* L., hasta su comercialización, así como las formas tradicionales de consumo.



## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en Santa Catarina, municipio de Tepoztlán, dentro del Área de Protección de Flora y Fauna Silvestre “Corredor Biológico Chichinautzin”, ubicada a los 18° 58’ 11” de latitud norte y a los 99° 08’ 25” longitud oeste. Las etapas del proceso productivo de la asociación maíz-frijol, se describieron con base al calendario agrícola del Sr. Crescenciano Portugal Salazar, indígena náhuatl, dueño de una parcela de 4,000 m<sup>2</sup>. Primero, se participó en la selección de la semilla; posteriormente, se acudió a la parcela una vez por semana a partir del día de la siembra para determinar la fecha de emergencia de ambas especies. Al terminar el primer corte del frijol se registró el rebrote, el inicio del segundo corte y el corte del frijol seco. Complementariamente, el trabajo indagó acerca de la cosmovisión que el informante conserva del sistema.

El crecimiento vertical del maíz y frijol se midió quincenalmente, tomando al azar 50 plantas de cada especie. En ambas se registró el inicio y duración de la floración y fructificación, agregando —para el frijol— el número de vainas por planta, desde el inicio de la fructificación hasta el primer corte; así como la medida del largo y ancho de las mismas, desde diciembre hasta enero, tomando 10 individuos al azar.

En el mercado municipal, el tianguis tradicional y días de plaza se aplicaron, de febrero a mayo, entrevistas abiertas a 20 comercializadores del frijol. Además, para explicar la continuidad del proceso se registró el número de puestos, distinguiendo tres tipos de comercialización: en fresco (como ejote), seco y mixto, agregando los otros productos que se venden en los puestos.

Finalmente, con los consumidores, se averiguaron las formas tradicionales de consumo. Se aplicaron 30 entrevistas abiertas a amas de casa que cocinan este frijol para determinar los indicadores de preferencia, así como las formas de preparación y los insumos requeridos en las formas tradicionales de consumo.

## Resultados

La parcela donde se realizó la presente investigación mide 4000 m<sup>2</sup>; tuvo 28 surcos, con 528 matas de maíz en cada surco, teniendo un total de 14,784 individuos. El maíz se siembra en surcos, a 12 cm de profundidad y 60 cm entre planta y planta, colocando tres semillas de maíz y una de frijol. Los hoyos se tapan jalando tierra con el azadón. El número de plantas del frijol es de 80 por surco; se intercala, dejando un espacio entre planta y planta, con un total de 2,240 plantas en la parcela.

## Labores culturales del proceso productivo del cultivo de la milpa

El ciclo de producción corresponde al de temporal; se denomina “de verano” porque principia inmediatamente después de las primeras lluvias definidas, precisamente, como de verano por García (1973); por lo general, en la región se asocia la fecha del tres de mayo de cada año, como “día de la Santa Cruz”. El proceso productivo inicia con la selección de semilla de ambas plantas; ésta consiste en separarlas de la cosecha anterior con base en la forma, tamaño y color. Este manejo permite al agricultor consolidar la domesticación del cultivar, frijol vinculado al maíz.

En el mes de mayo inicia la reconstrucción de las cercas como parte de la preparación del terreno; para ello, se obtienen postes de los árboles perennes cercanos a la parcela, como el colorín (*Erythrina americana* Mill.) y el llora sangre (*Boconnia arborea* Wats.), los cuales, además, amortiguan los impactos del viento, la lluvia y aportan sombra. Enseguida, se elimina con machetes la maleza (“chapear”) para trazar una franja de 2 a 2.5 m de ancho alrededor del terreno que se llama “guardarraya”; esto, con la finalidad de evitar la expansión de los incendios desde los acahuales o parcelas vecinas. Se continúa con la roza, que consiste en derribar con machete los rastrojos y/o los esquilmos de la cosecha anterior, arbustos y hierbas, que son quemadas en el centro del terreno.

A continuación, se barbecha, removiendo el suelo con yunta movida por caballos; así, se puede surcar para iniciar la siembra colocando las semillas a la profundidad, humedad, densidad y distribución que el conocimiento tradicional del campesino realice, en función de la experiencia desarrollada durante varios años (los primeros, al lado de su padre; y después, solo).

Por depredación de las semillas por aves u hormigas, justifica la resiembra justo antes del deshierbe, el cual, se repite de dos a tres veces, entre junio y agosto. Inmediatamente después, con el arado tirado por bueyes, se cubre el suelo con la base de la planta; dicha actividad es denominada “media tierra” y tiene, de acuerdo con el saber campesino, las siguientes funciones: aumentar el soporte de las plantas, reducir la competencia intraespecífica y conservar humedad. En esta labor participa toda la familia, aunque en ocasiones se solicita ayuda a otros parientes; el trabajo consiste en ir detrás del arado, destapando las plantas con las manos. Cabe comentar que, antes de agregar la tierra, se aplica fertilizante a un lado de la planta. Se fertiliza con dosis 60-40-00. La fuente de Nitrógeno es urea al 46% (N), y como fuente de fósforo, el superfosfato de calcio triple al 46% ( $P_2O_5$ ); a quienes colaboran se corresponde de dos formas alternativas: una, reside en invitarlos a comer y beber viandas preparadas por el ama de casa; y la otra, con trabajo equivalente en sus parcelas.

En septiembre, el campesino fija tutores de tallo de colorín (*E. americana*) y llora sangre o cuachile (*B. arborea*) para sostener el maíz contra los vientos. A finales de

septiembre, se realiza la elotada en la parcela: es una forma de agradecer la cosecha. Consiste en asar elotes y comerlos con otros alimentos que lleva la familia para compartir. Cuando las mazorcas han madurado (en octubre o principios de noviembre), doblan las cañas para evitar que el agua de la lluvia las humedezca, labor semejante a otros pueblos de Mesoamérica, y al mismo tiempo, se “zacatea” —cortando las hojas de la planta— para alimentar el ganado. El maíz se cosecha entre diciembre y febrero, con una aguja de pizca, para separar las hojas o totomaxtle de la mazorca; la acarrea en ayates y costales hasta el pueblo, donde se almacena en telas de alambre, porque durante la época de calor permite la ventilación a los frutos. El maíz se desgrana tallando la mazorca con la mano en una piedra con filo u oloteras (olotes amarrados con alambre). Hasta entonces, la atención del campesino está dirigida al maíz, porque se percibe como protector del frijol.

Desde la segunda mitad de enero, después de ocho meses de sembrado, se corta a mano el frijol en fresco; también se transporta en costales desde el campo a casa y de allí, al mercado. El periodo sin lluvias inicia en octubre y se extiende hasta la primera quincena de mayo; es en marzo cuando el frijol rebrota, formando nuevas hojas, previamente a la segunda floración. El ejote que se cosecha durante el rebrote se considera de menor calidad para la comercialización, porque la semilla es de menor tamaño (a pesar de que la vaina se desarrolle como en la primera cosecha); sin embargo, es importante para el autoabasto. El segundo corte en fresco inicia en abril y se vende en la comunidad. En ambos cortes, el frijol se descascara en la parcela, la semilla se recoge y los residuos de la cosecha se incorporan como materia orgánica; se recicla en el terreno, el frijol que no se corta, lo aprovecha el ganado que se libera en mayo dentro de la parcela.

### *Cosmovisión*

En Santa Catarina, la misa de súplica y petición se realiza en las parcelas; a ella asisten las familias. También se realiza una misa en la iglesia de la comunidad, en la que se llevan las semillas que utilizarán para la siembra. Otra petición que se hace es la de un buen temporal en el periodo canicular (o sequía intraestival) para evitar la pérdida de sus cosechas; en ésta, rezan dirigiéndose a los dioses o auxiliares y a los santos cristianos.

La cosmovisión entre los habitantes del pueblo incluye tres percepciones relacionadas con el sol: la primera, es el cambio de temperatura anunciada por el canto del gallo doméstico; la segunda, es la lluvia en la tarde o noche, indicada cuando el calor matutino es intenso y húmedo (que produce el calor “picante”); y la tercera, es una lluvia asociada a la presencia de un aro alrededor del sol, diferente, porque se presenta fuera del patrón de distribución diurna. La luna también forma parte de la cosmovi-

sión: cuando observan que está rodeada de una nube azul, les indica lluvia en los días siguientes.

Existen dos conocimientos encaminados al pronóstico: al temporal lo llaman “pintas y repintas” o “cabañuelas”; esta práctica fue importante cuando el campesino no contaba con la posibilidad de conocer el estado del tiempo a través de los medios de comunicación. Las “pintas” consisten en observar las condiciones de precipitación o sequía de los primeros 12 días de enero, otorgándole correspondencia a cada uno de los 12 meses del año. Las “repintas” son las confirmaciones de las pintas, cuyos días se dan entre los días 13 al 24 de enero. Esta percepción permite programar el inicio de las prácticas agrícolas.

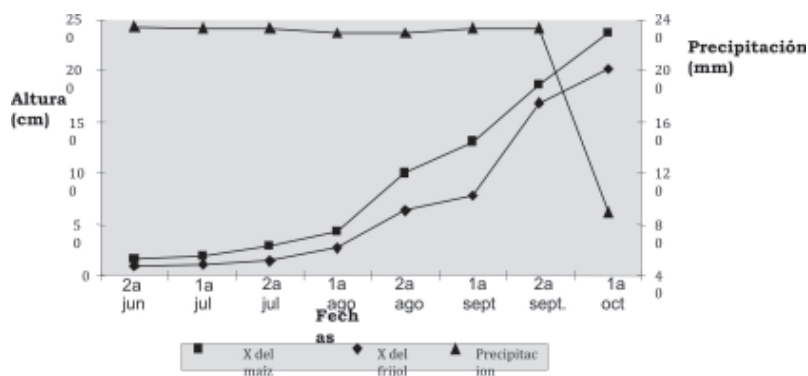
Otro elemento que aparentemente no tiene que ver con el cosmos, pero que es reconocido en Santa Catarina, son los trapos rojos; los cuales, son relacionados por los campesinos con la protección de la planta o animal, contra ataques de “mal ojo”, producido por “envidias o miradas fuertes”.

Finalmente está la “periconeada”: es una práctica que reside en coleccionar flores de pericón (*Tagetes florida Sw*), para la elaboración de cruces, las cuales se colocan en la milpa y en las puertas de las casas, para evitar que “entre el demonio a las casas”; y en las parcelas ayuda a obtener buenas cosechas. Esta costumbre aún se conserva por la mayoría de los habitantes y se realiza a finales de septiembre. Ha sido reportada por Sierra (1988).

### *Crecimiento y reproducción de la milpa*

El maíz alcanzó un crecimiento máximo de 2.24 m, mientras el frijol logró una talla de 2.01 m (figura 1); ambos están relacionados con la precipitación mensual. El frijol no detiene su crecimiento, lo que sugiere resistencia a la sequía intraestival. En el estado de Morelos, la sequía relativa dura tres meses; abarca junio, julio y agosto, ocasionalmente septiembre. Ésta afecta a la agricultura de temporal, reduciendo la superficie dedicada a ella, lo cual impacta en lo económico y ecológico (Vidal, 1980).

Figura 1. Curvas de crecimiento del frijol y del maíz y la curva de precipitación en la comunidad de Santa Catarina, municipio de Tepoztlán, Morelos.



La floración del maíz comenzó en agosto, produciendo inflorescencias con tonos variados que van del púrpura al café. La fructificación inició en septiembre; tradicionalmente, esta fase del proceso se llama “jilotear” (Acevedo, 1999); dura hasta octubre, fecha en la cual el fruto se mantiene fresco para ser consumido como elote, y en noviembre la mazorca está lista para la cosecha.

La floración del frijol principió a fines de noviembre: es de color blanco y un tono amarillento. La fructificación tiene dos periodos; el primero, desde principios de diciembre (cuando aparecen las primeras vainas hasta mayo). El segundo se denomina de rebrote. Las vainas presentaron un valor máximo de crecimiento de 8 cm de largo y 2 cm de ancho; cada una contiene de 3 a 4 semillas.

### Comercialización del frijol

El frijol se comercializa directamente en el mercado; como ejote verde (que es la forma preferencial de consumo), con grano bien desarrollado o como grano seco, durante los meses de mayo a agosto. Los comerciantes acuden desde Santa Catarina (donde también se vende para consumo o siembra), San Andrés, Santiago y Santo Domingo Ocotitlán, del municipio de Tepoztlán, y de localidades fuera del municipio, como Tlayacapan y Totolapan.

Los precios que se manejan en el presente documento corresponden al año 2009 y se especifican de acuerdo a su presentación. El cuartillo tenía un valor de \$24.00 con cáscara, que equivale a 900 gr y 600 gr sin cáscara. El puño de frijol pelado (unidad de medida asignado a una lata de sardina), tenía un precio en el mercado de \$30.00 y equivale a 400 gr. Cada persona lleva alrededor de dos costales y obtiene un

total de \$660.00 por bulto, si éste se vende con cáscara (cada uno tiene, aproximadamente, 30 cuartillos).

La comercialización en el mercado se hace en espacios o estanquillos que sólo venden el frijol; sobresalen en días de plaza, y otros que tienen otros productos, como variedades diferentes de frijol, maíz, aguacate, granada, calabaza, mango.

### *Formas tradicionales de uso*

Con las amas de casa de la comunidad de Santa Catarina se desarrollaron entrevistas que derivaron en ocho recetas tradicionales, mismas que han sido transmitidas de generación en generación, e incluyen: sopas, guisados, tamales, tlacoyos, con su respectiva forma de preparación (algunas son utilizadas en las fiestas patronales y se les otorga importancia religiosa). El estudio culinario con las amas de casa de Santa Catarina facilitó para poder documentar ocho guisos asociados con alguna fiesta patronal; se combina el frijol con carnes de cerdo, res y pollo; si no, se preparan solos en función de su ingreso.

## Discusión

La sistematización del conocimiento y manejo tradicional de los cultivos que conservan los habitantes rurales en general (Hassan *et al.*, 2008) y de Santa Catarina, municipio de Tepoztlán, Morelos, México en particular, refuerza o fundamenta la necesidad de aportar información para la construcción de políticas públicas para la conservación de las especies focales relacionadas con la seguridad alimentaria de la región, como frijol, maíz y chile (Casas *et al.*, 1987). Los mecanismos del estado, que permiten alcanzar beneficios a la sociedad en su conjunto, están contenidos en la normatividad (Samper y Masis, 2006).

Este trabajo recoge la experiencia particular sobre el uso y manejo del frijol en el sistema tradicional de milpa, el cual se caracteriza por ser un sistema de información para la producción (Hernández-X., 1993), como lo documentan Nava *et al.* (2004) en los Camellones de Tlaxcala. Describe el proceso productivo y el desarrollo fenológico del maíz y el frijol, el cual resultará útil para recuperar su área de distribución. Es un ejemplo de optimización del tiempo, porque como el maíz tiene un corte doble: de uno a los cuatro meses, como elote y otro a los seis meses, como mazorca; esto permite aprovechar el desarrollo tardío del frijol durante ocho meses, porque el productor lo cosecha como ejote fresco, con la ventaja de que la especie continúa su desarrollo en la época de secas, durante los meses de enero a mayo, prolongando el periodo productivo de la planta.

Los trabajos realizados en la Sierra Norte de Puebla (Basurto *et al.*, 1996) y en la Península de Yucatán, México (Terán *et al.*, 1998), presentan semejanzas con el proceso en Santa Catarina, excepto por las particularidades del calendario agrícola que se diferencia en la siembra, y los conceptos para denominar cada una de las etapas. Este estudio no permite comparar variables de crecimiento, floración y comercialización. Ésta, como es realizada por comerciantes no fijos, resulta marginal; sin embargo, los compradores que mantienen la preferencia por el frijol acuden en su búsqueda. Respecto a la práctica culinaria de combinarlo con los diferentes tipos de carne, está en función de la capacidad de compra; sin embargo, es consumido durante la temporada en forma convencional.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten concluir en dos planos: uno, en la generación de políticas de conservación para la autosuficiencia alimentaria de México, con base en las prácticas culturales, ajustadas a las condiciones del ambiente y la cosmovisión del productor. El segundo plano es desde la perspectiva académica, el cual sistematiza —a través de la investigación etnobotánica— la conservación comunitaria del cultivo milpa, en el que se sincronizan las cosechas del maíz con énfasis en la cosecha tardía del frijol yepatlaxtle. La transferencia de los resultados es viable en la comunidad donde persiste el cultivo. Debido a que el estudio se realizó dentro del área de amortiguamiento del Corredor Biológico Chichinautzin, donde sus habitantes tienen la misma raíz cultural, adquiere un carácter demostrativo. El yepatlaxtle es muy aceptado por la comunidad, ya que existe una gran variedad de platillos que pueden elaborarse a partir de él.

## Literatura citada

- Acevedo, M. 1999. *Ritualización del proceso agrícola: una expresión de la cosmovisión mesoamericana de los mixes contemporáneos*. En: Vázquez, D. (Ed.). *La Etnobiología en México: reflexiones y experiencias*. Oaxaca, México. pp. 111-121.
- Altieri, M. 1988. *Beyond agroecology: making sustainable agriculture part of a political agenda*. *Amer. J. Alt. Ag.* 3(4):142-143.
- Basurto, F.; Martínez, D.; Castellanos, A. y Martínez, M. 1996. *Ciclo agrícola y fenología de Phaseolus coccineus L. en sistemas de agricultura tradicional en la Sierra Norte de Puebla, México*. *Etnoecología*, No. 3: 71-81.
- Boucher, H. 1979. *La modulación del frijol en policultivo: el efecto de la distancia entre las plantas de frijol y maíz*. *Colegio Superior de Agricultura tropical. Agricultura Tropical* 1: 276-283.
- Casas, A.; Viveros, E. y Caballero, J. 1987. *Las plantas en la alimentación mixteca: una aproximación etnobotánica*. *América Indígena* 42 (2):318-343.

- Cedillo, E. 1990. *Las plantas útiles del municipio de Tepoztlán*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Dale, G. and Mass Britte, L. 2006. *Indigenous ecological knowledge of Borana pastoralists in southern Ethiopia and current challenges*. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 13 (2) 113-130.
- Durkheim, E. 1995. *Las formas elementales de la vida religiosa*. Ed. Akal, Madrid. Coyoacán, México. 20 pp.
- García, A. E. 1973. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopeen*. UNAM-Instituto de Geografía. México, D. F. 245 pp.
- Gardner, T.; Caro, T.; Fitzherbert, E. and Banda, T. 2007. *Conservation Value of Multiple— Use Areas in East Africa*, Conservation Biology. 21-6 1516-1525.
- Gispert, M. y Álvarez, A. 1998. *Del jardín de América al mundo*. Porrúa, México, D. F. 93 pp.
- Gliessman, S. 1977. A biotechnological module for sustained yield agriculture in the humid lowland tropics. Ed. Intecol Newsletter 7 (4): 173-185.
- Gliessman, S. 1980. *Aspectos ecológicos de las prácticas agrícolas tradicionales en Tabasco, México*. Aplicaciones para la producción. Biótica. 5 (3): 99—101.
- Harlan, J. R. 1950. *Collecting forage plants in Turkey*. J. Range Mgmt. 3:213-219.
- Harvey, C.; Komar, O. and Chanzdon, R. 2007. *Integrating Agricultural Landscapes and Biodiversity Conservation in the Mesoamerican Hotspot*, Conservation Biology. 22:1 8-15.
- Hassan, R. and Oba, G. 2008. *Integration of herder knowledge and ecological methods for land degradation assessment around sedentary settlements in a sub-humid zone in northern Kenya*. International Journal of Sustainable Development and World Ecology, 251-264.
- Hernandez-X. E. 1949. *Report to Dr. J. G. Harrar, director*. Rockefeller Foundation Agricultural Program in México. Pp. 164—181.
- Hernández-X. E. 1959. *La agricultura en la Península de Yucatán*. En: Los recursos naturales del sureste y su aprovechamiento. Tomo III. México, D. F. 200 pp.
- Hernández-X. E. y Ramos, A. 1977. *Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional*. En: Xolocotzia I. Revista de geografía agrícola. 1: 189-194.
- Hernández-X. E. 1993. *La agricultura tradicional como una forma de conservar el germoplasma de los cultivos in situ*. En: Bruce F. B. *Biología y Conservación del género Zea*. Universidad de Guadalajara. pp. 243-256.
- Mariaca, R. 2003. *Prácticas y creencias agrícolas mágico-religiosas presentes en el Sureste de México*. Etnobiología. 3: 66-78.
- Monroy, R. y Colín, H. 1995. *Manejo integrado de recursos*. Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 148 pp.
- Nava, R. V.; Anaya, A. L. y Cruz-Ortega, R. 2004. *Los camellones y el cultivo tradicional de las leguminosas en Santa Inés Tecuexcomac, Tlaxcala*. Universidad Autónoma Metropolitana. 58 pp.
- Onduru, D. and Du Preez, Ch. 2008. *Farmers' Knowledge and perceptions in assessing tropical dryland agricultural sustainability: Experiences from Mbeere District, Eastern Kenya*. International Journal of Sustainable Development and World Ecology. 15-2 145-152.
- Samper, M. y Masis, G. 2006. *Jornadas de reflexión y debate: políticas agropecuarias, estrategias de desarrollo rural, seguridad alimentaria, pobreza rural y servicios de extensión agrícola*. San José, C. R. IICA, UCR, PDR-MAG, ANEAF, FAO, UNED, ITCR. 106 pp.
- Sierra, D. 1988. *Los nahuas de Morelos. Una ceremonia agrícola*. En: Suárez, C. (Coordinadora). *Estudios nahuas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México, D. F. pp. 145-162.



- Terán, S.; Rasmussen, C. y Olivo, M. C. 1998. *Las plantas de la milpa entre los mayas*. Yucatán, México, Fundación Tun Ben Kin, A. C. 278 pp.
- Thiomphe, B. 1998 *Introducción a la experimentación campesina*. Red Gestión de Recursos Bióticos y Fundación Rockefeller. Serie: Estudios de Caso sobre Participación Campesina en Generación, Validación y Transferencia de Tecnología. 150 pp.
- Vidal, R. 1980. *Algunas relaciones clima-cultivos en el estado de Morelos*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 95 pp.

Recibido: Julio 6, 2009

Aceptado: Abril 14, 2010

# Producción de tomate y dinámica microbológica del suelo de invernáculo al aplicar vermicompostas

Tomato production and greenhouse soil microbiological dynamic using vermicompost amendments

Robledo, O.;<sup>1\*</sup> Grosso, E.;<sup>1</sup> Zoppolo, R.;<sup>2</sup> Lercari, D.<sup>1</sup>  
y Etchebehere, C.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Montevideo, Uruguay.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Las Brujas, Canelones, Uruguay.

\*Correspondencia: robledo@fcien.edu.uy

## Resumen

En el presente trabajo se analizan los efectos de la incorporación de vermicompostas a suelo de invernáculo previamente tratado con insecticida carbofurán, estudiando las siguientes variables: la estructura de la comunidad bacteriana, la actividad microbiana y la productividad de un cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Dominique). La actividad microbiana estudiada por hidrólisis de FDA mostró que las vermicompostas con menor periodo de curado, provocaron un aumento significativo en ésta, observándose una correlación no lineal inversa con el peso total de frutos cosechados, indicando un posible efecto de inmovilización microbiana de elementos nutritivos. La comunidad bacteriana estudiada por *Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms* (T-RFLP) del gen ARNr 16S, mostró que las enmiendas provocaron una modificación en dicha comunidad, observándose incrementos en la abundancia relativa de algunos fragmentos de restricción terminales (T-RFs) correspondientes para géneros con propiedades promotoras del crecimiento vegetal como: *Pseudomonas* y *Pantoea*. Los análisis de agrupamiento (cluster) y de componentes principales (PCA)

## Abstract

The effect of the incorporation of several vermicomposts to greenhouse soil previously treated with the pesticide Carbofuran on: the bacterial community profile, the microbial activity and the productivity of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* cv. Dominique) was analyzed. The microbial activity studied by hydrolysis of FDA, indicates that vermicomposts with shorter curing period led to a significant increase in such activity, showing an inverse non linear correlation with total harvested fruit weights. This indicates the possibility of a microbial nutrient immobilization effect. The soil bacterial community profiles studied by 16S rRNA gene Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms (T-RFLP) showed that the amendments caused changes in the soil bacterial community structure, showing increments on the relative abundance of some restriction fragments (T-RFs) corresponding to growth promoting bacterial groups such as: *Pseudomonas* and *Pantoea*. Cluster and PCA analysis of T-RFLP data indicates that the bacterial community profile of soil untreated with Carbofuran and without vermicompost amendments (SFV), showed a higher similarity with the com-

revelaron que la estructura de la comunidad bacteriana del suelo sin aplicación de carbofurán ni vermicompostas (SFV), presentó mayor similitud con las de suelo con enmiendas que con las de suelo tratado con pesticida y sin enmiendas, sugiriendo que las vermicompostas podrían restaurar el efecto perturbador del pesticida. En uno de los tratamientos con vermicompostas (FVCP) se observó un incremento significativo en el peso promedio de los frutos cosechados. Estos resultados sugieren que el efecto favorable de las vermicompostas en la productividad del suelo también puede relacionarse con un incremento de la abundancia de microorganismos benéficos.

### Palabras clave

T-RFLP ARNr 16S, hidrólisis de FDA, *Pseudomonas*, *Pantoea*.

munity profile of amended soils than non amended and treated with Carbofuran, suggesting that such amendments could restore the original soil bacterial community structure. One of the treatments, with vermicompost amendments led to a significant increase in the size of harvested fruits. These results suggest that the favorable effects caused by vermicompost amendments on soil could also be explained by an increase of beneficial microorganisms.

### Key words

T-RFLP 16S rRNA, FDA hidrólisis, *Pseudomonas*, *Pantoea*.

## Introducción

Las prácticas agronómicas convencionales (monocultivo, fertilización química, aplicación de pesticidas, etcétera) producen una reducción en la diversidad biológica de la biota edáfica en general; sobre los microorganismos en particular pueden ocasionar pérdidas de grupos capaces de favorecer el desarrollo vegetal (Altieri, 1999).

Es sabido que la aplicación de compostas y vermicompostas (las cuales se obtienen por la descomposición de desechos orgánicos por un proceso termófilo en el primer caso; y mediado por la acción de lombrices en el segundo caso) al suelo, produce un efecto favorable para el desarrollo vegetal, proporcionando sustancias nutritivas en forma disponible (Chaoui *et al.*, 2003). También se ha demostrado que provoca aumento en la biomasa y en la actividad microbiana (Sánchez-Monedero *et al.*, 2008) y modifica la estructura de la comunidad bacteriana, estimulando el aumento de grupos bacterianos de acción favorable, que disminuyen el impacto de fitopatógenos (de Brito-Álvarez *et al.*, 1995; Chaoui *et al.*, 2002). Estos efectos en la comunidad varían según la materia prima utilizada para elaborar la composta, el periodo de curado (tiempo transcurrido luego de ser cosechada la composta) y la dosis de aplicación (Bohem *et al.*, 1993).

El método de *Terminal Restriction Fragment Length Polymorphisms* (T-RFLP) del gen del ARNr 16S, fue desarrollado para el análisis (cultivo no dependiente) de

comunidades bacterianas de muestras ambientales y mostró ser adecuado y reproducible para las de origen edáfico (Dunbar *et al.*, 2000). Este método se utiliza para detectar cambios en la comunidad microbiana causados por determinadas prácticas agrícolas (Tiquia *et al.*, 2002).

Si bien existen trabajos que estudian el efecto del agregado de vermicompostas en suelos, no existen trabajos en los que se correlacionen los efectos sobre la comunidad bacteriana y actividad microbiana del suelo, así como con la productividad de un cultivo.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue el de estudiar el efecto de la incorporación de vermicompostas sobre la comunidad microbiana del suelo, la actividad microbiana y la productividad de un cultivo de tomates.

## Materiales y métodos

### *Ensayo en suelo de invernáculo*

El estudio se realizó en un suelo de invernáculo de producción comercial, con una historia previa de manejo convencional (con aplicación de agroquímicos) y cultivado con plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* cv. Dominique). El ensayo se realizó durante el ciclo productivo 2005-2006, en un invernáculo plástico (52 x 18 m de largo y ancho, respectivamente) en el Departamento de Canelones, Uruguay. El tipo de suelo fue un Brunosol subéutrico (Duran, 1985), con: 76% de arena, 3.4% de limo, 18% de arcilla y 2.6% de materia orgánica. A unos sesenta días previos de instalar el cultivo, se realizó una incorporación de abono verde de avena a todo el suelo del invernáculo. Antes y después de levantar los canteros o camellones, se aplicó por aspersión al suelo insecticida carbofurán, a una dosis equivalente a 10 L•ha<sup>-1</sup> en todo el invernáculo, salvo en una parcela (SFV), en la que no se aplicó. Previo a la segunda aplicación de insecticida a la misma dosis que la anterior, se incorporó una mezcla de estiércol de pollo fresco con cáscara de arroz, a razón de 6 Ton•ha<sup>-1</sup> a todos los canteros. Las parcelas experimentales midieron 5 m de largo por 0.8 m de ancho.

En el mes de agosto se aplicaron —en forma aleatoria— las vermicompostas al suelo de las parcelas experimentales, utilizando el siguiente procedimiento: se abrió un surco longitudinal en cada camellón y se procedió a un agregado manual de las mismas; finalmente, se reconstruyó el camellón por rastrillaje cruzado. La dosis volumétrica de aplicación de las vermicompostas fue de 10 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, siendo ésta una dosis comúnmente utilizada por productores de la zona. Para el tratamiento Z (con la aplicación de vermicomposta obtenida a partir de restos de zapallos —calabazas—), se aplicó una dosis de 18 m<sup>3</sup>, con el fin de observar el efecto en las variables medidas de una aplicación próxima al doble de las utilizadas. Las vermicompostas empleadas fueron obteni-

das a partir de diferentes fuentes de desechos orgánicos y una de ellas fue de origen comercial (cuadro 1).

Los tratamientos efectuados sobre el suelo, así como las materias primas, los métodos utilizados para la elaboración de cada uno de las vermicompostas, el periodo de curado (lapso de tiempo de estacionamiento de la vermicomposta, posterior a su cosecha y previo a su incorporación al suelo) y las dosis de aplicación equivalentes  $\text{kg ha}^{-1}$  se describen en el cuadro 1.

Los tratamientos se realizaron por triplicado, con el tratamiento control, consistiendo en suelo sin incorporación de vermicompostas y con aplicación de carbofurán y un control especial (SFV) de réplica única (sin aplicación de insecticida ni vermicomposta). En el mes de septiembre se trasplantaron plántulas de tomate de la variedad Dominique en doble fila, con separaciones de 0.40 m y 0.45 m entre las filas.

Cuadro 1. Tratamientos realizados en el suelo del invernáculo, vermicompostas empleadas; materias primas y métodos utilizados para su elaboración, periodo de curado y dosis de aplicación de las mismas.

Tratamientos	Material empleado para elaboración de vermicomposta	Método para producción de vermicomposta	Período de curado vermicomposta (meses)	Dosis vermicomposta ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ )
Z	Restos de zapallos	lecho	1 a 2	18000
TA	Estiércol de vaca lechera	camellón	3	6200
COM	Comercial (estiércol vacuno)	camellón	6	5300
FVCP	Frutas+verduras+estiércol de pollo+cáscara de arroz	lecho	12	5300
Control sin vermicomposta	-	-	-	-
Control especial (SFV) sin vermicomposta ni carbofurán	-	-	-	-

### Determinaciones

#### *Análisis químicos de las vermicompostas utilizadas en el ensayo en suelo de invernáculo*

Se determinó el contenido total de elementos nutritivos en las vermicompostas utilizadas, mediante el método de pasta saturada de agua, según procedimientos clásicos utilizados por el laboratorio de análisis de suelos y sustratos de INIA La Estanzuela (Uruguay), para los siguientes iones: nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), potasio ( $\text{K}^+$ ), calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) y el valor de pH.

#### *Evaluación de parámetros agronómicos*

Luego de la plantación fueron seleccionadas 10 plantas al azar por parcela experimental para medir los siguientes parámetros agronómicos durante todo el ciclo (de

septiembre a marzo): altura máxima alcanzada por planta, número y peso total de frutos cosechados por planta, realizando dichas mediciones cada quince días. Se determinó también el peso promedio por fruto cosechado en cada tratamiento. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA (seguido por test de Tukey) y Kruskal-Wallis (KW-H, este último, para datos que no cumplieron con el supuesto de normalidad).

*Actividad microbiana del suelo de las parcelas experimentales determinada por hidrólisis de Diacetato de Fluoresceína (FDA)*

A los 60 días posteriores a la plantación, se extrajo de cada parcela experimental, una muestra compuesta por cinco extracciones de suelo utilizando calador, tomadas a una profundidad de 0.10m y 0.05m del tallo de la planta. Se determinó la actividad microbiana mediante el método de hidrólisis de FDA, según el protocolo descrito por Schnürer y Rosswall (1982). El análisis de la actividad de cada muestra de las parcelas se realizó por triplicado. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante ANOVA, seguido por test de Tukey ( $P < 0,05$ ).

*Obtención de perfiles T-RFLP del ARNr 16S para el estudio de las comunidades bacterianas del suelo de las parcelas experimentales*

Para estudiar los perfiles de las comunidades bacterianas del suelo de las parcelas experimentales se utilizaron las mismas muestras empleadas en la determinación anterior. Éstas se conservaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su utilización. Para la extracción del ADN microbiano total, se utilizó el kit comercial "Power Soil"® de MoBio laboratories Inc, Ca. USA, partiendo de 0.5 de suelo. A partir de 10-20 ng de ADN extraído, se realizó la amplificación del gen del ARNr 16S por PCR utilizando los cebadores 8F (marcado en 5' con 6-FAM) (5' AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') y 1492R (GGTTACCTTGTTACGACTT) (Weisburg *et al.*, 1991).

El programa de PCR utilizado fue el siguiente:  $94^{\circ}$  5 minutos y 30 ciclos ( $94^{\circ}$  1 minuto  $55^{\circ}$  1 minuto  $72^{\circ}$  3 minutos) y una finalización a  $72^{\circ}$  por 7 minutos y luego  $16^{\circ}$  por 10 minutos. El producto de PCR purificado (QIAquick purification kit, Qiagen) se digirió utilizando la enzima *Hin6I* (Fermentas Life Sciences) (que reconoce la secuencia 5' G ^ CGC3'), según las indicaciones del fabricante. Los fragmentos obtenidos se precipitaron con etanol al 95 % a  $4^{\circ}\text{C}$  (por 30 minutos), se centrifugó a 14.000 RPM (30 minutos) y se lavó el pellet con 100  $\mu\text{L}$  de etanol al 70 %, se volvió a centrifugar a la misma velocidad por diez minutos; y, finalmente, se secó en estufa a  $65^{\circ}\text{C}$  por cinco minutos.

Los fragmentos precipitados se resuspendieron en 10  $\mu\text{L}$  formamida y se separaron por electroforesis capilar, utilizando un secuenciador automático ABI3130 (Applied Biosystems®) en el servicio que brinda el Instituto Pasteur de Montevideo. Se utilizó como estándar interno TAMRA 2500 (Applied Biosystems®). Los cromatogramas fueron analizados utilizando el programa Peak Scanner (Applied Bio-

systems ®); se obtuvo entonces una matriz de tamaños de fragmentos de restricción terminal (T-RFs) e intensidad de fluorescencia (abundancia).

*Análisis de los perfiles de T-RFLP del ARNr 16S del suelo de las parcelas experimentales*

Las abundancias de los T-RFs obtenidos se estandarizaron de acuerdo a lo descrito en Dunbar *et al.* (2000). A partir de la matriz de abundancias obtenida, se calcularon los siguientes índices de diversidad y riquezas de especies (utilizando el *software* Primer-E v. 5, Clarke y Warwick, 2001): índice de Margalef;

$$D = s - 1.\ln N$$

N; (S= número de T-RFs observados; N = abundancia total o suma de la abundancia de todos los T-RFS) índice de diversidad de Shannon:

$$H' = \sum_{i=1}^{i=n} P_i.\ln P_i$$

(P<sub>i</sub>= abundancia relativa del fragmento i); equitatividad:

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

Estos valores fueron analizados estadísticamente (sólo para el caso donde se contaba con los valores de las tres réplicas) por ANOVA seguido por la prueba de Tukey (HSD). Se realizó el análisis cluster de los resultados de abundancia relativa obtenidos en el T-RFLP basado en similitud de Jaccard; y, finalmente, un análisis de componentes principales (PCA), utilizando los T-RFs que aportan al menos un 5% a la abundancia total en el perfil T-RFLP de cada muestra. Se compararon los tamaños de los T-RFs predominantes (mayor de 5% de abundancia relativa) con los T-RFs calculados *in silico* (*software* MEGA 4) (Kumar *et al.*, 1994) a partir de la secuencia del gen del ARNr de 16S obtenidos del banco de datos (NCBI, <http://ncbi.nlm.nih.gov>) y la bibliografía (Tiquia *et al.*, 2002).

## Resultados

### *Análisis químicos de las vermicompostas utilizadas en el ensayo*

Como se muestra en el cuadro 2, la vermicomposta utilizada en el tratamiento TA (de estiércol de vaca lechera) posee el más bajo contenido de elementos nutritivos

medidos. En general, el resto de las vermicompostas presentan valores totales similares (del mismo orden de magnitud) en los elementos nutritivos y pH.

Cuadro 2. Niveles de elementos nutritivos y pH para las vermicompostas utilizadas en el ensayo de invernáculo.

Vermicompostas utilizadas en el ensayo de invernáculo (fuente de desecho empleada)	pH (H <sub>2</sub> O)	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/ml)	K <sup>+</sup> (mg/ml)	Ca <sup>++</sup> (mg/ml)	Mg <sup>++</sup> (mg/ml)
Z	7	761	567	252	201
TA	6,7	299	106	85	88
COM	6,8	734	496	340	334
FVCP	6,6	792	400	379	402

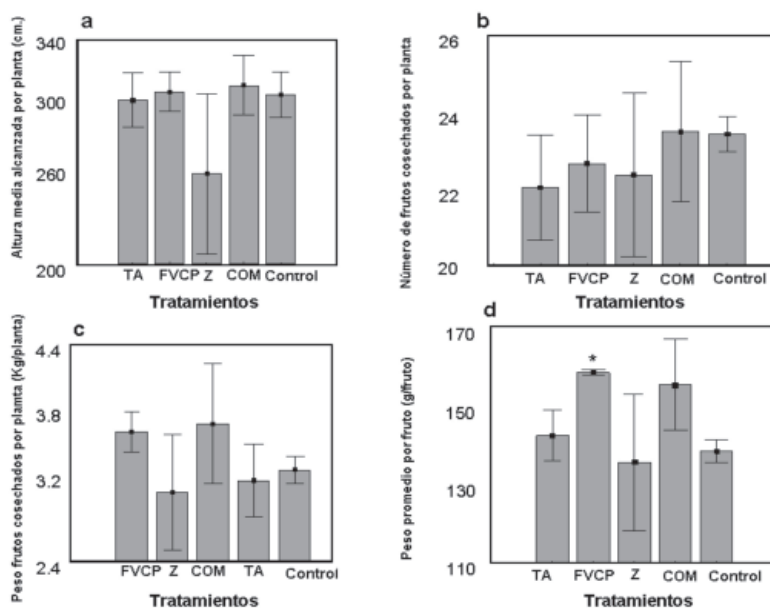
### Evaluación de parámetros agronómicos

En la figura 1 se muestran los resultados obtenidos con los diferentes tratamientos efectuados en el suelo de invernáculo, en los parámetros agronómicos evaluados para el cultivo de tomate. En la figura 1d se muestran los pesos promedios por fruto obtenidos con los tratamientos. Con el tratamiento FVCP se obtuvo un valor significativamente mayor ( $KW-H(4,15) = 10.0666, P = 0.0393$ ) con respecto al tratamiento control, siendo los valores promedio de peso de los frutos de 159 y 138 gramos, respectivamente. Con este tratamiento no se observaron diferencias significativas en los restantes parámetros agronómicos evaluados con respecto al control.

Con el tratamiento COM se alcanzaron los valores más altos en todos los parámetros agronómicos evaluados, pero los valores promedio no fueron significativamente superiores con respecto al control (figuras 1a, 1b, 1c y 1d). Con el tratamiento Z se observó la mayor variabilidad de valores en todos los parámetros agronómicos evaluados, con valores promedio inferiores (no significativos) con respecto al control. Finalmente, con el tratamiento TA no se observaron diferencias significativas con respecto al control en ninguno de los parámetros evaluados.



Figura 1. Parámetros agronómicos evaluados en el ensayo de cultivo de tomate en suelo de invernáculo.



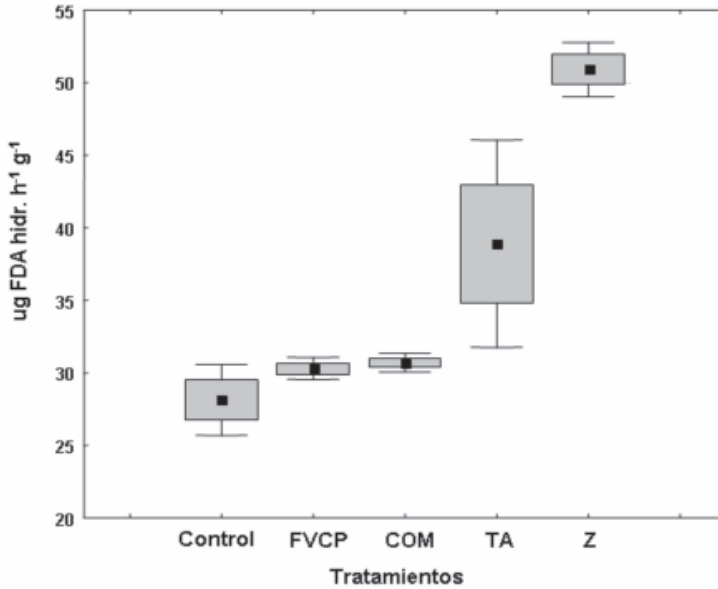
FVCP: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de restos de frutas, verduras, estiércol de pollo y cáscara de arroz; Z: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de restos de zapallos; TA: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de estiércol de vaca lechera; COM: tratamiento con vermicomposta comercial; Control: tratamiento control (con aplicación de insecticida carbofurán y sin agregado de vermicomposta).

—Columna seguida por \* representa un valor significativamente mayor ( $P < 0,05$ ) con respecto al del control.

### Actividad microbiana del suelo de las parcelas experimentales determinada por hidrólisis de FDA

La actividad microbiana cuantificada por la hidrólisis de FDA mostró que ésta fue significativamente mayor en los tratamientos Z y TA (ANOVA:  $F(4,10) = 21.505$ ,  $P = 0.00007$ ), con respecto al tratamiento control y a los tratamientos FVCP y COM (figura 2). Estos resultados se relacionaron directamente con la dosis de vermicomposta empleada e inversamente con el tiempo de curado, teniendo las vermicompostas Z y TA el menor tiempo (uno y tres meses, respectivamente). Las aplicadas en menores dosis y con un tiempo de curado superior a los seis meses, no provocaron un aumento significativo con respecto al control.

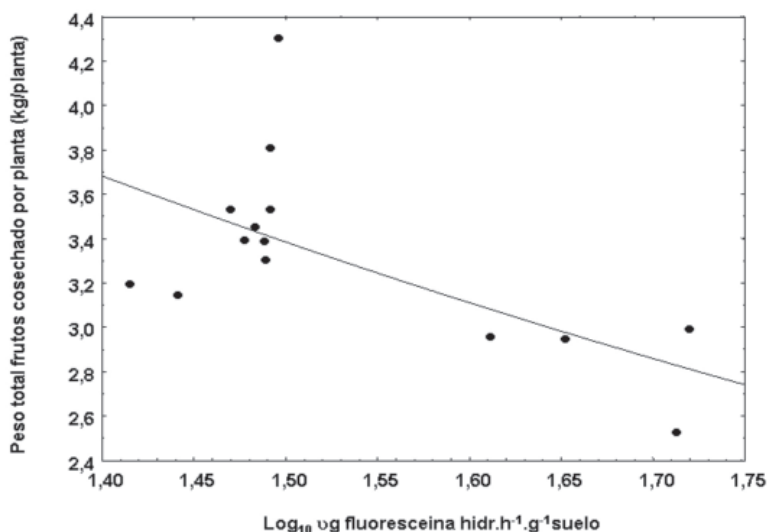
Figura 2. Actividad microbiana en los tratamientos medida por hidrólisis de FDA, microgramos de FDA hidrolizados por hora, por gramo de suelo.



Control: tratamiento control (con aplicación de insecticida carbofurán y sin agregado de vermicompostas); FVCP: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de restos de frutas, verduras, estiércol de pollo y cáscara de arroz; COM: tratamiento con vermicomposta comercial; TA: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de estiércol de vaca lechera; Z: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de restos de zapallos.

Como se aprecia en la figura 3, existe una correlación inversa no lineal (modelo exponencial) entre los pesos de frutos totales por planta obtenidos por cada tratamiento, y los valores de hidrólisis de FDA (expresados en logaritmo base 10 de los microgramos de fluoresceína hidrolizados por hora y por gramo de suelo).

Figura 3. Correlación no lineal entre valores de pesos totales cosechados por planta en los tratamientos, en función del logaritmo de los microgramos de fluoresceína hidrolizados por hora y por gramo de suelo.



$$Y = 51,5952 * \exp^{(-0,8435 * X)}, r = -0,6127, p = 0,0198.$$

### Análisis de las comunidades bacterianas del suelo de las parcelas experimentales

La cantidad de fragmentos de restricción terminales totales (T-RFs) observados en los diferentes tratamientos variaron entre 18 y 46, correspondiendo el menor valor a una de las réplicas del control; y el segundo, a una réplica del tratamiento Z. Se observó una tendencia no significativa a un aumento de riqueza y diversidad en los tratamientos con vermicompostas frente al control (cuadro 3). Los análisis estadísticos multivariados de los datos, muestran que las vermicompostas provocaron una modificación de la estructura de la comunidad bacteriana. En la figura 4a se muestra el análisis de agrupamiento (cluster), basado en el porcentaje de similitud entre el logaritmo de la abundancia de todos los T-RFs observados con el T-RFLP. La figura 4b, es el resultado del análisis de componentes principales (PCA), llevado a cabo con la abundancia relativa de los fragmentos que aportan al menos un 5% a la abundancia total. Por problemas experimentales, solamente se pudo obtener el perfil T-RFLP del ARNr 16S de una de las réplicas correspondientes a los tratamientos TA y COM.

Cuadro 3. Número de fragmentos de restricción terminal (T-RFs), valores de índices de riqueza, diversidad y equitatividad, calculados a partir de los datos generados por T-RFLP del producto de amplificación del gen ARNr 16S.

Tratamientos	Número de T-RFs observados (S)	Abundancia total (N)	Índice de Margalef (d)	Índice de Shannon (H')	Equitatividad (J')
Z	41 ( $\pm 4,16$ )a	16676,7 ( $\pm 23,8$ )a	4,15 ( $\pm 0,43$ ) a	3,23 ( $\pm 0,146$ )a	0,88 ( $\pm 0,04$ )a
FVCP	37 ( $\pm 4$ )a	16591,2 ( $\pm 45,6$ )a	3,7 ( $\pm 0,41$ ) a	2,98 ( $\pm 0,34$ )a	0,83 ( $\pm 0,123$ )a
Control (con aplicación de carbofurán)	31 ( $\pm 11$ )a	16652,4 ( $\pm 36$ )a	3,05 ( $\pm 1,13$ ) a	2,82 ( $\pm 0,37$ )a	0,84 ( $\pm 0,063$ )a

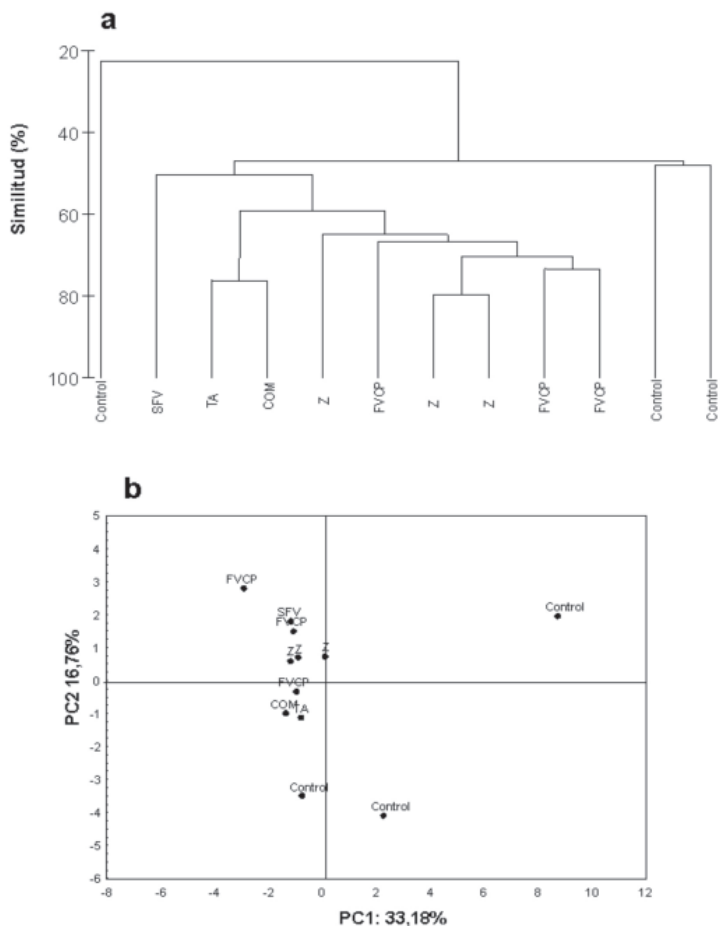
Se muestra valor de media y desvío estándar correspondiente a cada índice; valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes.

Como se puede apreciar con ambos análisis, las muestras de suelo correspondientes a tratamientos con vermicompostas, se agruparon entre sí, quedando también agrupadas en el análisis de componentes principales (PCA) y diferenciadas con respecto a las del control; la muestra del control especial SFV, sin aplicación de carbofurán ni vermicomposta se agrupa con las primeras. La comparación de los tamaños de los T-RFs predominantes (mayor de 5% de abundancia relativa) con los T-RFs calculados a partir de la secuencia del gen del ARNr de 16S obtenidos del banco de datos (NCBI) y la bibliografía (Tiquia *et al.*, 2002), mostró que entre éstos, se encuentran los que corresponderían para ciertos grupos bacterianos considerados como promotores del desarrollo vegetal, como *Pseudomonas fluorescens* (T-RF: 204-206 pb) y especies del género *Pantoea* spp (T-RF: 373 pb).

El T-RF de tamaño 204 pb, el cual se mencionó corresponde a *Pseudomonas*, se encuentra en menor proporción en el tratamiento control y mayor para los tratamientos FVCP y Z (cuadro 4).

Para el caso del T-RF de tamaño 373 pb (correspondiente a *Pantoea*), también es más abundante en el tratamiento FVCP, seguido por el Z, con respecto al control (cuadro 4).

Figura 4a y 4b. Análisis multivariados de los datos obtenidos por T-RFLP del gen ARNr 16S.



a. Análisis de cluster basado en similitud de Jaccard, a partir del logaritmo base 10 de la abundancia de todos los T-RFs obtenidos por T-RFLP del gen ARNr 16S.

b. Análisis de componentes principales utilizando los T-RFs que aportan al menos un 5% de la abundancia total en cada muestra. FVCP: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de restos de frutas, verduras, estiércol de pollo y cáscara de arroz; Z: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de restos de zapallos; TA: tratamiento con vermicomposta obtenida a partir de estiércol de vaca lechera; COM: tratamiento con vermicomposta comercial; Control: tratamiento control (tratado con carbofurán y sin vermicomposta); SFV: control especial (sin aplicación de carbofurán ni vermicomposta).

**Cuadro 4. Correlación entre T-RFs observados y los calculados por restricción *in silico* a partir de las secuencias obtenidas en la base de datos NCBI y datos bibliográficos.**

Cepa (No. acceso de la secuencia en NCBI)	T-RFs indicados	Abundancia relativa promedio en las muestras de los T-RFs indicados		
		Z	FVCP	Control
<i>Pseudomonas fluorescens</i> <sup>(a)</sup> (EU854430) <i>Pseudomonas spp</i> <sup>(b)</sup>	204-206	910	1493	232
<i>Pantoea spp</i> <sup>(b)</sup>	373 -375	420	790	282

Los valores promedios de las abundancias de los T-RFs se calcularon a partir de las abundancias relativas en las tres réplicas.

(a) Calculado a partir de la secuencia depositada en NCBI.

(b) Datos de Tiquia *et al.* (2002).

## Discusión

Las aplicaciones de las vermicompostas correspondientes a los tratamientos FVCP y COM provocaron efectos positivos en el cultivo de tomate, obteniéndose —en el primero— frutos significativamente de mayor peso con respecto al control. Esto puede deberse a diversos factores, como mejoras en la disponibilidad de elementos nutritivos y en las características físicas del suelo (como la porosidad) (Atiyeh *et al.*, 2000), presencia de auxinas y fitohormonas, como el ácido indol acético (IAA) y otras auxinas producidas por bacterias presentes en las vermicompostas (Hameeda *et al.*, 2006).

En el presente trabajo no se observó una correlación entre la productividad vegetal y el nivel de los elementos nutritivos de las vermicompostas, ya que la vermicomposta correspondiente al tratamiento Z presentó niveles totales altos de éstos; y además, fue aplicado en una dosis volumétrica superior al resto y, sin embargo, no se obtuvieron diferencias significativas en los parámetros agronómicos evaluados.

Por otro lado, la correlación inversa que se observó entre los pesos totales —cosechados por planta— en los tratamientos y la actividad microbiana medida por hidrólisis de FDA, indicaría que existió una competencia por los elementos nutritivos (inmovilización) entre la biomasa microbiana y las plantas. Se demostró que existe una correlación directa entre la tasa de hidrólisis de FDA y la biomasa microbiana en un suelo al que se le incorporó, en este caso, diferentes tipos de compostas, estando relacionada la biomasa directamente al estado de madurez de éstos y no a la fuente de materia orgánica empleada para su elaboración (Sánchez-Monedero *et al.*, 2008).

La madurez de los materiales comportados, en general, se alcanza sometiéndolos a un periodo de estacionamiento, también denominado *curado*, donde la actividad y la biomasa microbiana decrecen (Forster *et al.*, 1993). Esto refuerza la hipótesis de que existió una inmovilización de elementos nutritivos por la biomasa microbiana, dado que las vermicompostas de los tratamientos Z y TA contaron con un menor periodo de curado, una mayor actividad microbiana y con ellos no se obtuvieron valores significativamente mayores en los parámetros agronómicos con respecto a los del control. Esta hipótesis podría probarse en un próximo ensayo, con un diseño experimental en el que se cuente con vermicompostas elaboradas a partir de una única fuente de desecho determinada, y con diferentes periodos de curado.

Como ya fuera reportado en trabajos previos (Tiquia *et al.*, 2002; Pérez-Piqueres *et al.*, 2006), la aplicación de compostas modifica la estructura de la comunidad bacteriana del suelo, produciendo una tendencia al aumento (no significativo) en la riqueza y diversidad de determinados grupos. En el presente trabajo, dicha modificación es también notoria en la abundancia relativa de los grupos predominantes del suelo, detectados por fragmentos de restricción terminal (T-RFs que aportan al menos un 5% de la abundancia total), dentro de los cuales se encontraron los correspondientes a grupos o géneros que promueven el crecimiento vegetal.

Las vermicompostas de los tratamientos FVCP y Z provocaron un aumento de la abundancia relativa frente al control de los T-RFs 373 pb, y 204 pb, correspondientes a los géneros *Pantoea* y *Pseudomonas*, respectivamente. Dichos aumentos, observados en las abundancias relativas de *Pseudomonas* y *Pantoea*, concuerdan con resultados obtenidos en otros trabajos científicos, donde se demuestra que esto es un efecto común provocado por la composta en el suelo (Boehm *et al.*, 1993; Tiquia *et al.*, 2002).

Recientemente se demostró que el aumento provocado sobre las *Pseudomonas* por la aplicación de composta de estiércol de cerdo a suelo cultivado con plantas de maíz, no sólo es —en su abundancia— relativa, sino además en la diversidad de especies y en la diversidad funcional y catabólica de éstas (Chang *et al.*, 2008). Como es sabido, las *Pseudomonas* producen diversos compuestos que son capaces de controlar hongos fitopatógenos (Rosales *et al.*, 1995), por lo cual su presencia en el suelo puede resultar beneficiosa para los cultivos de vegetales.

Dentro de los organismos del género *Pantoea*, se han encontrado varias cepas que colonizan los tejidos vegetales vivos (cepas endófitas) y promueven el crecimiento vegetal en diferentes formas, produciendo antibióticos capaces de controlar hongos fitopatógenos (Stockwell *et al.*, 2002) y algunas cepas aisladas recientemente, a partir de hojas de plantas de tomate cultivadas a campo, mostraron tener propiedades biocontroladoras muy eficaces del hongo *Fulvia fulvum* (Enya *et al.*, 2007). También son

capaces de atenuar ciertas bacteriosis vegetales (Zhang *et al.*, 1997) y existen cepas capaces de fijar nitrógeno atmosférico y enriquecer a la planta con este elemento nutritivo (Asis y Adachi, 2003).

Por lo tanto, el hecho de que con la vermicomposta utilizada en el tratamiento FVCP se obtuvo un mayor rendimiento (con frutos de mayor tamaño), se podría deber también a que éste presentó niveles altos de abundancia para organismos con propiedades promotoras de crecimiento vegetal, además de haber presentado, conjuntamente, un nivel total de elementos nutritivos y una actividad microbiana adecuados para el cultivo. Dado que estos T-RFs esperados para las especies promotoras de crecimiento vegetal —mencionadas también— corresponden a otras especies distintas, sería recomendable que en un próximo ensayo se realicen aislamientos *in vitro* para identificar cepas de *Pseudomonas* sp y *Pantoea* sp y poder estudiar directamente sus propiedades promotoras de crecimiento vegetal, así como analizar sus secuencias de ARNr 16S y poder verificar los T-RFs correspondientes.

Los resultados de este estudio sugieren que las vermicompostas podrían revertir el efecto causado por la aplicación del pesticida carbofurán sobre la comunidad bacteriana del suelo. Esto se evidencia debido a que en los análisis multivariados efectuados con los datos del T-RFLP del ARNr 16S, la comunidad de la muestra de suelo —sin tratar con dicho insecticida (SFV)— mostró un mayor grado de similitud con las de suelo tratado con éste y vermicompostas. Este fenómeno debe ser probado con un modelo experimental adecuado, lo cual sería interesante como una alternativa tecnológica para la recuperación biológica de suelos degradados por manejos inadecuados o por la aplicación continua de agroquímicos, como el carbofurán u otros.

Para una aplicación de las vermicompostas en forma racional y con base científica a dichos suelos de invernáculo, se debe tener en cuenta no sólo a los clásicos parámetros físicos y químicos como indicadores de calidad de las mismas, sino además, a los parámetros biológicos; dado que estos últimos pueden influir en forma negativa o positiva sobre la productividad de un cultivo.

## Conclusiones

Los resultados sugieren que existe una relación entre los efectos causados por el agregado de vermicompostas sobre la dinámica microbológica del suelo de invernáculo y la productividad del mismo. El aumento en dicha productividad puede relacionarse con un incremento de la abundancia de microorganismos promotores del crecimiento vegetal.



## Literatura citada

- Altieri, M. 1999. *The ecological role of biodiversity in agroecosystems*. Agriculture, Ecosystems and Environment. 74: 19-31.
- Asis, C. and Adachi, K. 2003. *Isolation of endophytic diazotroph Pantoea agglomerans and nondiazotroph Enterobacter asburiae from sweet potato stem*. Japan. Lett Appl. Microbiol. 38:19-23.
- Atiyeh, R. M.; Arancon, N.; Edwards, C. A. and Metzger, J. D. 2000. *Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes*. Biores. Technol. 75: 175-180.
- Bohem, M.; Madden, L. and Hoitink, H. 1993. *Effect of organic matter decomposition level on bacterial species diversity and composition in relationship to Pythium damping-off severity*. App. and Env. Microbiol. 59 (12): 4171-4179.
- Chaoui, H.; Edwards, C.; Brickner, A.; Lee, S. and Arancon, N. 2002. *Suppression of the plant parasitic diseases: Pythium (damping off), Rhizoctonia (root rot) and Verticillium (wilt) by vermicompost*. International Symposium on Earthworm Ecology, Sep. 1-6, Cardiff, Wales.
- Chaoui, H.; Zibilske, L. and Ohno, T. 2003. *Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability*. Soil Biol. Biochem. 35: 295-302.
- Chang, C. Y.; Chao, C. C. and Chao, W. L. 2008. *Community structure and functional diversity of indigenous fluorescent Pseudomonas of long term swine compost applied maize rhizosphere*. Soil Biol. Biochem. 40: 495-504.
- Clarke, K. R. and Warwick, R. M. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd. edition: Plymouth Marine Laboratory, PRIMER-E, Plymouth, UK. 172 pp.
- De Brito Álvarez, M.; Gagne, S. and Antoun, H. 1995. *Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of Plant Growth-Promoting Rhizobacterias*. App. and Env. Microbiol. 61 (1):194-199.
- Dunbar, J.; Lawrence, O. and Kuske, C. 2000. *Assessment of microbial diversity in four southwestern United States soils by 16S rRNA gene Terminal Restriction Fragment Analysis*. App. and Env. Microbiol. 66(7):2943-2950.
- Duran, A. 1985. *Los suelos del Uruguay*. Editorial Hemisferio Sur. Uruguay. p. 145-152.
- Enya, J.; Koitabashi, M.; Shinohara, H.; Yoshida, S.; Tsukiboshi, T.; Negishi, H.; Suyama, K. and Tsushima, S. 2007. *Phylogenetic diversities of dominant culturable Bacillus, Pseudomonas and Pantoea species on tomato leaves and their possibility as biological control agents*. J. Phytopatol. 155:446-453.
- Forster, C.; Zech, W. and Wurdinger, E. 1993. *Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of the maturity of compost from contrasting resources*. Biol. Fertil. Soils. 16:93-99.
- Hameeda, B.; Rupela, O. P.; Reddy, G. and Satyavani, K. 2006. *Application of plant growth promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of Peral Mollet (Pennisetum glaucum L.)*. Biol. Fertil. Soils. 43:221-227.
- Kumar, S.; Tamura K. and Nei, M. 1994. *MEGA: molecular evolutionary genetics analysis software for microcomputers*. Comput. Appl. Biosci. 10:189-191.
- Pérez-Piqueres, A.; Edel-Hermann, V.; Alabouvette, C. and Steinberg, C. 2006. *Response of soil microbial communities to compost amendments*. Soil Biol. Biochem. 38:460-470.
- Rosales, A.; Thomashow, L.; Cook, R. and Mew, T. 1995. *Isolation and identification of antifungal metabolites produced by rice associated antagonistic Pseudomonas spp.* Phytopatol. 85:1028-1032.
- Sánchez-Monedero, M. A.; Mondini, C.; Cayuela, M. L.; Roig, A.; Contin, M. and De Nobili, M. 2008. *Fluorescein diacetate hydrolysis, respiration and microbial biomass in freshly amended soils*. Biol. Fertil. Soils. 44:885-890.
- Schnürer, J. and Rosswall, T. 1982. *Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter*. App. and Env. Microbiol. 43:1256-1261.

- Stockwell, V.; Johnson, K.; Sugar, D.; and Loper, E. 2002. *Antibiosis contributes to biological control of fire blight by Pantoea agglomerans strain Eh252 in orchards*. Phytopatol. 92:1202-1209.
- Tiquia, M.; Lloyd, J.; Herms, D.; Hoitink, H. and Michel, F. 2002. *Effects of mulching and fertilization on soil nutrients, microbial activity and rhizosphere bacterial community structure determined by analysis of T-RFLPs of PCR —amplified 16S rRNA genes*. App. Soil Ecol. 21:31-48.
- Weisburg, W. G.; Barns, S. M.; Pelletier, D. A. and Lane, D. J. 1991. *16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study*. J. Bacteriol. 173:697-703.
- Zhang, L. and Birch, R. 1997. *The gene for albidicin detoxification from Pantoea dispersa encodes an esterase and attenuates pathogenicity of Xanthomonas albilineans to sugarcane*. Proc. Natl Acad. Sci. Usa 94:9984-9989.

Recibido: Noviembre 16, 2009

Aceptado: Marzo 25, 2010



Título: *Volaris*

Técnica: Mixta sobre madera

Autor: Adoración Palma (2manos)

Año: Sept. 2009

Medidas: 17.5x13.5 cm

# Patrón de distribución espacial de la pérdida, degradación y recuperación vegetal en Durango, México

Spatial distribution pattern of deforestation, degradation and vegetation recovery in Durango, Mexico

Rodríguez, F. de J.;<sup>1</sup> Pompa-García, M.;<sup>2\*</sup> Hernández-Díaz, C.<sup>3</sup> y Juárez-Reyes, A.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Politécnica de Durango. Carr. México, Km. 9.5. Col. Dolores Hidalgo. Tel. y Fax 01-618-2501322. jesurodriguez@yahoo.com.mx

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Forestales, UJED. Av. Papaloapan y Blvd. Durango, C.P. 34120. Durango, Dgo. Tel. y Fax 01-618-1301096.

<sup>3</sup> ISIMA, UJED. Carretera Dgo. Mazatlán. Col. Valles del Sur. jciro@ujed.mx

<sup>4</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UJED. Carretera Dgo. El Mezquital. Juarez03@hotmail.com

\*Correspondencia: mpgarcia@ujed.mx

## Resumen

En este trabajo se estudió el grado de auto-correlación de las superficies de pérdida, degradación y recuperación de la cobertura vegetal en el estado de Durango, México. Datos provenientes de un monitoreo, de 1993 a 2002, fueron analizados mediante el coeficiente de Moran. Se incluyó un análisis gráfico mediante el diagrama de dispersión y el indicador local de asociación espacial. Los resultados muestran que las superficies de pérdida, degradación y recuperación de la cobertura vegetal se distribuyen en forma aleatoria. Sin embargo, se observó que las áreas de pérdida están auto-correlacionadas en mayor medida que las de degradación y recuperación de la vegetación (0.11, -0.017 y 0.011, respectivamente), y se concluye que el patrón espacial varía en función de la escala, por lo cual se recomienda verificar sus tendencias en diferentes posiciones espaciales.

## Abstract

In this document we studied the auto-correlation of lost, degraded and recovered vegetal covered areas in the State of Durango, Mexico. Data coming from a 1993 to 2002 monitoring study were analyzed by means of the Moran's coefficient. A graphical analysis using dispersion diagrams and a spatial associate local indicator was included. The results show randomly produced index values. Nevertheless, in a comparative way, it was observed that the lost areas show a larger auto-correlation index than the areas with degradation and recovery of the vegetal cover (0.11, -0.017 and 0.011, respectively), and concludes that the spatial distribution changes with the scale, therefore it is recommended to evaluate its trend in different spatial positions.

*Palabras clave*

Auto-correlación espacial, coeficiente de Moran, geoestadística.

*Key words*

Spatial autocorrelation, coefficient of Moran, geostatistic.

## Introducción

La investigación en ecología ha demostrado que los ecosistemas son dinámicos y sustentados en los procesos de flujo de materia y energía. No obstante, el deterioro ambiental y las actividades antropogénicas provocan cambios drásticos en la estructura de los ecosistemas, lo cual se traduce en perturbaciones de los procesos naturales y del motor de la sucesión natural (Pickett y White, 1985), además de contribuir al cambio climático global (Masera *et al.*, 2001; Moreno y Halffer, 2001 y Pompa, 2008). Sin embargo, aún falta investigación sobre la relación de la estructura de las comunidades con la abundancia y distribución espacial, que servirían para evaluar el estado de conservación de las mismas (Diouf y Lambin, 2001).

En México existen pocos estudios sobre análisis de patrones espaciales e identificación de modelos correlacionales entre factores físicos y dinámica de la vegetación en los diferentes ecosistemas, a pesar de que permitirían identificar en gran medida su tendencia espacial (Pompa, 2008). Algunas de las investigaciones enfocadas en este sentido han demostrado que los ecosistemas están sujetos a procesos de cambios espaciales y temporales (Pinedo, 1998), que indican pérdida de la vegetación y suelo (Mas y Puig, 2001) debido a la autocorrelación que existe entre ambos (Tobler, 1970), y se define como la concentración o dispersión de los valores de una variable en un mapa; es decir, refleja el grado en que objetos o actividades en una unidad geográfica son similares a otros objetos o actividades en unidades geográficas próximas (Goodchild, 2005).

El estado de Durango presenta una gran variedad de ecosistemas que se encuentran en situación desfavorable debido a condiciones ambientales (plagas, enfermedades e incendios) y factores antropogénicos (sobrepastoreo, deforestación, cambio de uso de suelo y vegetación) (CONAFOR, 2007). De acuerdo a los resultados del Ordenamiento Territorial del Estado existen 2,842,756 hectáreas del suelo con aptitud forestal en condiciones de degradación (Gobierno del estado de Durango y SEMARNAT, 2008) provocando alteraciones en los patrones de distribución geográfica, abundancia, discontinuidad en la distribución territorial, pérdida de la cubierta vegetal, erosión del suelo y extinción de especies vegetales, factores que provocan procesos de cambio climático (Pompa, 2008; CONAFOR, 2007).

En consecuencia, es necesario estudiar en el estado de Durango los patrones de dispersión espacial de la vegetación, que permitan evaluar su estado de conservación y

ayuden a interpretar mejor la dinámica de las comunidades y a predecir los cambios futuros, particularmente en áreas donde las especies encuentran factores limitantes (ambientales o perturbaciones) para su regeneración y, por tanto, para su persistencia, dado que se parte del supuesto de que dicha distribución es aleatoria.

Por lo antes señalado, el propósito de este trabajo fue determinar el patrón de distribución espacial de las superficies de pérdida, degradación y recuperación vegetal en los ecosistemas del estado de Durango, México.

## Materiales y métodos

### *Localización del área de estudio*

El área de estudio de esta investigación es el estado de Durango (figura 1). Tiene una superficie de 123,334 km<sup>2</sup> que cubre el 6.08% del territorio nacional y, por su extensión, ocupa el cuarto sitio entre las entidades federativas (INEGI, 2005).

Esta investigación considera los diferentes tipos de vegetación incluidos en la cartografía de uso del suelo y vegetación escala 1:250,000, según CONAFOR (2006): bosque templado, matorral, selva baja, vegetación de galería, vegetación halófila, chaparral, pastizales, agricultura, entre otros.

Figura 1. Localización del estado de Durango.



Fuente: SIGEED, 2009.

## Base de datos

La base de datos se obtuvo del Área de Geomática de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2006). Consistió en la cobertura en formato “shapefile” con datos de áreas (ha) denominadas “Pérdida de cobertura vegetal”, “Degradación de la cobertura vegetal” y “Recuperación de la cobertura vegetal”. Específicamente, se definen como sigue: *Pérdida* se refiere a todos aquellos tipos de vegetación que pasaron a un uso de suelo distinto (ejemplo: Bosque pino —> Agricultura, Pastizal, Asentamiento humano). *Degradación*: corresponde a aquellos tipos de vegetación que pasaron de vegetación primaria a vegetación secundaria o de vegetación secundaria a una etapa de vegetación secundaria inferior (ejemplo: Bosque —> Vegetación secundaria arbórea, arbustiva de bosque). *Recuperación*: son todos aquellos tipos de vegetación que pasaron a una etapa de vegetación secundaria superior o a vegetación primaria: Vegetación secundaria —> Vegetación primaria. Vegetación secundaria arbustiva —> Vegetación arbórea. De un uso de suelo —> Vegetación secundaria. Todos estos datos son producto final del monitoreo comparativo en un periodo de 10 años (1993-2002) entre la SERIE II y la SERIE III de uso de suelo y vegetación elaborado por el INEGI, de las capas de la cubierta vegetal nacional, en el cual se extrajo toda el área con cobertura vegetal para el Estado. La ventaja principal de esta información es que se elaboraron mapas con leyendas y con categorizaciones similares entre las dos series analizadas, lo que facilita su comparación.

## Análisis espacial

Se utilizó el índice I de Moran (1950) para estimar la auto-correlación espacial de los polígonos de superficies con pérdida, degradación, y recuperación de vegetación mediante el algoritmo implementado en el software Geoda (Anselin, 2004).

Los datos que se introdujeron para detectar y medir la auto-correlación a través del índice de Moran fueron las superficies con pérdida, degradación y recuperación de vegetación para todo el estado de Durango; los valores de este índice varían entre +1 y -1, aunque algunos autores mencionan que puede superar ambos límites (Clipp y Ord, 1981; Upton y Fingleton, 1985). El primer valor significa una correlación positiva perfecta; y el segundo, una correlación negativa perfecta; el cero representa un patrón espacial totalmente aleatorio. El índice de Moran (I) se define como:

$$I = \frac{N \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} (X_i - \bar{X})(X_j - \bar{X})}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N W_{ij} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (1)$$

En esta fórmula,  $X$  es la variable bajo estudio y  $\bar{X}$  su promedio “N” significa el número de las unidades (es decir, áreas o puntos) en el mapa, “ $W_{ij}$ ” es la matriz de distancias que define si las áreas o puntos geográficos  $i$  y  $j$  son o no vecinos. Este coeficiente  $I$  se sujeta a una prueba de significancia estadística de valores “Z”, es decir, bajo el supuesto de una distribución normal (Cliff y Ord, 1981; Goodchild, 1987). El valor de  $W_{ij}= 1$  si el punto  $j$  está dentro de la clase de distancia  $d$ , medida a partir del punto  $i$  o  $W_{ij}= 0$  si no se cumple dicha condición (Camarero y Rozas, 2006).

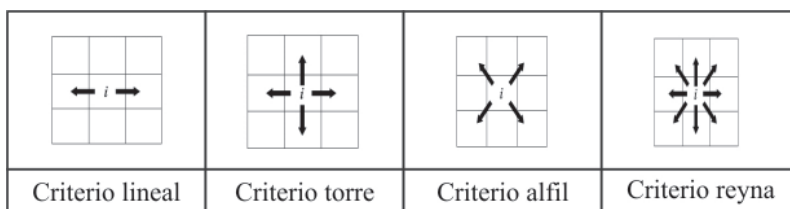
$$W_{ij} = \begin{bmatrix} 1 \text{ si } d_{ij} \leq d \\ 0 \text{ si } d_{ij} > d \end{bmatrix} \quad (2)$$

El cociente del numerador es un término que muestra la covarianza, mientras que el denominador indica la varianza, lo que hace un diseño similar al coeficiente de correlación de Pearson (1896); sin embargo, en el primero la asociación de los valores del conjunto es determinado por la matriz de distancia (2) o contigüidad que predefine los valores vecinos (es decir, el peso de  $W_{ij}$  decide la proximidad de cada punto analizado).

Para aplicar el índice de Moran fue necesario conocer la estacionalidad u homogeneidad de las medias y varianzas (Camareno y Rozas, 2006) las cuales están en función de la escala, ya que un patrón puede ser estacionario en una escala pequeña, o no serlo en una escala mayor (Dutilleul y Legendre, 1993). Se determinó la vecindad entre las unidades espaciales, empleándose el criterio “Reyna” (figura 2), por su proximidad de contacto en todas direcciones (máximo ocho vecinos). Para contrastar la hipótesis de ausencia de un patrón espacial se ubicó el coeficiente del I de Moran (1950) dentro de una curva normal de probabilidades Z (1) y se probó si la distribución espacial de los valores es aleatoria entre el número “n” de posibles distribuciones (Vilalta, 2003).



Figura 2. Criterios de vecindad.



El análisis de los datos “pérdida de cobertura vegetal”, “degradación de la cobertura vegetal” y “recuperación de la cobertura vegetal”, se graficó a través del diagrama de dispersión del I de Moran (Anselin, 2007), se recurrió al indicador local de asociación espacial (LISA). Este método descompone el índice I de Moran y verifica en cuánto contribuye cada unidad espacial a la formación del valor general, permitiendo obtener un valor de significancia para cada clúster formado por los valores similares de cada unidad espacial y sus vecinos. La aplicación del método LISA entre todas las unidades espaciales genera valores proporcionales al indicador global (Buzai, 2006). Como resultado, se obtienen dos mapas (figura 3). El primer mapa es el conocido como *clúster* o “de agrupamiento”, donde cada unidad espacial se diferencia de acuerdo al tipo de auto-correlación espacial que posee en relación a sus unidades espaciales vecinas. El segundo mapa indica el nivel de significancia que presentan las unidades con I de Moran relevantes, con base a su relación de contigüidad a partir de un procedimiento de aleatorización que muestra, para cada unidad espacial, la probabilidad de que sus relaciones de contigüidad se produzcan de manera aleatoria (Buzai y Baxendale, 2004 y Chasco, 2003).

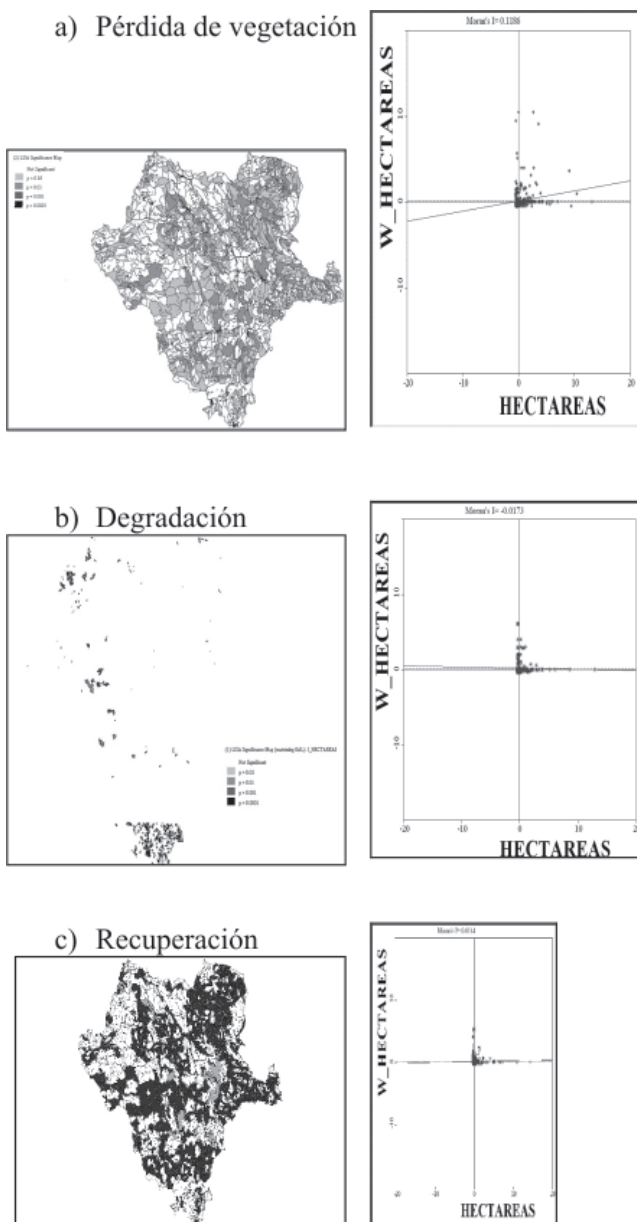
## Resultados

Los resultados del análisis de auto-correlación y los estadísticos del I de Moran para los polígonos de superficies de “pérdida”, “degradación” y “recuperación” de la cobertura vegetal, muestran su distribución espacial en los ecosistemas de Durango, de acuerdo a su relación de agrupamiento con sus vecinos cercanos y de contigüidad, en las figuras 3.a, b y c. En el eje de las abscisas de la figura 3.a se representa la “pérdida” de vegetación en hectáreas; y en las ordenadas, el retardo espacial de la misma variable, definido como el producto del vector de las observaciones  $X$  y de la matriz de pesos espaciales ( $W_{ij}$ ) y, dado que la nube de puntos se encuentra concentrada sobre la diagonal que cruza los cuadrantes derecho superior e izquierdo inferior, muestran una auto-correlación ligeramente positiva (0.1186); es decir, el estadístico de Moran ex-

plica en un 11.86% la estructura global de la asociación lineal entre las superficies de “pérdida” de la vegetación; los indicadores locales asociados al diagrama de dispersión de Moran identifican que las áreas de “pérdida” se distribuyen aleatoriamente.

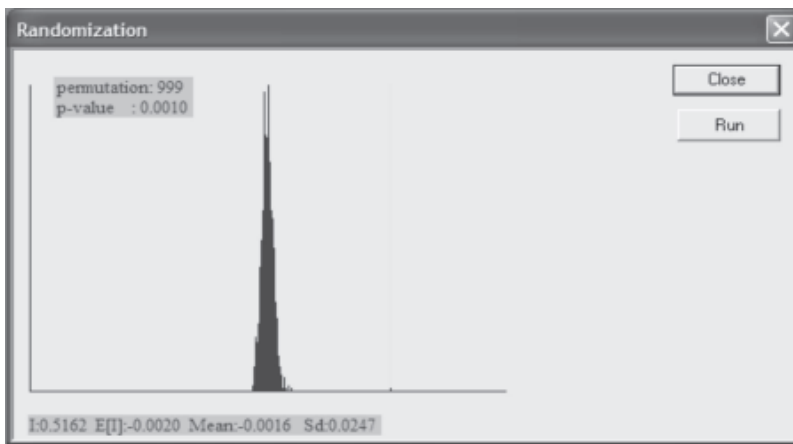
De igual manera, en la “degradación” de los ecosistemas de Durango, en la figura 3.b. se muestra una distribución aleatoria; es decir, que las áreas degradadas presentan un índice de 0.0173 (1.73%). En lo que respecta a la “recuperación” de los ecosistemas deteriorados o deforestados en el área de estudio (figura 3.c), el índice de Moran representa sólo el 0.0114; es decir, se explica el 1.14% de la estructura global de asociación lineal entre las superficies de las manchas de recuperación de la vegetación.

Figura 3. Diagrama de dispersión del índice de Moran para la “pérdida”, “recuperación” y “degradación” de la cobertura vegetal en el estado de Durango.



La figura 4 muestra los resultados de la significancia, utilizando una aproximación aleatoria mediante un criterio de permutación para contrastar la hipótesis de no auto-correlación. El valor significativo positivo informa de la presencia de un esquema de auto-correlación espacial positiva; es decir, la presencia de una concentración de valores similares de la variable analizada en unidades vecinas.

Figura 4. Distribución empírica de las permutaciones para el estadístico de Moran relacionado con la “pérdida”, “recuperación” y “degradación” de la cobertura vegetal en el estado de Durango.



## Discusión

El análisis de auto-correlación espacial, aplicando el índice de Moran ha permitido determinar que las superficies de pérdida, degradación y recuperación de los ecosistemas en el estado de Durango presentan una distribución espacial aleatoria, lo que confirma la hipótesis planteada; se cumplen los supuestos del modelo a partir de estimar si un estadístico muestral difiere significativamente de lo esperado aleatoriamente. Esta prueba se efectuó ubicando al coeficiente de Moran dentro de una curva normal de probabilidades. Lo anterior permite sugerir que el comportamiento de las áreas para la distribución estudiada en el estado de Durango, no sigue un proceso selectivo en cuanto a las superficies deforestadas vecinas.

Los resultados obtenidos sobre el análisis espacial de la vegetación en este estudio, representan una alternativa eficaz para conocer la conducta espacial de los cambios en la cobertura vegetal, lo cual concuerda con varios estudios similares (Pompa, 2007; Buzai, 2004; Vilalta y Perdomo, 2005).

Comparativamente, la variable de estudio “pérdida de vegetación” es la más auto-correlacionada, mientras que la de “degradación” y “recuperación de la vegetación” presentan índices más bajos. En lo que se refiere a bosques, el cambio anual es de -14,855 ha (-0.29%) (Gobierno del estado de Durango y SEMARNAT, 2008). Estas cifras no necesariamente indican tasas de deforestación, sino más bien tasas de cambio de uso del suelo a otros tipos de vegetación. En un estudio realizado por la CONAFOR para el periodo 1993-2002, se indica que alrededor de 95,000 ha han sido deforestadas y más de 120,000 ha están en proceso de degradación. En el estado existen tasas anuales de deforestación y degradación de 0.21% y 0.34%, entre 1993 y 2002. Durante ese mismo periodo, se identificaron también alrededor de 75,000 ha en proceso de recuperación (CONAFOR, 2007).

Algunos de los estudios que se han realizado para cuantificar los cambios espaciales de los ecosistemas están dirigidos sólo al uso de algunas técnicas estadísticas sobre tasas de cambio (Dirzo y García, 1992; Mas y Puig, 2001), mientras que la aplicación del análisis espacial se ha desarrollado principalmente en el ámbito social, para conocer tendencias demográficas (Martori y Hoberg, 2008), el desarrollo económico regional (Vilalta, 2003) y el comportamiento electoral (Vilalta, 2005); en ecología de la dinámica vegetal, su aplicación ha sido limitada; las investigaciones han versado principalmente sobre el comportamiento de las especies presentes, sobre todo en bosques primarios (Condés y Martínez, 1998), y son insuficientes las publicaciones que específicamente han abordado en conjunto la conducta espacial de la deforestación, recuperación y degradación de la vegetación en México.

En virtud de que la distribución encontrada es aleatoria, es evidente que tal distribución no obedece a variables explicativas específicas; sin embargo, esto no significa que dicha tendencia se mantenga a escalas mayores, en virtud de la gran extensión territorial del área bajo estudio; es decir, un patrón puede parecer agrupado a cierta escala, mientras que a otra opuesta puede resultar no auto-correlacionado, como lo reporta Sokal (1979), quien encontró que una agregación positiva a pequeña escala puede deberse a procesos de dispersión o a interacciones positivas, mientras que valores negativos de auto-correlación a mayor escala espacial pueden corresponder a la presencia de un gradiente ambiental. En función de lo anterior, para estudios subsiguientes es conveniente validar la homogeneidad o estacionaridad de varianzas en áreas menores, lo que elimina la tendencia a gran escala y permite el análisis con mayor nivel de desagregación territorial; dada la asunción que la distribución de la variable aquí estudiada es continua en el espacio —cuando en realidad no lo es, ya que reside en la posición discreta de una serie de puntos— dado que en nuestro contexto fueron polígonos de áreas deforestadas, degradadas o recuperadas.

## Conclusiones

El análisis de auto-correlación espacial realizado, mediante el índice de Moran, permite aseverar que la distribución de las superficies de pérdida, degradación y recuperación de la vegetación en los ecosistemas del estado de Durango es aleatoria. Comparativamente, se observó que la variable de estudio para la pérdida está auto-correlacionada en mayor medida que la degradación y la recuperación de la vegetación. Finalmente se concluye que el patrón espacial varía en función de la escala, por lo cual se recomienda verificar sus tendencias en diferentes posiciones espaciales.

### Agradecimientos

Se reconoce de manera especial al CONACyT por el financiamiento otorgado, así como a la gerencia de Geomática de la Comisión Nacional Forestal en México, por haber proporcionado información útil para el presente estudio.

## Literatura citada

- Anselin, L. 2004. *GeoDa 0.95i Release Notes*. Spatial Analysis Laboratory (SAL). Department of Agricultural and Consumer Economics, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL.
- Anselin, L. 2007. *Spatial Econometrics in RSUE: Retrospect and Prospect*, *Regional Science and Urban Economics* 37 (4): 450-456.
- Bocco, G.; Mendoza, M. and Velázquez. 2001. *Remote sensing and GIS-based regional geomorphological mapping — a tool for land use planning in developing countries*. *Geomorphology* 39:211-219.
- Buzai, G. D. 2006. *Análisis exploratorio de datos espaciales (ESDA) en Geografía de la Salud. Aplicación a la ciudad de Luján*. En: G. D. Buzai (Dir.) *Métodos Cuantitativos en Geografía de la Salud*. UNLU-DCS-PROEG.
- Buzai, G. D. y Mendoza, N. 2004. *El espacio geográfico como estructura de mosaicos*. *Gerencia Ambiental*. 11(104):172-176.
- Buzai, G.D. 2006. *Análisis Espacial de la Salud: distribución de enfermedades y planificación a través de la situación socio-habitacional y la localización óptima de equipamientos. Aplicación a la ciudad de Luján (Argentina)*. *Memorias Primeras Jornadas de Información del Departamento de Ciencias Sociales*. Luján. pp. 285-300.
- Buzai, G. y Baxendale, C. 2004. *Autocorrelación espacial univariada y bivariada. Aspectos socio-educativos en la ciudad de Luján*, *Anuario de la División Geografía 2004*. Departamento de Ciencias Sociales-UNLU. Luján. pp. 167-180.
- Camarero, J. J. y Rozas V. 2006. *Técnicas de análisis espacial de patrones de superficie y detección de fronteras aplicadas en ecología forestal*. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 15(1):66-87.
- Chasco M. C. 2003. *Econometría espacial aplicada a la predicción-extrapolación de datos microterritoriales*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. España.
- Cliff, A. D. and Ord, J. K. 1981. *Spatial processes: Models and Applications*. Pion Limited, London. UK. 266 pp.
- CONAFOR. 2006. *Sistema e-mapas*. Gerencia de Inventario Forestal y Geomática de la CONAFOR (Consultado el 22 de mayo de 2007).

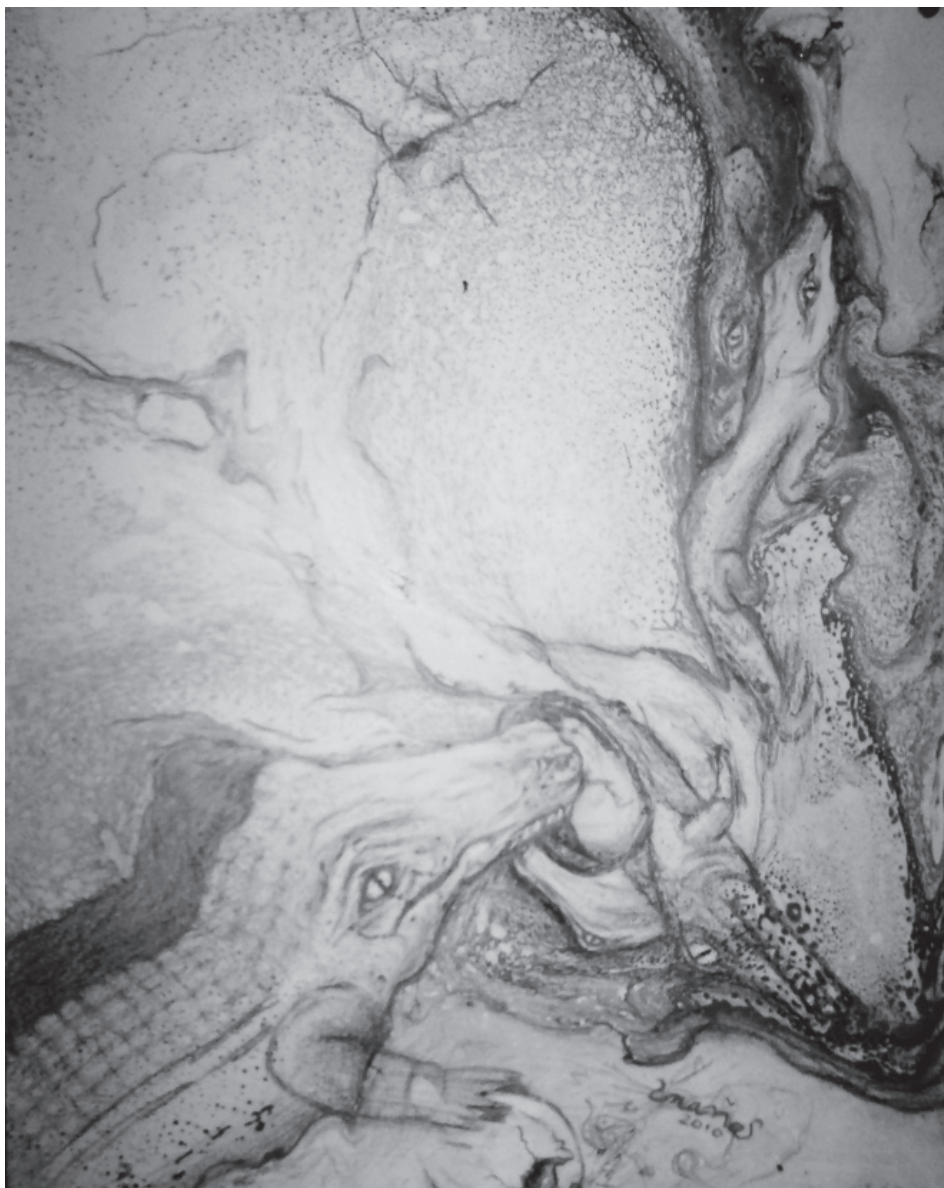
- CONAFOR. 2007. *Especificaciones técnicas para el monitoreo de la cobertura de la vegetación basado en imágenes de satélite MODIS*. <http://www.conafor.gob.mx/portal/index.php?l1=4&l2=3&l3=2> (Consultado el 22 de agosto de 2007).
- Condés, S.; Martínez, M. J. 1998. *Comparación entre los índices de distribución espacial de árboles más usados en el ámbito forestal*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales 7:173-187.
- Diouf, A. and Lambin, E. F. 2001. *Monitoring land-cover changes in semi-arid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal*. Journal of Arid Environments. 48(2):129-148.
- Dirzo, R. and García, C. 1998. *Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in Southeast México*, Conservation Biology. 6:84-90.
- Dutilleul, P. and Legendre, P. 1993. *Spatial heterogeneity against heteroscedasticity: an ecological paradigm versus a statistical concept*. Oikos. 66:152-171.
- Gobierno del estado de Durango y SEMARNAT. 2008. *Ordenamiento ecológico del estado de Durango*, Durango, México. [http://www.cocytad.gob.mx/documentospdf/RESUMEN\\_OE\\_PDF\\_SIN\\_IMAGENES.pdf](http://www.cocytad.gob.mx/documentospdf/RESUMEN_OE_PDF_SIN_IMAGENES.pdf) (Consultada el 10 de noviembre de 2009).
- Goodchild, M. 1987. *A spatial analytical perspective on geographical information systems*. International Journal of Geographical Information Systems. 1:327-334.
- Goodchild, M. 2005. *GIS, Spatial Analysis and GIS Overview*. En: Maguire, D. J.; Batty, M.; (Eds). GIS, Spatial Analysis and Modeling. ESRI Press. Redlands. 1-17.
- INEGI. 2005a. *Conjunto de datos vectoriales de uso del suelo y vegetación, Serie III (continuo nacional), escala 1: 250 000*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes. México.
- INEGI. 2005b. *Superficie total por entidad federativa según uso del suelo y vegetación*. [http://snidrus.inegi.gob.mx/CUADROS/Uso\\_Suelo.pdf](http://snidrus.inegi.gob.mx/CUADROS/Uso_Suelo.pdf) (Consultada el 15 de noviembre de 2009).
- Martori, J. C. y Hoberg, K. 2008. *Nuevas técnicas de estadística espacial para la detección de clusters residenciales de población inmigrante*. Scripta Nova. 263(12):98.
- Masera, O.; Cerón, A. and Ordóñez, A. 2001. *Forestry mitigation options for Mexico: Finding synergies between national sustainable development priorities and global concerns*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. 6:291-312.
- Mas, J. F. y Puig, H. 2001. *Modalités de la déforestation dans le Sud-ouest de l'Etat du Campeche, Mexique*. Canadian Journal of Forest Research. 31(7):1280:1288.
- Moreno, C. E. y Halffter, G. 2001. *Spatial and temporal analysis of  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversities of bats in a fragmented landscape*. Biodiversity and Conservation. 10:367-382.
- Pearson, K. 1896. *Mathematical contributions to the theory of evolution: III. Regression, heredity, and panmixia*. Philosophical Transactions of the Royal Society, 187, 253-318.
- Pickett, S. T. and White, P. S. 1985. *Patch dynamics: a synthesis*. In: S.T.A. Pickett and P. S. White. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. New York: Academic Press. Pp. 371-384.
- Pinedo, A. C. 1998. *Análisis de los recursos forestales y del hábitat de la cotorra serrana (Rhynchopsitta pachyrhyncha) en la Sierra Madre Occidental de Chihuahua, México*. Disertación doctoral. Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia. Chihuahua, México. 235 pp.
- Pompa, G. M. 2007. *Las montañas prioritarias del Noroeste de México: San Fernando, Copala, La Tinaja y San Pedro Mártir*. Memorias documentales. Comisión Nacional Forestal. México. 314 pp.
- Pompa, G. M. 2008. *Análisis de la deforestación en ecosistemas montañosos del Noreste de México*. Avances en Investigación Agropecuaria. 2 (12):35-43.
- Sokal, R. R. 1979. *Ecological parameters inferred from spatial correlograms*. En: Contemporary Quantitative Ecology and Related Ecometrics. Patil, G. P.; Rosenzweig M. L., International Co-operative Publishing House, Fairland. Pp. 167-196.

- SIGEEED (Sistemas de información Geográfica de los Ecosistemas del Estado de Durango). 2009. *Mapas de los ecosistemas del estado de Durango*. <http://www.ujed.mx/sigeed/> (Consultado el 8 de noviembre de 2009).
- Tobler, W. 1970. *A Computer Movie Simulation Urban Growth in the Detroit Region*. *Economic Geography*, 46(2):234-240.
- Upton, G. and Fingleton, B. 1985. *Spatial data analysis by example*. Volumen 1. Wiley, Chichester. Pp. 17-23.
- Vilalta, C. J. 2003. *Una aplicación del Análisis Espacial al Estudio de las Diferencias Regionales del Ingreso en México*. *Economía, Sociedad y Territorio*. 4(14):317-340.
- Vilalta y Perdomo, C. 2005. *Cómo enseñar auto-correlación espacial*. En: *Economía, Sociedad y Territorio*. 18: 323-333.

Recibido: Diciembre 12, 2009

Aceptado: Marzo 29, 2010





Título: *Nacer entre dientes*

Técnica: Scratch

Autor: Adoración Palma (2manos)

Año: Sept. 2010

Medidas: 21.6x28 cm

# Asimetría de piezas de canales de bovino faenadas en el rastro municipal de Guadalajara, Jalisco, México

Bilateral asymmetry in bovine carcasses processed at the municipal abattoir of Guadalajara, Jalisco, Mexico

Zorrilla, R. J. M.;\* Lomelí, O. D. A. y Carrasco, G. D. M.

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias,  
Universidad de Guadalajara.

\*Correspondencia: zorrillarjos@yahoo.com.mx

## Resumen

Con el propósito de estimar la posible existencia de asimetrías entre las medias canales derecha e izquierda, originadas en el faenado comercial de bovinos, cuya trascendencia potencial estriba en su posible impacto en la implementación de una evaluación por rendimiento, se compararon los pesos y estructuras anatómicas de secciones provenientes de 23 canales de bovinos machos enteros, procesados en el rastro municipal de Guadalajara, Jalisco, México. Como criterio de evaluación se adoptó el grado de desviación de un valor de uno del coeficiente de correlación de Pearson del producto-momento. Los resultados mostraron la posible existencia de asimetrías de índole anatómico entre el lado derecho y el izquierdo de la cantidad de grasa de la riñonada y grasa pélvica, así como el área del ojo de la costilla, las cuales mostraron una correlación de 0.7102, 0.7704, 0.7649, respectivamente. Estos coeficientes de correlación son inferiores a los obtenidos para la comparación de los pesos de los segmentos derecho e izquierdo delanteros y traseros, de 0.9705 y 0.9587, respectivamente; lo que permite suponer que en las condiciones en que se llevó a cabo el presente trabajo, el proceso mecánico de cuarteo de las canales no alteró la simetría entre las piezas. Se señalan las posibles implica-

## Abstract

In order to estimate the presence of asymmetries between the left and right carcass halves generated during the commercial slaughtering of a bovine, a condition with potential influence in the application of a further evaluation for yields, twenty three bovine carcasses were processed and split in the Municipal plant of Guadalajara, Jalisco, Mexico. Each side was further split at the front and rear quarters. Measurements of the weight, internal fat and rib eye area were estimated in both sides and compared by means of a Pearson's correlation. Its degree of deviation from 1 was used as an indicator of asymmetry. Correlation coefficients of 0.9705 and 0.9587 were obtained when comparing the weight between the right and left side from the front and rear quarter, respectively. In comparison, coefficients of 0.7102, 0.7704 and 0.7649 were obtained when kidney fat, pelvic fat and rib eye area, respectively were compared. These results are considered as indicators of a possible existence of asymmetry of anatomical origin that is not influenced by the manual process of splitting the carcasses. Results are discussed in terms of their possible implication in the generation of a mathematical model to predict the cutability of a carcass.

ciones que estos factores pueden tener en la construcción de un modelo matemático de predicción de cortabilidad de una canal de bovino.

### Palabras clave

Asimetría, canales, bovino, predicción cortabilidad.

### Key words

Asymmetry, bovine, carcasses, prediction of cutability.

## Introducción

El progreso de cualquier actividad pecuaria debe estar fundamentado, entre otros factores, en la existencia de mecanismos que diferencien sus productos debido a su intrínseca variabilidad biológica y por ser consecuencia de contrastantes sistemas de producción. Uno de estos criterios es la diferenciación de las canales de bovino por su mérito comercial, en donde el rendimiento de cortes primarios (cortabilidad) es un factor relevante (American Meat Science Association, 2001). A nivel comercial, se puede llegar a estimar el rendimiento en cortes primarios de una canal con base en la medición de algunas de sus estructuras, cuyos valores se incorporan en fórmulas de predicción (Dolezal *et al.*, 1999; Brungardt y Bray, 1963a).

Durante el proceso de faenado de una canal de bovino se generan dos mitades a partir de su división longitudinal de la columna vertebral. Subsecuentemente, el manejo comercial de las medias canales, impone su posterior subdivisión (cuarteo), dando lugar a un cuarto delantero y otro trasero, tanto para la media canal derecha como la izquierda (SARH, sin año). Por razones de posible inconsistencia entre ambas mitades de canal sobre las que se toman las mediciones que serán utilizadas para estimar el rendimiento de cortes comerciales de una canal, es necesario identificar localmente la existencia o no, de factibles diferencias entre la mitad derecha y la izquierda, es decir, su simetría o asimetría.

El sistema australiano de evaluación de las canales de bovino por rendimiento especifica que las mediciones sean llevadas a cabo en la canal izquierda (AUS-MEAT, 1991). En comparación, en los EU se cuenta tanto con recomendaciones a que las mediciones se tomen en ambas mitades de canal y que se utilicen las que generen mejores resultados (Dolezal *et al.*, 1999), como de ausencia de especificación al respecto, aun cuando se trate de literatura especializada sobre la aplicación del sistema de evaluación por rendimiento de canales de bovino (AMSA, 2001; Tatum, 1997). De estas experiencias contrastantes —de países con añeja tradición en la aplicación de herramientas de evaluación de rendimientos de cortes comerciales de las canales de bovino— se desprende que resulte necesario que se realicen acciones tendientes a

determinar casuísticamente el criterio a implementar en cuanto a la toma de mediciones en una canal, para generar predicciones de cortabilidad.

El propósito de la presente investigación fue el de establecer un punto inicial de referencia sobre la existencia o no, de posibles asimetrías entre las piezas resultantes en el faenado comercial de una canal de bovino, asimetrías de índole mecánico originadas por la imprecisión en el corte, o bien anatómicas, debidas a diferencias en la distribución y/o tamaño de alguna estructura orgánica; todo ello, bajo las condiciones de un proceso comercial, como es el implementado en el rastro municipal de Guadalajara, Jalisco. Esta actividad es considerada como una acción previa a la eventual generación de ecuaciones de predicción de la cortabilidad de una canal de bovino, ecuaciones que, una vez establecidas y aplicadas en forma generalizada, contribuirán a incorporar elementos de equidad y justicia en la comercialización de las canales de bovino en México.

## Materiales y métodos

Durante el transcurso de 10 meses, se monitoreó al azar 23 canales de bovino machos enteros y sus correspondientes mitades derecha e izquierda, originadas por la división con una sierra eléctrica a lo largo de la columna vertebral; y, subsecuentemente, el cuarto delantero y trasero de cada mitad de la canal, al ser cuarteados éstos entre la sexta y la séptima costilla con la ayuda de un cuchillo. Bajo este esquema de división de la canal, se originaron dos cuartos delanteros y dos cuartos traseros. Este proceso se llevó a cabo en el rastro municipal de Guadalajara, Jalisco, México. La variable de comparación mecánica considerada entre las estructuras del lado derecho y el izquierdo de los cuartos delanteros y traseros fue su peso en kilogramos. Las variables de carácter anatómico estuvieron representadas por el peso en kg de la grasa pélvica y de la grasa que envuelve al riñón (riñonada); el área del ojo de la costilla (medida en centímetros cuadrados) y la circunferencia de la pierna (medida en centímetros) bajo la metodología colombiana (ICTA, 1995). El criterio estadístico de evaluación seleccionado para considerar la posible asimetría presente entre las mediciones consideradas provenientes de los cortes equivalentes generados de cada lado, fue la estimación del coeficiente de correlación de Pearson del producto-momento, el cual está diseñado para estimar una forma específica de relación entre dos variables continuas, en particular, el grado en que están relacionadas linealmente (Clifford y Taylor, 2008).

## Resultados

El rango de peso de las 23 canales estudiadas varió de un mínimo de 107.2 kg a un máximo de 417.7 kg, con un peso promedio de 268.0 kg  $\pm$  71.9 kg (desviación

estándar). La comparación física entre el peso en kg de los cuartos delanteros y traseros del lado derecho e izquierdo de las canales, como posible reflejo de la presencia de una asimetría generada mecánicamente durante el proceso de división de la canal, arrojó los siguientes grados de correlación:  $r=0.9705$  para la comparación del cuarto delantero y  $r=0.9587$  para la comparación del cuarto trasero. Su representación gráfica se muestra en las figuras 1 y 2, respectivamente.

Dentro de las estructuras anatómicas evaluadas, la comparación entre el lado derecho y el izquierdo de la cantidad de grasa de la riñonada (figura 3) y grasa pélvica (figura 4), así como el área del ojo de la costilla en centímetros cuadrados (figura 5), mostraron una correlación de  $r=0.7102$ ,  $r=0.7704$ ,  $r=0.7649$ , respectivamente. La circunferencia en centímetros de la pierna derecha e izquierda arrojó un nivel alto de correlación, de  $r=0.9650$  (figura 6).

Figura 1. Grado de correlación entre el peso en kg del lado derecho y el izquierdo del cuarto delantero.

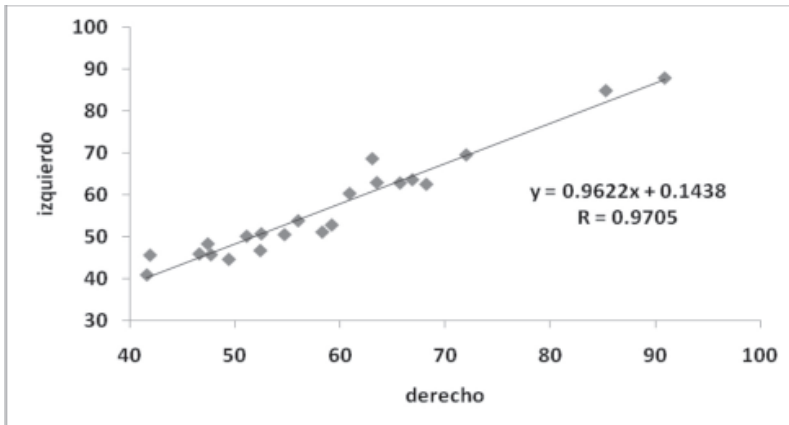


Figura 2. Grado de correlación entre el peso en kg del lado derecho y el izquierdo del cuarto trasero.

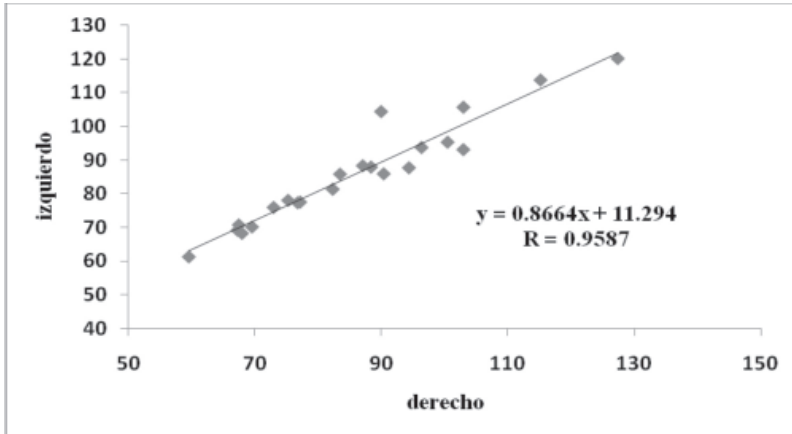


Figura 3. Grado de correlación entre el peso en kg de la grasa de la riñonada del lado derecho y el izquierdo.

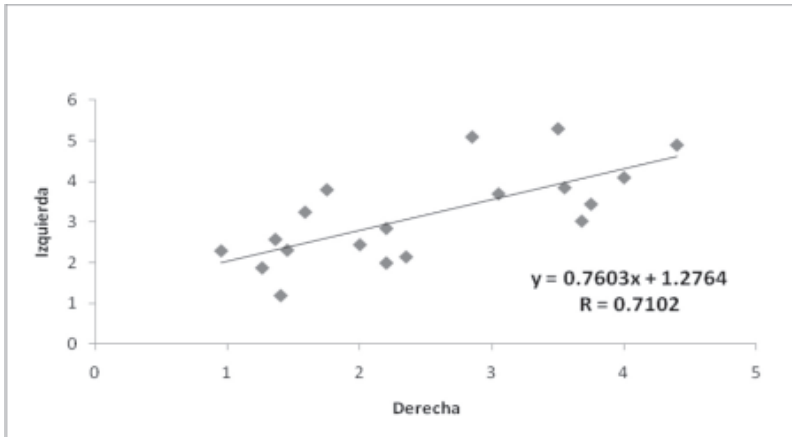


Figura 4. Grado de correlación entre el peso en kg de la grasa pélvica del lado derecho y el izquierdo.

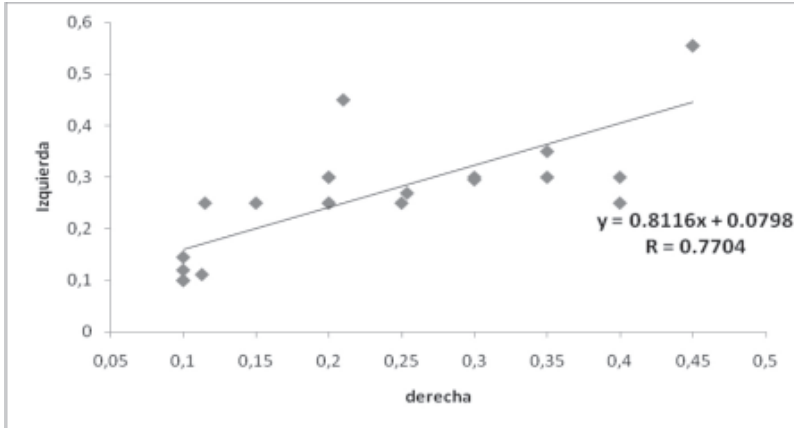


Figura 5. Grado de correlación entre el área del ojo de la costilla en cm<sup>2</sup> del lado derecho y el izquierdo.

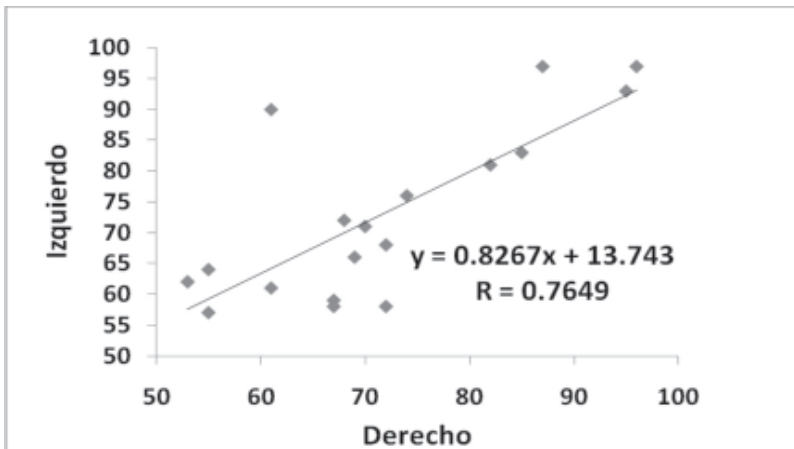
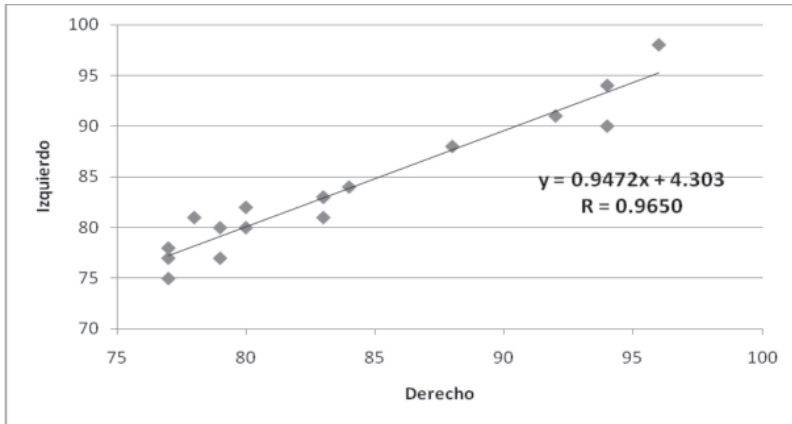


Figura 6. Grado de correlación entre la circunferencia de la pierna en cm del lado derecho y el izquierdo.



## Discusión

La relevancia y actualidad del presente trabajo radica en que, en México, es muy incipiente la aplicación de mecanismos estandarizados y con reconocimiento oficial para diferenciar el mérito comercial de las canales de bovino producidas localmente, lo que representa una fuerte deficiencia en la integración racional de una red de valor. En sólo cinco estados —de los 32 que conforman la República Mexicana— se aplica un sistema de clasificación de canales. En Baja California, Sonora, Sinaloa y Nuevo León se utilizan criterios estatales y diferentes entre ellos; en Tabasco, se aplica la norma mexicana federal para calidad.

La norma mexicana federal vigente de clasificación de canales de bovino (NMX-FF-078-SCFI-2002) atiende únicamente el aspecto de evaluación por calidad. La ausencia en ella de indicaciones para aplicar uno o varios modelos matemáticos de predicción de rendimiento de cortes comerciales de una canal de bovino es un indicativo de la necesidad de generar este o estos modelos, a partir de información obtenida bajo condiciones propias, que tomen en cuenta la variabilidad genética, de manejo y de proceso de deshuese dominantes en las diferentes regiones del país.

Dos normas de clasificación de canales de bovino en las que sí incluyen ecuaciones de predicción de rendimiento de cortes comerciales son las de los estados de Sonora (Boletín Oficial, 1999) y de Nuevo León (Manual de Clasificación, sin año). Sin embargo, es pertinente hacer notar que en ambos casos las ecuaciones referidas son exactamente la misma ecuación que se utiliza en los Estados Unidos de Norte América; inclusive mantienen el uso de mediciones de peso y longitud en el sistema británico,



en lugar del sistema métrico decimal oficial en México. Argumentadas diferencias genéticas y de sistemas de producción refuerzan las acciones tendientes a generar eventualmente modelos matemáticos de predicción propios.

En México, la ausencia de un criterio uniforme en torno a la posible existencia o no, de asimetrías entre las dos medias canales disponibles para evaluación a nivel comercial queda de manifiesto con las diferencias que al respecto se encuentran en los reglamentos de operación entre el estado de Sonora y el de Nuevo León. El reglamento del estado de Nuevo León (Manual de Clasificación, sin año) adopta la misma indicación que el indicado en manuales de los Estados Unidos de Norte América, en el sentido de llevar a cabo la medición en ambas medias canales y optar por las mediciones que, aplicadas a la ecuación de predicción, generen los mejores resultados. Para el caso del reglamento del estado de Sonora (Boletín Oficial, 1999), no contiene indicación alguna sobre cuál mitad de canal en específico a considerar para la toma de estas mediciones.

Es en este sentido que el presente trabajo tiene como propósito aportar datos consistentes en establecer algunas de las condiciones de logística a considerar en lo referente al sitio de toma de mediciones que, eventualmente, sirvan para construir las ecuaciones de predicción de rendimientos de las canales de bovino. El tamaño de muestra utilizado en este estudio —de 23 canales— es comparable, proporcionalmente, a la población objetivo, con el que en los Estados Unidos de Norte América se dio inicio a su modelo matemático de predicción de rendimiento (USDA, 1965), donde se utilizaron 162 canales. Tomando en cuenta un sacrificio en la década de los 60's, en los EU, de 27,500,000 cabezas (NASS, 2009), el número de canales deshuesadas fue equivalente a uno por cada 170,000 cabezas sacrificadas. En nuestro caso, para un sacrificio estimado de 4,200,000 cabezas (AMEG, 2006), la información generada de 23 canales representan uno por cada 183,000.

El coeficiente de correlación de Pearson del producto-momento, toma valores entre -1 (menos uno) y 1 (uno), representando la naturaleza y la fortaleza de la relación entre dos variables continuas. En la medida en que este grado de correlación sea menor a 1, se refleja una divergencia entre las mediciones consideradas. En virtud de esta propiedad es que se adoptó como herramienta estadística para evaluar el nivel de asimetría (grado de divergencia de 1) detectable al comparar características similares entre la mitad derecha e izquierda de una misma canal.

La información presentada tiende a señalar que el trabajo manual de división de las canales se llevó a cabo en forma tal que no alteró las características físicas de las partes (Breidenstein *et al.*, 1964). Al mismo tiempo, es relevante que los datos analizados indican posibles diferencias anatómicas estructurales entre el lado derecho y el lado izquierdo de una canal de bovino. En trabajos similares en canales de bovinos reportados con anterioridad, se ha identificado la existencia de asimetrías entre las mitades

derechas e izquierdas, atribuidas a factores de índole mecánico (Buttler *et al.*, 1956), así como de índole anatómicas al reportar que el área del ojo de la costilla del lado izquierdo fue mayor en comparación con la del lado derecho. Diferencias entre el lado derecho e izquierdo de una canal de bovino para la grasa pélvica y la riñonada han sido reportadas con anterioridad (Brungardt y Bray, 1963b). La presente observación de la existencia de asimetrías anatómicas entre medias canales de bovino coincide con los trabajos antes señalados.

Para el caso comparativo de canales de cerdo, la literatura especializada indica tanto la existencia de simetría anatómica entre músculos del lado derecho e izquierdo (Breidenstein *et al.*, 1964), así como asimetrías entre el lado derecho e izquierdo, adjudicadas a factores mecánicos al momento de su división (Lasley y Kline, 1957).

Lo anteriormente expuesto podría tener implicaciones sobre la aplicación de una ecuación de predicción de rendimiento de cortes comerciales de una canal de bovino, al incorporarse en ella alguna de estas mediciones susceptibles de generar un resultado diferente, dependiendo del lado de donde se obtengan. Se requiere generar mayor información al respecto para determinar el grado de influencia que estas divergencias pudieran tener en condiciones de uso cotidiano.

Es oportuno enfatizar que países como los Estados Unidos de Norteamérica—que disponen, desde la segunda mitad del siglo XX, de una ecuación de predicción de la cortabilidad de una canal de bovino— se dieron a la tarea de realizar estudios previos para identificar la posible existencia de factores de índole logístico, como el señalado en el presente trabajo de asimetría entre las secciones derecha e izquierda, originadas durante el faenado comercial de las canales, lo que les permitió estandarizar su proceso, y con ello, robustecer el grado de predicción de su ecuación de rendimiento. Para la industria de la carne de bovino en México ésta es una tarea pendiente de llevarse a cabo con la suficiente extensión y cobertura como para sentar algunas de las bases mínimas requeridas para sustentar el desarrollo de predicciones matemáticas de rendimientos de cortes comerciales primarios.

## Conclusiones

La presente investigación sugiere la existencia de variabilidad anatómica entre el lado derecho y el izquierdo de una canal de bovino para el área del ojo de la costilla y la acumulación de grasa interna, indicadores frecuentemente incluidos en la construcción de ecuaciones de predicción de la cortabilidad de una canal de bovino.

Es por estos motivos, así como factores intrínsecos de variabilidad biológica, que la construcción de ecuaciones de predicción del rendimiento—en cortes comerciales de una canal de bovino— deberá ser generada localmente e indica, simultáneamente, el riesgo de adoptar fórmulas importadas de otros países.

## Literatura citada

- AMEG. 2006. *Carne de bovino. Indicadores económicos de la industria*. 9a Ed. Asociación Mexicana de Engordadores de Ganado Bovino, A. C. 41 pp.
- AMSA. 2001. *Meat Evaluation Handbook*. American Meat Science Association. pp. 9-14.
- AUS-MEAT. 1991. *Under the hide... The Feedback Book*. Ed. Bernie Reppel. National Livestock Feedback Trials 1988, 1989, 1990. Australian Chiller Assessment. p. 13.
- Boletín Oficial. 1999. *Reglamento del Servicio de Clasificación, Certificación y Acreditación de carne de ganado bovino para el estado de Sonora*. Boletín Oficial, Tomo CLXIII, Número 6, Secc. 1, Enero 21, 1999.
- Breidenstein, B. C.; Kauffman, R. G.; Laplant, T. and Norton, H. W. 1964. *Bilateral symmetry of the pork carcass*. J. Anim. Sci. 23:1054-1056.
- Brungardt, V. H. and Bray, R. W. 1963a. *Estimate of retail yield of the four major cuts in the beef carcass*. J. Anim. Sci. 22:177-182.
- Brungardt, V. H. and Bray, R. W. 1963b. *Variation between sides in the beef carcass for certain wholesale and retail yields and linear carcass measurements*. J. Anim. Sci. 22:746-748.
- Buttler, O. D.; Garber, M. J. and Smith, R. L. 1956. *Beef carcass composition and yield of wholesale cuts as estimated from left and right sides*. J. Anim. Sci. 15:891-895.
- Clifford, B. R. y Taylor, A. R. 2008. *Bioestadística*. Editorial Pearson Educación. México. pp. 295-317.
- Dolezal, H. G.; Foutz, C. P.; Nick, C. L.; Gardner, B. A.; Nelson, J. L.; Schutte, B. R.; Walenciak, C. E. and Chafin, E. R. 1999. *Meat Grading and Selection*. 7<sup>th</sup> Edition. Department of Animal Science. Oklahoma State University. pp. 19-22.
- ICTA. 1995. *Sistema ICTA de Clasificación de Canales y Cortes de Carne Bovina. Cartilla Guía*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colombia. 1995. 27 pp.
- Lasley, E. L. and Kline, E. A. 1957. *Splitting and cutting errors in swine carcass evaluation*. J. Anim. Sci. 16:485-489.
- Manual de Clasificación. Sin año. *Servicio de Clasificación de Ganados y Carnes*. Gobierno del Estado de Nuevo León. 20 pp.
- NASS. 2009. *Livestock slaughter monthly report*. USDA, Washington, D. C.
- SARH. s/a. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Ganadería. Dirección General de Ganadería. *Métodos para Cortes de Carne y su Identificación*.
- Tatum, D. 1997. *Beef Facts: Meat Science/Beef Grading*. Series No. FS/MS005. National Cattlemen's Beef Association. USA.
- USDA. 1965. Official United States standards for grades of carcass beef. USDA, C&MS, SRA., Washington, D. C.

Recibido: Enero 08, 2010

Aceptado: Marzo 29, 2010

## Indicaciones para los autores

---

**L**os autores que tengan interés en publicar algún artículo en *Avances en Investigación Agropecuaria (AIA)* deberán ajustarse a los siguientes lineamientos: se someterán, para su publicación, artículos científicos originales e inéditos relacionados con las ciencias agrícolas, pecuarias, forestales, acuícolas y pesqueras.

*I) Los textos quedarán dentro de las categorías siguientes:*

- a) Trabajos científicos originales
- b) Publicaciones por invitación
- c) Estudios recapitulativos o de revisión
- d) Notas técnicas

a) Se entiende como trabajo científico original aquella publicación redactada en tal forma que un investigador competente y suficientemente especializado en el mismo tema sea capaz, basándose exclusivamente en las indicaciones del texto, de:

- Reproducir los experimentos y obtener los resultados que se describen con un margen de error semejante o menor al que señala el autor.
- Repetir las observaciones y juzgar las conclusiones del autor.
- Verificar la exactitud de los análisis y deducciones que sirvieron al autor para llegar a conclusiones.
- Extensión máxima de 12 cuartillas por artículo (incluido resumen y literatura citada).

Asimismo, debe estar conformado en su estructura por todos los apartados que a continuación se enlistan:

- Título (en español e inglés, no mayor de 15 palabras)
- Autores (indispensable: el domicilio físico de la institución y el correo electrónico del autor responsable del artículo)
- Resumen en español (un máximo de 250 palabras)
- Palabras clave (no incluidas en el título)
- *Abstract* (en inglés)
- *Key words* (en inglés)
- Introducción (concisa, planteando los objetivos)
- Materiales y métodos (breve, pero con los detalles que permitan reproducir el o los experimentos)
- Resultados
- Discusión

- Conclusiones
- Agradecimientos (es opcional)
- Literatura citada

b) Se entiende como una publicación por invitación aquella producida por un científico que, por su reconocimiento internacional, sea invitado por el editor de la revista a presentar un tema de particular interés sobre sus experiencias en investigación. La redacción es responsabilidad exclusiva del autor, pero deberá pasar por el Comité Editorial de la revista. Debe estar conformado por:

- Título (en español e inglés, no mayor de 15 palabras)
- Autores (indispensable: el domicilio físico de la institución y el correo electrónico del autor responsable del artículo)
- Resumen en español (un máximo de 250 palabras)
- Palabras clave (no incluidas en el título)
- *Abstract* (en inglés)
- *Key words* (en inglés)
- Introducción (concisa, planteando los objetivos)
- Desarrollo de la propuesta (realizar apartados según la temática)
- Conclusiones
- Literatura citada

c) Se entiende como estudio recapitulativo o de revisión el trabajo cuyo fin primordial es resumir, analizar o discutir informaciones ya publicadas, relacionadas con un solo tema. Su presentación será similar a la de los trabajos por invitación.

d) Se entiende como nota técnica al escrito cuya redacción será de un máximo de seis páginas, así como no más de dos cuadros o gráficas. El texto no requerirá de separación en párrafos ni de subtítulos, aunque tendrá que estructurarse. Deberá contener: un resumen y un *abstract* de no más de cien palabras; una introducción breve en la que se resaltará claramente el objetivo del trabajo; se continuará con los materiales y métodos; en el caso de los resultados y discusión preferiblemente estarán combinados para evitar repeticiones; las conclusiones o recomendaciones deberán estar consideradas en el texto, anotadas de forma clara y precisa. Las referencias en el texto y en la literatura citada no podrán ser excesivas, ya que la importancia de las notas técnicas son la originalidad y la síntesis.

## II) Criterios para la presentación de originales

1. Deberán enviar el original vía Internet a cualquiera de los correos electrónicos siguientes: [revaia@ucol.mx](mailto:revaia@ucol.mx) y [aiaagropecuarias@yahoo.com.mx](mailto:aiaagropecuarias@yahoo.com.mx) y deberán enviarse en: procesador de palabras *Word*, con tipografía Times New Roman 12 puntos, a espacio sencillo. El formato de los textos debe estar en .rtf o .doc. Es preferible evitar el uso de

estilos confusos en *Word* (es decir, no darle características de diseño al texto, ni manipular fuentes o tamaños en forma manual).

Igualmente, se adjuntará una carta de presentación de la publicación del texto inédito, cediendo así, los derechos de dicha publicación a AIA, así como responsabilizándose del contenido de su artículo. Rubricado por el autor principal y de preferencia signado por todos los autores.

2. El Comité Editorial se reserva los derechos para la selección y publicación de los mismos.

3. El título de todo texto deberá ser tan corto como sea posible, siempre que contenga las palabras clave del trabajo, de manera que permita identificar la naturaleza y contenido de éste, aun cuando se publique en citas e índices bibliográficos. No se deben utilizar abreviaturas en el documento, a excepción de aquellas que se indiquen con paréntesis en la primera cita que se presente en el cuerpo del mismo. A continuación del título irá el nombre del autor(es).

4. En la redacción se respetarán las normas internacionales del *Comité Internacional para las Revistas Médicas*, relativas a las abreviaturas, o seguir la norma de los artículos publicados en *Avances en Investigación Agropecuaria* (AIA), tales como: literatura citada, símbolos, nomenclatura anatómica, zoológica, botánica, química, a la transliteración terminológica, sistemas de unidades, etc.

5. El formato de las ilustraciones debe ajustarse a las extensiones de archivo: “.tif”, “.jpg”.

En el caso de las fotografías (digitalizadas), deberán estar insertadas con claridad, con una resolución mínima de 300 ppp, en formato “.tif” y en blanco y negro.

Los cuadros y figuras, así como las propias fotografías deberán insertarse en el sitio exacto donde correspondan, en el cuerpo del texto. En el caso de las gráficas, también serán en blanco y negro o con tonalidades grises.

Las fórmulas y ecuaciones deben hacerse con un editor de ecuaciones o como ilustración, pero con una buena resolución gráfica (300 ppp).

6. La literatura citada sólo deberá contener los trabajos mencionados en el texto y viceversa; se escribirá de la manera siguiente:

### *Trabajos en revistas*

- Apellido del primer autor(es). Se ordenarán alfabéticamente. En caso de que tengan preposiciones (von, van, de, di u otras) se citarán después del apellido y la primera letra de su(s) nombre(s); ejemplo: Berg van den, R. En caso de apellidos compuestos se debe poner un guión entre ambos; ejemplo: Elías-Calles, E.

- Cuando existan dos autores, se anotará la conjunción “y” para especificar que se trata de sólo dos autores; siempre se utilizará un solo apellido por autor. Ejemplo: García-Ulloa, M. y García, J. C.
- Cuando sean más de dos autores, se anotará una coma después de cada apellido, seguido de la(s) letra(s) iniciales de los nombres de los autores, así como un punto y coma entre cada autor; ejemplo: López, B.; Carmona, M. A.; Bucio, L. y Galina, M. A.
- Año de aparición del trabajo.
- El título del trabajo se anotará íntegramente, en letras cursivas. En el caso de trabajos en español, francés o inglés, los sustantivos se escribirán con minúsculas.
- Nombre de la revista en forma abreviada de acuerdo con el *Comité Internacional para las Revistas Médicas*.
- Número de volumen, número de revista entre paréntesis y enseguida dos puntos.
- Primera y última página del trabajo. Ejemplo: Palma, J. M.; Galina, M. A. y Silva, E. 1991. *Producción de leche con (Cynodon pleoctostachyus) utilizando dos niveles de carga y de suplementación*. Av. de Inv. Agropecuarias. 14(1):129-140.
- En el caso de citar varios trabajos del mismo autor se hará en orden cronológico.
- Cuando del mismo autor aparezcan varios trabajos publicados en el mismo año y con diferentes colaboradores, se citarán de acuerdo con el orden alfabético del nombre del segundo autor.
- Cuando sea el mismo autor y el mismo año se deberá incluir entre paréntesis las letras (a) (b), progresivamente.
- Si se tratara de publicaciones que estén en prensa, habrá de citarse la revista con la anotación (en prensa). Las comunicaciones personales (sólo escritas, no verbales) no deberán figurar en la lista de la literatura citada. Se mencionarán como nota de pie de página.

## Libros

Se citarán de igual forma que las publicaciones periódicas, pero se anotará la editorial y el país de publicación después del título. Ejemplo: Reyes, C. P. 1982. *Bioestadística aplicada*. Editorial Trillas. México. 217 pp.

Cuando se trate del capítulo de un libro de varios autores, se debe poner el nombre del autor del capítulo, luego el título del capítulo, después el nombre de los editores y el título del libro, seguido del país, la casa editorial, año y las páginas que abarca el capítulo.

## Tesis

Se anotarán igual que las publicaciones periódicas, señalándolo en particular el nivel, licenciatura, maestría o doctorado, la institución y el país. Ejemplos:

Rodríguez, J. P. 1992. *Evaluación del consumo voluntario aparente en ganado de engorda mediante un modelo de simulación*. Tesis de licenciatura. Fes-Cuautitlán, Universidad Autónoma de México. Cuautitlán, Estado de México. México.

Palma, J. M. 1991. *Producción de leche en el trópico seco utilizando pasto estrella africana (Cynodon plectostachyus) o ensilado de maíz*. Tesis de maestría. FMVZ. Universidad Nacional Autónoma de México. México. D. F.

En caso de libros que incluyan artículos de diferentes autores (anuarios, etc.) se citará siempre el apellido e iniciales del (de los) autor (es) del artículo en referencia, año, título del trabajo, título de la obra, nombre del (de los) editor (es), número de volumen en caso de que la obra conste de varios volúmenes, páginas, editorial y lugar donde apareció. Ejemplo: Hodgson, J. 1994. *Manejo de pastos: teoría y práctica*. Editorial DIANA. México, D. F. 252 pp.

## Conferencias

Conferencias o discusiones que únicamente se hayan publicado en las memorias del congreso se citarán como sigue:

- Apellido e iniciales del (de los) autor (es)
- Año de su publicación
- Título del trabajo en cursivas
- Nombre del congreso del que se trate
- Lugar donde se llevó a cabo el congreso
- Casa editorial
- Páginas

Ejemplo: Loeza, L. R.; Ángeles, A. A. y Cisneros, G. F. 1990. *Alimentación de cerdos*. Tercera reunión anual del Centro de Investigaciones Forestales y Agropecuarias del Estado de Veracruz, Veracruz. En: Zúñiga, J. L. y Cruz, J. A. Editores. pp. 51-56.

## Material electrónico

Cuando se emplee una referencia electrónica, se proporcionarán los siguientes campos: autor, fecha, título y anexar la dirección consultada (URL) y la fecha de la consulta.

Los artículos de una revista se anotarán de la siguiente forma: autor, fecha, título, revista, volumen, páginas. Obtenido de la red mundial en (fecha): dirección en la red (URL).



Ejemplo: Sánchez, M. 2002. *Potencial de las especies menores para los pequeños productores*. <http://www.virtualcentre.org/es/en/keynote4.htm> (Consultada el 20 enero de 2003).

Los nombres científicos y otras locuciones latinas se deben escribir en cursivas.

### Abreviaturas

Las abreviaturas de uso más frecuente se anotarán de la forma siguiente:

cal	Caloría (s)
cm	Centímetro (s)
°C	Grado centígrado
g	Gramo
ha	Hectárea
h	Hora (s)
i. m.	Intramuscular (mente)
i. v.	Intravenosa (mente)
J	Joule
kg	Kilogramo (s)
km	Kilómetro (s)
l	Litro (s)
log	Logaritmo decimal
Mcal	Megacaloría (s)
MJ	Megajoule
m	Metro (s)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
$\mu$ g	Microgramo (s)
$\mu$ l	Micro litro (s)
$\mu$ m	Micrómetro (s) (micra(s) )
mg	Miligramo (s)
ml	Mililitro (s)
mm	Milímetro (s)
min	Minuto (s)
ng	Nanogramo (s)
P	Probabilidad (estadística)
Pág.	Página
PC	Proteína cruda
PCR	Reacción en cadena de polimerasa
pp.	Páginas
ppm	Partes por millón

%	Por ciento (con número)
rpm	Revoluciones por minuto
seg	Segundo (s)
t	Tonelada (s)
TND	Total de nutrientes digestibles
UA	Unidad animal
UI	Unidades internacionales
vs	Versus
xg	Gravedades

Cualquier otra abreviatura se pondrá entre paréntesis inmediatamente después de la(s) palabra(s) completa(s).

*III) El procedimiento y evolución para cada texto que arribe a AIA es el siguiente:*

1. *Recepción.* Todos los autores que envíen sus textos a AIA recibirán, en primera instancia, una Carta de recepción formal en la que se les señalará si su documento cumple con los requisitos estipulados en estas normas. Cuando se encuentre completo, se enviará a los árbitros designados.

2. *Arbitraje.* El editor someterá todos los trabajos a árbitros de reconocido prestigio en su área de especialidad, nacionales y extranjeros. Los trabajos deberán ser aprobados por dos árbitros. Asimismo, los autores pueden sugerir al editor, lectores especializados que deberán tener las características señaladas con anterioridad.

3. *Dictamen.* En su oportunidad, sean aceptados o no los artículos, los autores recibirán una Carta-Dictamen formal de AIA en la que se especificará el veredicto de los revisores, en la que se explicará claramente los motivos por los que se acepta o rechaza; o bien, las modificaciones que deberán hacerse para ser reevaluados y, en su momento, publicados.

4. *Aceptación.* Posteriormente, una vez que sea aprobado un artículo, igualmente, los autores recibirán una Carta de aceptación formal en la que se indicará con precisión el volumen y el número de AIA en el que será publicado su documento.

5. *Publicación.* AIA enviará un archivo digitalizado —en versión PDF— a cada uno de los autores de la edición correspondiente. Si éstos desean la versión impresa, será mediante la respectiva suscripción anual.

## AVANCES EN INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (AIA)

---

### DIRECTOR

José Manuel Palma García CUIDA-U. de C.

### CONSEJO EDITORIAL

Agustín Orihuela Trujillo	FCA-UAEM	México	Janet Hummel Olivier	FMVZ-U. de C.	México
José Manuel Palma García	CUIDA-U. de C.	México	Rafael Herrera	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Milagros Milera Rodríguez	E. E. P. F. "Indio Hatuey"	Cuba			

### COMITÉ EDITORIAL

Alfonso Pescador Rubio	CUIDA – U. de C	México	Hilda Machado Martínez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Agustín Orihuela Trujillo	FCA – UAEM	México	Javier Valencia Méndez	FMVZ – UNAM	México
Anesio Mesa Sardiñas	EEPF. "Indio Hatuey"	Cuba	Humberto Jordán Vázquez	Instituto de Ciencia Animal	Cuba
Aslam Díaz	Instituto de Ciencia Animal	Cuba	Manuel García-Ulloa Gómez	LCM – UAG	México
Elaine Espino Barr	CRIP – Manzanillo	México	Martha Hernández Chávez	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba
Félix Ojeda García	EEPF "Indio Hatuey"	Cuba	Octavio Pérez Zamora	INIFAP – Colima	México
Jaime Molina Ochoa	FCBA – U. de C	México	Salvador Guzmán González	FCBA – U. de C.	México

### Coordinadora editorial

Ma. Eugenia Rocha Zamora

### Edición

Alberto Vega Aguayo

### Diseño

Alma Patricia Álvarez González

### Montaje

Pablo César Oliva Brizuela

### Fotografía (portada)

José Manuel Palma García: **Panicum** (*Cochlospermum vitifolium*) (Willd.) Sprengel

### Traducción al inglés

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").
- LATINDEX: [www.latindex.org](http://www.latindex.org)
- PERIÓDICA: <http://dgb.unam.mx/periodica.html>
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA: <http://www.citchile.cl/b2c.htm>
- REDALyC: [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)
- REDZOOT: [www.uco.es/redzoot](http://www.uco.es/redzoot)

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@uocol.mx](mailto:revaia@uocol.mx) / [aiagropecuarias@yahoo.com.mx](mailto:aiagropecuarias@yahoo.com.mx)

José Manuel Palma García: [palma@uocol.mx](mailto:palma@uocol.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. Apartado Postal No. 22 Colima, Col. (México) <http://www.uocol.mx/revaia>

© 2010. Universidad de Colima

Av. Universidad no. 333 Colima, Col., 28040, México.

Dirección General de Publicaciones

[publicac@uocol.mx](mailto:publicac@uocol.mx) / Tels. (312) 31 6 10 81 y 31 6 10 00, ext. 35004

Comercializadora U. de C. [comerci@uocol.mx](mailto:comerci@uocol.mx) Tel. (312) 31 3 84 84