

Índice

Efectos del glicerol al inicio de la lactancia en la producción y calidad de la leche de vacas Holando en pastoreo	5
<i>Álvaro Delgado, María de los Ángeles Bruni, Juana Luz Galindo, Juan Pablo Marchelli, Duniesky Rodríguez y Pablo Chilibroste</i>	
Evaluación del probiótico Sorbial en indicadores productivos y reproductivos de vacas lecheras en pastoreo, bajo condiciones del trópico	19
<i>Julio Jesús Reyes, Francisco Alfonso, Sara Rey, Yordany Rodríguez y Aída Noda</i>	
Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de <i>Pennisetum purpureum</i>	33
<i>Rafael S. Herrera García, Manuel García Martínez y Ana M. Cruz Santillán</i>	
Preferencia y consumo de diferentes partes morfológicas de <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla) por ovinos	43
<i>César Lara, Alejandra del Viento y José Manuel Palma</i>	
Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México	53
<i>María Leonor Román Miranda, Antonio Mora Santacruz y Gerardo A. González Cueva</i>	
<i>Indicaciones para los autores</i>	73

Index

Effects of glycerol at the beginning of lactation on the production and quality of milk from grazing Holstein cows	5
<i>Álvaro Delgado, María de los Ángeles Bruni, Juana Luz Galindo, Juan Pablo Marchelli, Duniesky Rodríguez y Pablo Chilibroste</i>	
Evaluation of Sorbial probiotic on productive and reproductive indicators of dairy cows grazing under tropical conditions	19
<i>Julio Jesús Reyes, Francisco Alfonso, Sara Rey, Yordany Rodríguez y Aída Noda</i>	
Relation between some climatic factors and height, yield and population of <i>Pennisetum purpureum</i> clones	33
<i>Rafael S. Herrera García, Manuel García Martínez y Ana M. Cruz Santillán</i>	
Preference and consumption of different morphological parts of <i>Ricinus communis</i> L. (castor) in sheep	43
<i>César Lara, Alejandra Del Viento y José Manuel Palma</i>	
Agroforestry systems with timber and non-timber forest species important in the dry tropics of Mexico	53
<i>María Leonor Román Miranda, Antonio Mora Santacruz y Gerardo A. González Cueva</i>	
<i>Instructions for authors</i>	81

Efectos del glicerol al inicio de la lactancia en la producción y calidad de la leche de vacas Holando en pastoreo

Effects of glycerol at the beginning of lactation on the production and quality of milk from grazing Holstein cows

**Álvaro Delgado,^{1*} María de los Ángeles Bruni,²
Juana Luz Galindo, Juan Pablo Marchelli,²
Duniesky Rodríguez¹ y Pablo Chilbroste²**

¹ Instituto de Ciencia Animal (ICA)
Apartado Postal 24
San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

² Facultad de Agronomía
Universidad de la República del Uruguay
Paysandú, Uruguay.

* Correspondencia: adgarcia@ica.co.cu

Resumen

Se utilizaron 18 vacas Holando (16 múltiparas y 2 primíparas), en los primeros 60 días de lactancia, para evaluar el efecto de sustituir maíz por glicerol en la producción y calidad de la leche. Las vacas se dividieron en dos tratamientos y se vincularon a un sistema de alimentación compuesto por pastoreo nocturno y consumo de una ración totalmente mezclada parcial (RTMp) en comedero, en el horario de la mañana. La RTMp estuvo compuesta por ensilaje de sorgo y concentrado; este último definió los tratamientos. En el tratamiento control se empleó un concentrado que contenía maíz (38.60% en base fresca) y en el otro, se sustituyó el maíz por glicerol crudo con 76.50% de pureza. Para el procesamiento estadístico se utilizó un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo, con el uso del procedimiento MIXED de SAS 9.2 (2010). El tratamiento no influyó en la producción de leche. Dentro de

Abstract

Eighteen Holstein cows (16 multiparous and 2 primiparous) were used in the first 60 days of lactation, to evaluate the effect of replacing corn by crude glycerin in the production and quality of milk. The cows were divided into two treatments and were linked to a feeding system composed by nocturnal grazing and consumption of a fully mixed partial ration (FMPR) in a feeder in the morning time. The FMPR was composed of sorghum silage and concentrate; the latter defined the treatments. In the control treatment a concentrate containing corn (38.60% on a fresh basis) was used and in the other, corn was replaced by crude glycerol at 76.50% purity. For statistical processing, a mixed model of time-repeated measures was used, using the MIXED procedure of SAS 9.2 (2010). The treatment did not influence milk production. Within the milk quality indicators, only the percentage of fat and the urea nitrogen

los indicadores de calidad de la leche sólo se afectaron el porcentaje de grasa y el contenido de nitrógeno ureico en leche. Los niveles más altos se obtuvieron en el tratamiento control con 3.66% y 20.7 mg.dL⁻¹, respectivamente; mientras que el tratamiento con glicerol arrojó valores de 3.36% y 17.88 mg.dL⁻¹. Por tanto, se concluye que el glicerol crudo se puede utilizar hasta en un 9% de la materia seca, en dietas de vacas altas productoras al inicio de la lactancia; y se recomienda su empleo por los beneficios que se pueden obtener desde el punto de vista económico y ambiental.

Palabras clave

Glicerol, sustitución, leche, calidad, pastoreo.

content in milk were affected. The production values of milk yielded no differences between the treatments. Among the indicators of quality of milk only the percentage of fat and urea nitrogen content of milk were affected, these were higher in the control group with 3.66% and 20.7 mg.dl⁻¹, respectively, while the treatment with glycerol returned values of 3.36% and 17.88 mg.dl⁻¹. Therefore, it is concluded that the proportion of glycerol proposed in this work can be used in high-producing cows in early lactation and its use is recommended for the benefits to be gained from an economic and environmental perspective.

Keywords

Glycerol, replace, milk, quality, grazing.

Introducción

El periodo de transición es una de las etapas más críticas del ciclo productivo de las vacas lecheras (García y Hippen, 2008). Se caracteriza por un incremento en los requerimientos nutritivos. Esto, sumado a la disminución en la ingestión de materia seca, genera un desbalance de nutrientes (Wheeler, 2010); sobre todo, de energía, lo que se conoce como balance energético negativo (BEN) (Grummer y Rastani, 2003).

Según Walsh *et al.* (2007), el BEN puede ocasionar trastornos metabólicos que se reflejan con afectaciones de los indicadores productivos y reproductivos. Una de las vías más empleadas con el fin de minimizar sus efectos perjudiciales es el empleo de alimentos concentrados, capaces de incorporar a la dieta una mayor cantidad de nutrientes por una menor unidad de volumen. Sin embargo, el uso irracional de los concentrados se relaciona con trastornos a nivel del rumen que afectan el estado de salud del animal y, en ocasiones, llegan a comprometer su vida.

Por otro lado, el concentrado resulta ser el alimento más costoso; por lo que la sustitución de determinada cantidad del mismo por una fuente más barata de nutrientes puede aumentar la rentabilidad del sistema, siempre y cuando no se afecte la producción y calidad de la leche.

Los subproductos agroindustriales constituyen una alternativa en la suplementación de vacas lecheras, que disminuyen los costos de producción. Los altos volúmenes que se generan de glicerol, como subproducto en la fabricación de biodiesel, propician su empleo en la alimentación animal y evita que se convierta en un contaminante del medio ambiente (Donkin, 2008; Mota *et al.*, 2009).

Generalmente, se emplea en sustitución del maíz ya que aporta cantidades similares de energía (Donkin *et al.*, 2009). Son varios los trabajos que utilizan el glicerol en sustitución

del maíz; incluso, en el periodo de transición, pero son pocos los que lo emplean en sistemas de pastoreo. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la sustitución de maíz por glicerol sobre la producción y calidad de la leche de vacas Holando en pastoreo.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) Ruta 3, km 363, Facultad de Agronomía, Departamento de Paysandú, Uruguay (32.5° de latitud Sur y 58° de longitud Oeste). Tuvo una duración de 74 días y se llevó a cabo entre los meses de agosto y octubre de 2012.

Se utilizaron 18 vacas Holando (16 multíparas y dos primíparas), con una condición corporal promedio preparto de 3.04 (\pm 0.26); la cual se determinó según Edmonson *et al.* (1989), un peso vivo promedio preparto de 687.87 (\pm 102.26) kg y, aproximadamente, 3.17 (\pm 1.42) lactancias.

En los primeros 10 días de lactancia las vacas se adaptaron a la dieta que se emplearía en la fase experimental. Posteriormente, se ubicaron en corrales individuales con sombra, acceso al agua y al alimento correspondiente al tratamiento, en el horario de la mañana. El glicerol se suministró sobre la ración totalmente mezclada parcial (RTMp) correspondiente. El pastoreo se realizó en parcelas independientes después del ordeño de la tarde, entre las 17:30 y las 02:30 horas.

La asignación a los tratamientos se llevó a cabo por número de lactancia, fecha probable de parto, condición corporal y peso vivo, nueve días previos al parto. Los mismos indicadores fueron tomados en cuenta para la conformación de los bloques.

La alimentación se basó en pasto de festuca (*Festuca arundinacea*), lotus (*Lotus corniculatus*) y trébol blanco (*Trifolium repens*) con una RTMp, la cual definió los tratamientos.

-Tratamiento control, T Control: 22 kg de ensilaje de sorgo + 7.50 kg de concentrado A (38.60% de maíz).

-Tratamiento con glicerol, T Glicerol: 22 kg de ensilaje de sorgo + 5 kg de concentrado B (sin maíz) + 3 kg de glicerol crudo (76.50% de pureza).

Los componentes del concentrado y la composición química del ensilaje se muestran en los cuadros 1 y 2, respectivamente.

Cuadro 1
Composición de los concentrados utilizados en base fresca.

<i>Alimento</i>	<i>Concentrado A (%)</i>	<i>Concentrado B (%)</i>
Maíz grano	38.60	—
Trigo	12.90	21.00
Exp. Soja	25.80	42.00
Afrechillo trigo	19.30	31.50
Sal común	0.64	1.05
CaCO ₃	0.64	1.05
Fosfato bi Ca	0.64	1.05
Óxido Mg	0.20	0.30
Bicarbonato Na	1.00	1.60
Núcleo ACA ¹	0.30	0.50
Materia seca	90.12	89.53

¹Aporte por kg: Vitamina A (6000000 UI), Vitamina D3, (1200000 UI), Vitamina E (14000 UI), Ca (135 g), P (1,2 g), Mg (10 g), Cu (6 g), Zn (40 g), Mn (35 g), Fe (42 g), I (0,95 g), Se (0,12 g), Co (0,6 g).

Cuadro 2
Composición química del ensilaje de sorgo (planta entera).

<i>Parámetros</i>	<i>Valores</i>	<i>Método analítico</i>
Materia seca, %	29.20	GAFTA N°130 2:0
pH	3.89	pH-metro
Proteínas (Nx6.25), %	7.20	GAFTA N°130 4:0
Fibra detergente ácida, %	24.00	ANKOM Technology Method (A200/A220)
Fibra detergente neutra, %	48.00	ANKOM Technology Method (A200/A220)
Nitrógeno amoniacal, %	0.12	GAFTA N°130 4:0

La disponibilidad de forraje (kg MS.ha⁻¹) se estimó por el método comparativo adaptado de Haydock y Shaw (1975) con una escala de cinco puntos y tres réplicas, tomadas en áreas representativas de la pastura. Los valores de 2,358 (±718) y 2,285 (±765) kg MS.ha⁻¹ garantizaron aproximadamente 11 días de estancia en la parcela, con niveles residuales por encima de 60 kg.vaca.⁻¹ha⁻¹ (aproximadamente 97 kg.vaca.⁻¹ha⁻¹).

Las muestras de alimento para el análisis químico se recolectaron en las semanas seis y nueve del experimento. La oferta y rechazo de la RTMp se muestrearon diariamente. Se tomaron cantidades similares en el caso del ofrecido, aproximadamente 500 g y 10% del

rechazo para conformar muestras semanales por animal y por periodo de determinación. La pastura se muestreó mediante la técnica de simulación de pastoreo o *Hand Plucking* (Le-Du y Penning, 1982) y se hizo una muestra compuesta por tratamiento para cada periodo de determinación.

Las muestras de alimentos se secaron en estufa de aire forzado a 60°C, hasta obtener peso constante, y se molieron en Molino Thomas-Wiley con malla de un milímetro. Posteriormente, se almacenaron en bolsas de nylon debidamente identificadas y se enviaron al Laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Agronomía (UDELAR) para determinar los contenidos de Cenizas (CEN, para estimar la materia orgánica), extracto al éter (EE) y PB (Kjeldahl N x 6.25), según AOAC (1990).

Se empleó un analizador de fibra (ANKOM 220) para determinar la fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y lignina, según procedimiento de Van Soest *et al.* (1991). Los carbohidratos no fibrosos se estimaron por diferencia entre la materia seca y las restantes fracciones determinadas (NRC, 2001). La energía neta de lactancia se calculó según la metodología propuesta por el (NRC, 2001). La composición química de los alimentos se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3
Composición química de los alimentos correspondientes
al T Control y T Glicerol base seca ($\bar{x} \pm DS$).

Componentes	RTMp		Pasturas	
	T Control	T Glicerol	T Control	T Glicerol
Materia seca,%	55.0±4.3	55.8±3.9	20.6±3.7	21.9±3.1
Materia orgánica,%	93.4±0.4	92.7±0.3	88.3±1.0	88.3±0.4
Proteína bruta,%	11.7±0.7	10.6±1.2	16.1±0.7	14.6±0.3
FDN ¹ ,%	31.7±0.6	29.7±1.9	53.1±2.9	55.2±3.9
FDA ² ,%	14.5±1.2	13.7±1.3	23.8±6.5	27.9±2.7
Extracto etéreo,%	0.5±0.4	4.6±3.4	1.4±0.7	0.9±0.1
CNF ³ ,%	49.5±0.7	47.9±1.0	17.6±3.7	17.4±3.9
EN _L ⁴ , Mcal.kg MS ⁻¹	1.43	1.62	0.96	0.94

¹Fibra detergente neutra, ²Fibra detergente ácida, ³Carbohidratos no fibrosos, CNF=100-(%FDN+%PB+%EE+%CEN), ⁴Energía neta de lactancia. RTMp: ración totalmente mezclada parcial.

La producción de leche se registró individualmente en cada ordeño de los 74 días de prueba con el uso de medidores (Waikato Milking Systems NZ Ltd., Waikato, Hamilton, New Zealand). Para determinar la calidad, se tomaron muestras semanales de dos ordeños consecutivos (pm y am), a las cuales se les adicionó dicromato de potasio, a razón de 0.06 g.100 mL⁻¹ de leche y se conservaron en refrigeración para su posterior envío al laboratorio. Se analizó el contenido de grasa, proteína, lactosa, urea y recuen-

tos celulares mediante el método de espectroscopia de infrarrojo cercano (*Near Infrared Reflectance Spectroscopy*-NIRS, Milko-Scan, FOSS Electric, HillerOd, Denmark).

A partir de la producción y la calidad de la leche, se calculó la leche corregida por grasa (LCG). Para ello, se utilizó la fórmula propuesta por Gaines (1928).

$$\text{LCG } 4\% \text{ (kg.)} = 0.4 \times \text{kg leche} + 15 \times \text{kg grasa.}$$

También, se calculó la leche corregida por energía (LCE), según la ecuación de Orth (1992).

$$\text{LCE (kg)} = [(0.327 \times \text{kg leche}) + (12.95 \times \text{kg grasa}) + (7.2 \times \text{kg proteína})]$$

A la composición química se le determinaron estadígrafos de posición (media,) y de dispersión (desviación estándar, DS).

La información productiva se analizó por un modelo mixto de medidas repetidas en el tiempo, con el uso del procedimiento MIXED de SAS 9.2 (SAS, 2010). El modelo incluyó los efectos fijos de los tratamientos, semana de lactancia y la interacción semana de lactancia \times tratamiento y bloque como efecto aleatorio.

La unidad experimental sobre la que se realizaron las medidas repetidas fue la vaca. La estructura de covarianza elegida fue una estructura de primer orden heterogénea y auto-regresiva en base al criterio de Kenward-Roger. Las medias se compararon usando la prueba de Tukey y Kramer (Kramer, 1956) y un efecto se reportó como significativo cuando $P < 0.05$.

Modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + S_k + (TS)_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} : Variable dependiente (PL, LCG, LCE, Grasa, Proteína, Lactosa, MUN y RC)

μ : es la media general

β_i : es el efecto del i -ésimo bloque ($i: 1,2...9$)

T_j : es el efecto del j -ésimo tratamiento ($j:1,2$)

S_k : es el efecto de la k -ésima semana ($k:3,4...9$)

$(TS)_{jk}$: interacción tratamiento por semana

ε_{ijk} : error experimental

Resultados

No se encontró diferencia para la producción de leche con relación al tratamiento. Dentro de los indicadores de calidad de la leche sólo se afectaron ($P < 0.05$) el porcentaje de grasa y contenido de nitrógeno ureico. Ambos indicadores bajaron en el tratamiento donde se empleó el glicerol, con 0.30 para el porcentaje de grasa y 2.82 g.dL⁻¹ en el contenido de nitrógeno ureico. El efecto semana influyó, en la mayoría de los indicadores, con excepción del porcentaje de lactosa y los recuentos celulares (cuadro 4).

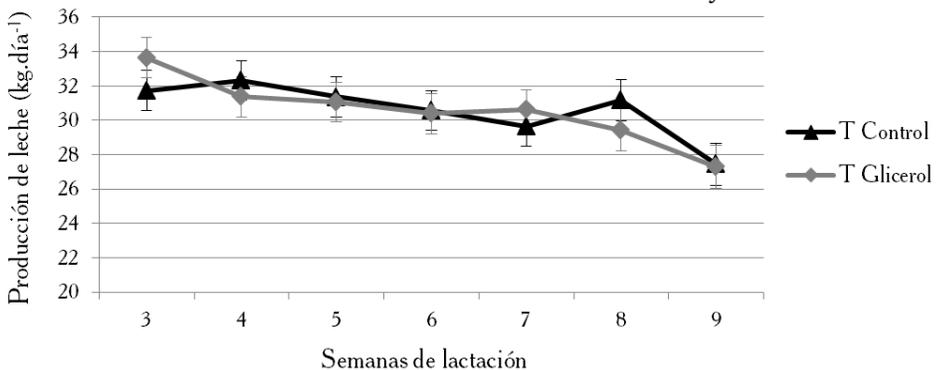
Cuadro 4
Producción y calidad de la leche de vacas Holando
al inicio de la lactancia correspondiente al T Control y T Glicerol.

Variable	Tratamientos		±EE	Efectos P – valor		
	T Control	T Glicerol		Tratamiento	Semana	Trat. *Sem
PL ¹ , kg.día ⁻¹	30.61	30.63	1.00	0.9871	0.0001	0.0614
LCC ² , kg.día ⁻¹	28.09	27.28	0.78	0.4712	0.0001	0.6619
LCE ³ , kg.día ⁻¹	30.38	29.62	0.86	0.5439	0.0001	0.6531
Grasa, %	3.66	3.36	0.09	0.0323	0.0067	0.1386
Proteína, %	3.13	3.02	0.06	0.1989	0.0044	0.2425
Lactosa, %	4.85	4.87	0.04	0.6602	0.4298	0.4437
MUN ⁴ , mg.dL ⁻¹	20.70	17.88	0.55	0.0001	0.0446	0.1533
RC ⁵ × 10 ³ .mL ⁻¹	1.94	2.10	0.14	0.4466	0.5094	0.7421

Diferencia significativa con P<0.05 (Kramer, 1956).¹Producción de leche, ²Leche corregida por grasa (4%), ³Leche corregida por energía, ⁴Nitrógeno ureico en leche, ⁵Recuentos celulares.

La figura 1 muestra la producción de leche, la cual tiene una tendencia a la disminución con relación al tiempo, para ambos tratamientos. El valor más elevado, para el tratamiento control, se obtuvo en la cuarta semana, con 32.32 kg.día⁻¹; y descendió hasta 27.44 kg.día⁻¹, en la novena semana. Lo mismo ocurrió en el tratamiento donde se empleó el glicerol, el cual comenzó con 33.64 kg.día⁻¹ en la tercera semana y en la novena sólo se produjo 27.29 kg.día⁻¹.

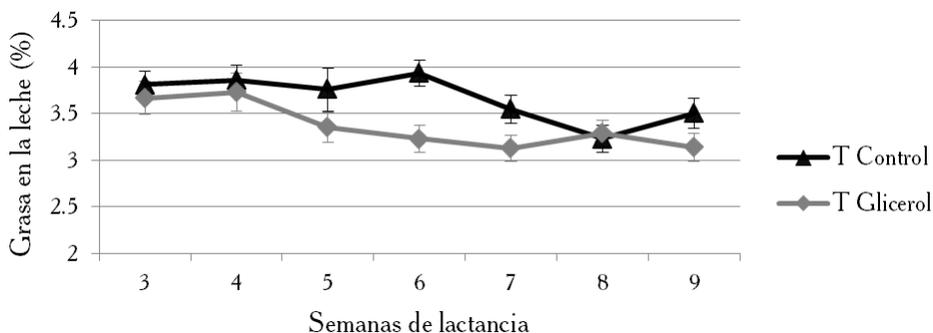
Figura 1
Producción de leche de vacas Holando del T Control y T Glicerol.



En la figura 2 se muestra el porcentaje de grasa de la leche, el cual tiene resultados variables con relación al tiempo. El tratamiento control experimenta un valor máximo para este indicador en la semana seis, momento en el que se observa mayor diferencia en ambos tratamientos (P<0.05).

Figura 2

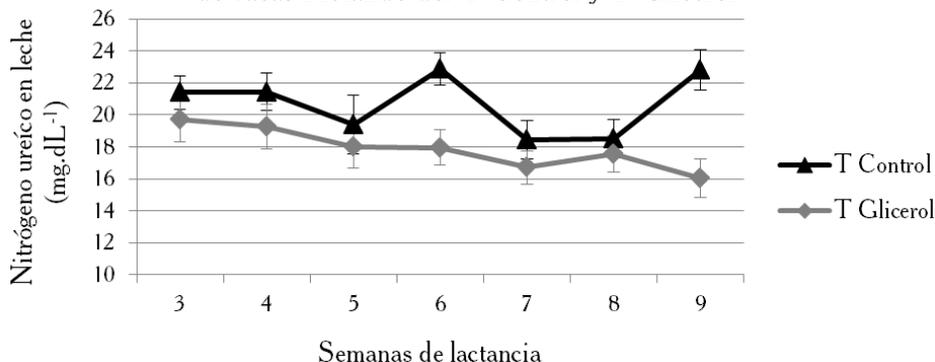
Porcentaje de grasa en la leche de vacas Holando del T Control y T Glicerol.



En la figura 3 se expone el nitrógeno ureico en leche. El tratamiento con glicerol mostró una tendencia al descenso con relación al tiempo. El tratamiento control, por su parte, incrementó los niveles de N ureico en las semanas seis y nueve.

Figura 3

Contenido de nitrógeno ureico en la leche de vacas Holando del T Control y T Glicerol.



En el cuadro 5 se puede observar el volumen de concentrado suministrado a cada vaca, diariamente; el cual se divide según sus componentes. Además, se informan los precios de los mismos.

Cuadro 5
Análisis económico.

Alimento	Precios,	Ofrecido, kg.vaca ¹ .día ¹		Ofrecido, US \$	
	US \$.t ¹	T Control	T Glicerol	T Control	T Glicerol
Maíz	250	2.90	-	0.73	-
Trigo	275	0.97	1.05	0.27	0.29
Exp. Soja	300	1.94	2.10	0.58	0.63
Afrechillo de trigo	155	1.45	1.58	0.22	0.24
Glicerol	115	-	3.00	-	0.35
Total	-	7.26	7.73	1.80	1.51

Discusión

Debido al desarrollo vertiginoso de la producción de biocombustibles, se han generado volúmenes considerables de glicerina, que ha excedido la capacidad de utilización por parte de las industrias químicas y farmacéuticas (Donkin, 2008). Esto sugiere una disminución en su precio, lo que fortalece la idea de emplearlo en mayores proporciones, como sustituto de concentrados energéticos (Kerr *et al.*, 2007); y, de esta forma, aumentar la eficacia biológica y financiera de la producción de biodiesel (Zacaroni, 2010).

Por otro lado, con esto se evita que se dañe el aspecto ecológico del biodiesel, ya que el excedente puede ser vertido al medio, convirtiéndose en otro contaminante (Mota *et al.*, 2009).

El empleo del glicerol, además de disminuir los costos de producción, mantiene los niveles productivos. Esto se puede corroborar en los trabajos realizados por Shin *et al.* (2012) y Zymon *et al.* (2012). Bodarski *et al.* (2005) por su parte, incrementaron la producción de leche en 4.7 kg.día⁻¹, lo que está relacionado, fundamentalmente, con el aumento en el consumo. Echeverría *et al.* (2010) también incrementaron la producción de leche en aproximadamente 2.4 kg.día⁻¹ para los tratamientos que recibieron glicerol. Ellos lo evaluaron en la etapa de lactancia media. En este periodo, generalmente, la producción va en descenso y el mantenimiento en la persistencia de la curva de lactancia pudiera ser la causa de este incremento.

En el presente estudio este indicador muestra una tendencia a disminuir con relación al tiempo, para ambos tratamientos. Chung *et al.* (2007) también informaron descenso en la producción a partir de los 32 días para el tratamiento control y se mantuvo constante, después de la cuarta semana, para el tratamiento donde se suplementó con glicerol; mientras que Nicolini *et al.* (2013) informaron la máxima producción de leche en la duodécima semana de lactancia.

La leche corregida por grasa (4%) y leche corregida por energía relaciona la producción con los indicadores de calidad de la misma; y por esa razón resultan importantes al valorar la eficiencia del sistema. El tratamiento no influyó en la producción de leche co-

rregida por grasa. Lo mismo ocurrió en los trabajos realizados por Carvalho *et al.* (2011) y Shin *et al.* (2012). La leche corregida por energía tampoco se modificó con el empleo de glicerol; sin embargo, DeFrain *et al.* (2004) observaron una tendencia a disminuir con los niveles de glicerol empleados y lo atribuyeron al menor contenido de grasa en la leche para estos tratamientos.

La fermentación de los carbohidratos en el rumen origina ácidos grasos de cadena corta, dentro de los que se encuentra el acético; el cual es el principal precursor de la grasa de la leche. Por lo tanto, la disminución en el porcentaje de grasa, para el tratamiento donde se empleó el glicerol, puede estar relacionada con bajos niveles de acético en el rumen. Las dietas que contienen glicerol, por lo general, tienden a disminuir la proporción de acético a expensas de una mayor producción de propiónico. DeFrain *et al.* (2004) no obtuvieron diferencia en estos ácidos grasos volátiles en el parto. Sin embargo, en el postparto el empleo de glicerol aumentó los niveles de propiónico con una disminución en la relación acético: propiónico. Carvalho *et al.* (2011) y Marchelli *et al.* (2015) también observaron disminución en la relación acético: propiónico al incorporar glicerol a la dieta.

Shin *et al.* (2012) informaron modificaciones en el porcentaje de grasa, con los valores más elevados, al incorporar el 5% de la materia seca de la dieta en forma de glicerol. Chung *et al.* (2007) y Carvalho *et al.* (2011), por su parte, no encontraron diferencias en este indicador con relación al tratamiento.

Los resultados de grasa, 3.66% para el tratamiento control y 3.36% para el tratamiento con glicerol, respectivamente, fueron inferiores a los obtenidos por DeFrain *et al.* (2004) y Carvalho *et al.* (2011); quienes mostraron valores por encima del 4% y superiores a los informados por Zymon *et al.* (2012), con un rango entre 3.17 y 3.45%.

Los porcentajes de proteína y la lactosa son similares en ambos tratamientos. Chung *et al.* (2007) y Carvalho *et al.* (2011) tampoco observaron diferencias en estos indicadores de la calidad de la leche. El porcentaje de lactosa, 4.85 y 4.87%, para los tratamientos control y con glicerol, respectivamente, es similar al rango obtenido por Zymon *et al.* (2012), entre 4.7 y 4.79%. Lo mismo ocurre con la proteína. La lactosa no se modificó con relación al tiempo, lo que refuerza lo planteado por Galvis (2004), cuando se refiere a la lactosa como el componente de la leche de menor variabilidad.

El amoníaco que no es utilizado por las bacterias del rumen, para la síntesis de proteína microbiana, se absorbe y es llevado al hígado para ser convertido en urea. Parte de esta urea se reincorpora al rumen (reciclaje de la urea) y el resto es transportada por la sangre para su posterior excreción en la orina y la leche. Gracias a esto, las mediciones de nitrógeno ureico en sangre y leche permiten valorar la relación amoníaco-energía a nivel del rumen (Cerón-Muñoz *et al.*, 2014). Por lo tanto, la disminución de los niveles de nitrógeno ureico en leche para el tratamiento con glicerol pudo estar relacionada con un efecto decreciente en la producción de amoníaco a nivel del rumen, o un mejor aprovechamiento de éste, como resultado de una mayor disponibilidad de energía, y por consiguiente, incremento en la síntesis de proteína microbiana.

Lage *et al.* (2010) demostraron que la inclusión de glicerol crudo, hasta un 12% de la materia seca en dietas de rumiantes, aumenta la digestibilidad de los carbohidratos no

fibrosos, lo que incrementa la producción de energía. Con relación a esto, Cardoso *et al.* (2015) plantearon que el NADH excedente de la entrada del glicerol a la vía de Glicólisis anaeróbica, se puede utilizar por los microorganismos del rumen para aumentar la eficiencia en la incorporación de amoníaco ruminal a la síntesis de proteína bacteriana. Este proceso podría justificar la reducción de amoníaco en el rumen y el nitrógeno ureico en sangre y leche.

Donkin *et al.* (2009) también obtuvieron una disminución en los niveles de urea en leche con el empleo del glicerol. Van Cleef *et al.* (2014) presentaron los menores tenores de urea cuando lo emplearon a razón del 7.50% de la materia seca; y sugieren que se debe a un mayor aporte de energía. Sin embargo, Carvalho *et al.* (2011) y Zymon *et al.* (2012) no mostraron efecto del tratamiento sobre este indicador. DeFrain *et al.* (2004), obtuvieron una tendencia a la disminución del nitrógeno ureico en leche para los tratamientos donde empleó el glicerol, sin experimentar cambios en el nivel de amoníaco en el rumen, en el postparto. Marchelli *et al.* (2015), tampoco informaron modificaciones del amoníaco en rumen con la inclusión de glicerol.

Los niveles de nitrógeno ureico obtenidos en este estudio, 20.7 y 17.88 mg.dL⁻¹, para los tratamientos control y con glicerol, respectivamente, son superiores a los informados por DeFrain *et al.* (2004) y Carvalho *et al.* (2011), quienes presentan valores por debajo de los 16 mg.dL⁻¹ y similares a los obtenidos por Zymon *et al.* (2012), con un rango entre 17.77 y 21.6 mg.dL⁻¹.

Los recuentos celulares tampoco se afectaron por la inclusión del glicerol en la dieta. Una de las principales causas que ocasiona el incremento de los recuentos celulares es la mastitis, debido a que el proceso infeccioso viene acompañado de la descamación de las células epiteliales. Este indicador tiene gran influencia de los factores medio ambientales, pero la nutrición puede afectarlo por la relación que tiene con el nivel inmunológico. El balance energético negativo puede deprimir el nivel inmunológico (Meglia, 2007), lo que trae consigo un incremento en la susceptibilidad a padecer de enfermedades propias del periparto; entre otras: mastitis, metritis y retención placentaria (Lam, 2013).

La falta de energía puede provocar cetosis (Walsh *et al.* 2007), como respuesta al catabolismo exagerado de las grasas. Este proceso incrementa los niveles sanguíneos de ácidos grasos no esterificados (Cavestany *et al.*, 2005), los cuales son llevados al hígado para convertirse en Acetil-CoA. Éste, tiene tres destinos: puede utilizarse como fuente de energía, esterificarse a triglicérido o seguir la vía de la cetogénesis (Noro y Barboza, 2012).

La cetosis, enfermedad que se relaciona con altos niveles de cuerpos cetónicos, tiene efecto directo en la depresión de la actividad inmunitaria (Lam, 2013). Por tanto, la medición de los recuentos celulares se puede tomar como punto de referencia a la hora de valorar los efectos del balance energético negativo. Carvalho *et al.* (2011) tampoco encontraron efecto del tratamiento sobre este indicador.

Sobre los recuentos celulares, además de la mastitis y la dieta, puede influir la etapa de lactancia. Generalmente, hay un mayor porcentaje de recuentos celulares en el inicio de la lactancia, pero el estudio sólo abordó los primeros 60 días post parto. Un estudio más prolongado, quizá, habría marcado un efecto semana sobre este indicador.

El análisis económico muestra un ahorro de casi US \$0.29.vaca⁻¹.día⁻¹, cuando se utilizó el glicerol en la dieta. Es importante señalar que este sistema permite pagar hasta US \$ 200.t⁻¹ de glicerol crudo. Sin embargo, el incremento en los niveles de producción de dicho subproducto sugiere disminución en su precio (Kerr *et al.*, 2007).

Conclusiones

La sustitución de maíz por glicerol en la dieta de vacas lecheras altas productoras, a razón del 9% de la materia seca, no afecta la producción de leche. Sin embargo, puede llegar a disminuir el porcentaje de grasa y de nitrógeno ureico en la misma. Por otro lado, la producción y calidad de la leche se afecta con relación al tiempo, con excepción de la lactosa y los recuentos celulares. Se recomienda el empleo de esta proporción de glicerol en la dieta de las vacas lecheras debido a los beneficios que se obtienen desde el punto de vista económico y ambiental; y se sugiere el estudio con otros niveles de inclusión.

Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC. 684 pp.
- Bodarski, R.; Wertelecki, T.; Bommer, F. y Gosiewski, S. (2005). The Changes of Metabolic Status and Lactation Performance in Dairy Cows Under Feeding TMR With Glycerin (Glycerol) Supplement at Periparturient Period. *EJPAU* (Topic: Animal Husbandry). 8(4): 1-9.
- Cardoso, E.O.; Santana de, H.A.; Fernandes, Z.; Carvalho, A.H.; Santos dos, M.; Lucas, M.E.; Borges, C. y Souza, M. (2015). Utilização da glicerina na dieta de vacas lactantes em pastagens. *Revista eletrônica nutritime* 12(1): 3857–3878.
- Carvalho, E.R.; Schmelz-Roberts, N.S.; White, H.M.; Doane, P.H. y Donkin, S.S. (2011). Replacing corn with glycerol in diets for transition dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94(2): 908–916.
- Cavestany, D.; Blanc, J.E.; Kulcsar, M.; Uriarte, G.; Chilibroste, P.; Meikle, A.; Febel, H.; Ferraris, A. y Krall, E. (2005). Studies of the transition cow under and pasture-based milk production system: metabolic profiles. *J. Vet. Med. A.* 52(1): 1-7.
- Cerón-Muñoz, M.F.; Henao, A.F.; Múnera-Bedoya, Ó.D.; Herrera, A.C.; Díaz, A.; Parra, A.M. y Tamayo, C.H. (2014). *Concentración de nitrógeno ureico en leche: interpretación y aplicación práctica*. Fondo Editorial Biogénesis. Medellín, Colombia. 26 pp.
- Chung, Y.H.; Rico, D.E.; Martínez, C.M.; Cassidy, T.W.; Noirot, V.; Ames, A. y Varga, G.A. (2007). Effects of feeding dry glycerol to early postpartum Holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. *J. Dairy Sci.* 90(12): 5682-91.
- DeFrain, J.M.; Hippen, A.R.; Kalscheur, K.F. y Jardon, P.W. (2004). Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. *J. Dairy Sci.* 87(12): 4195–4206.
- Donkin, S.S. (2008). Glycerol from biodiesel production: The new corn for dairy cattle. *R. Bras. Zootec.* 37 (Suplemento especial): 280-286.
- Donkin, S.S.; Koser, S.L.; White, H.M.; Doane, P.H. y Cecava, M.J. (2009). Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92(10): 5111–5119.
- Echeverría, W.; Mackinnon, L.; Alejandro, F. y Rótulo, J.P. (2010). *Efecto de la inclusión de niveles crecientes de glicerol en la dieta de vacas lecheras, sobre la producción y composición de la leche*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad de la República Oriental del Uruguay. Paysandú. Uruguay.
- Edmonson, A.J.; Lean, I.J.; Weaver, L.D.; Farver, T. y Webster, G. (1989). A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 72(1): 68-78.

- Gaines, W.L. (1928). *The energy basis of measuring milk yield in dairy cows*. Bulletin No, 308. University of Illinois agricultural experiment station. United States. 50 pp.
- Galvis, R.D. (2004). Consideraciones acerca de la sostenibilidad fisiológica de la vaca de alta producción lechera. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 17(3): 290-296.
- García, A. y Hippen, A. (2008). *Alimentación de las vacas lecheras para condición corporal*. <http://agbio-pubs.sdstate.edu/articles/ExEx4040s.pdf>. (Consultada el 28 de mayo de 2011).
- Grummer, R.R. y Rastani, R.R. (2003). When should lactating dairy cows reach positive energy balance? *ERPAS.* 19(3): 197-203.
- Haydock, K.P. y Shaw, N.H. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Animal Production Science*, 15(76): 663-670.
- Kerr, B.J.; Honeyman, M. y Lammers, P. (2007). *Feeding bioenergy coproducts to swine; crude glycerol*. <http://www.ipic.iastate.edu/publications/IPIC11b.pdf> (Consultada el 28 de mayo de 2011).
- Kramer, C.Y. (1956). Extension of multiple range tests to group means with unequal numbers of replications. *Biometric.* 12: 307-310.
- Lage, J.F.; Paulino, P.V.R.; Pereira, L.G.R.; Valadares-Filho, S.C.; Oliveira, A.S.; Detmann, E.; Souza, N.K.P. y Lima, J.C.M. (2010). Glicerina bruta na dieta de cordeiros terminados em confinamento. *PAB.* 45(9): 1012-1020.
- Lam, J. (2013). Monitoreo de cetosis bovina o acetonemia. *Revista Cooprinforma* 119: 6-9.
- Le-Du, Y.L.P. y Penning, P.D. (1982). *Animal based techniques for estimating herbage intake*. En: J. D. Leaver (Ed.). *Herbage Intake Handbook*. The British Grassland Society. Pp. 37-75.
- Marchelli, J.P.; Bruni, M.A. y Chilbroste, P. (2015). *Efecto de la sustitución de grano de maíz por glicerol crudo sobre el consumo y patrón de fermentación*. www.produccion-animal.com.ar (Consultada el 28 de mayo de 2015).
- Meglia, G.E. (2007). ¿Por qué las infecciones son más frecuentes al periparto? ¿Cuál es su relación con la nutrición de la vaca lechera? Jornada APROCAL-INTA Rafaela. Santa Fe, Argentina.
- Mota, C.J.A.; Silva da, C.X.A. y Goncalves, V.L.C. (2009). Glicerolquímica: Novos Produtos e Processos a partir da Glicerina de Produção de Biodiesel. *Quím. Nova*, 32(3): 639-649.
- Nicolini, P.; Chilbroste, P.; Laborde, D. y Meikle, A. (2013). Efecto del genotipo IGF-I sobre la producción de leche y la endocrinología metabólica en el periodo de transición en vacas lecheras en condiciones pastoriles. *SMVU*, 49(190): 16-27.
- Noro, M. y Barboza, C.S. (2012). Cetosis en rebaños lecheros: presentación y control. *Spei Domus.* 8(17): 48-58.
- NRC (National Research Council). (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th edition. National Academic Press, Washington DC. 406 pp.
- Orth, R. (1992). Sample Day and Lactation Report. DHIA 200 Fact Sheet A-2. Mid-States DRPC. Ames. IA.
- SAS Institute. (2010). *SAS/STAT 9.2. User`s Guide: Statistics, Version 9.2 Edition*. SAS Institute Inc. Universidad Estatal de Carolina del Norte. NC, United States.
- Shin, J.H.; Wang, D.; Kim, S.C.; Adesogan, A.T. y Staples, C.R. (2012). Effects of feeding crude glycerin on performance and ruminal kinetics of lactating Holstein cows fed corn silage or cottonseed hull-based, low-fiber diets. *J. Dairy Sci.* 95(7): 4006-4016.
- Van Cleef, C.B.; Haydt, E.; Ezequiel, B.; Maria, J.; Silva da, V.; Attuy, D.; Pastori, D.; Scarpino, D.O.; Pardo, P. y Mauricio, R. (2014). Glicerina cruda en la dieta de bovinos: efecto sobre los parámetros bioquímicos séricos. *RECIA.* 6(1): 86-102.
- Van Soest, P.V.; Robertson, J.B. y Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74(10): 3583-3597.
- Walsh, R.B.; Walton, J.S.; Kelton, D.F.; LeBlanc, S.J.; Leslie, K.E. y Duffield, T.F. (2007). The effect of subclinical ketosis in early lactation on reproductive performance of postpartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90(6): 2788-2796.
- Wheeler, B. (2010). *Recomendaciones para la alimentación de las vacas lecheras* http://www.portalechero.com/ver_items_descrip.asp?wVarItem=3987 (Consultada el 28 de mayo de 2011).

Zacaroni, O.F. (2010). *Respostas de vacas leiteiras à substituição de milho por glicerina bruta*. Tesis de maestría. Universidade Federal de Lavras. Lavras, Brasil.

Zymon, M.; Strzetelski, J.; Furgał-Dierżuk, I.; Kowalczyk, J. y Osięgłowski, S. (2012). The effectiveness of rapeseed cake and glycerine in feeding dairy cows. *J. Anim. and Feed Sci.* 21(1): 49–64.

Recibido: 15 de enero de 2016

Envío a arbitraje: 04 de marzo de 2016

Dictamen: 22 de junio de 2016

Aceptado: 30 de septiembre de 2016

Evaluación del probiótico Sorbial en indicadores productivos y reproductivos de vacas lecheras en pastoreo, bajo condiciones del trópico

Evaluation of Sorbial probiotic on productive and reproductive indicators of dairy cows grazing under tropical conditions

**Julio Jesús Reyes,* Francisco Alfonso,
Sara Rey, Yordany Rodríguez y Aída Noda**

Instituto de Ciencia Animal (ICA)
San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.
* Correspondencia: jreyes@ica.co.cu

Resumen

Con el objetivo de evaluar el efecto del probiótico Sorbial en indicadores productivos y reproductivos de vacas lecheras en pastoreo bajo condiciones del trópico, se evaluaron 34 animales, durante una lactancia completa; las vacas consumieron gramíneas y se suplementaron con concentrado. Los animales se distribuyeron en cuatro tratamientos: I) 0 g pre y post-parto, II) 0 g pre y 50 g postparto hasta 100 días de lactancia, III) 50 g 60 días pre y 0 g postparto, y IV) 50g 60 días pre y postparto hasta 100 días de lactancia. Los resultados indicaron que las vacas que consumieron probiótico produjeron más leche ($P < 0.001$), tanto en los primeros 100 días como en la lactancia completa (10.69, 12.87, 12.49 y 13.00; y 9.78, 10.92, 10.78 y 11.58 kg leche vaca⁻¹día⁻¹, para los tratamientos I, II, III y IV, en los primeros 100 días y lactancia completa, respectivamente); de la misma manera, se mejoraron los indicadores de la calidad de la leche estudiados ($P < 0.001$). El peso corporal de los terneros, al nacer, se incrementó en 2.18 kg ($P < 0.05$), cuando

Abstract

In order to evaluate the effect of the probiotic Sorbial productive and reproductive indicators of grazing dairy cows under tropical conditions 34 animals were evaluated during a full lactation cycle; cows consumed grasses and were supplemented with concentrate. The animals were divided into four treatments: I) 0 g pre and post-partum, II) 0 g before and 50 g postpartum up to 100 days of lactation, III) 50 g 60 days pre and 0 g postpartum and IV) 50 g 60 days pre and postpartum up to 100 days of lactation. The results indicated that cows fed probiotic produced more milk ($P < 0.001$), not only in the first 100 days but also throughout the full lactation (10.69, 12.87, 12.49 and 13.00, and 9.78, 10.92, 10.78 and 11.58 kg milk cow⁻¹day⁻¹, for treatments I, II, III and IV, in the first 100 days and complete lactation, respectively), the indicators of quality of milk ($P < 0.001$) were also improved and the body weight of calves at birth increased by 2.18 kg ($P < 0.05$) when their mothers were supplemented with Sorbial (33.18 vs. 31.00 kg calf¹). Using

sus madres fueron suplementadas con Sorbial (33.18 vs. 31.00 kg ternero⁻¹). Con el uso del Sorbial, se disminuyó ($P < 0.01$) el intervalo parto-gestación en 20 días con relación a las no suplementadas (92.05; 86.31; 83.23 y 72.17 días, para los tratamientos I, II, III y IV, respectivamente). En las condiciones del estudio, la suplementación con 50 g de Sorbial, mejoró el comportamiento animal, principalmente cuando es suplementado tanto pre como post parto.

Palabras clave

Producción de leche, calidad, indicadores reproductivos, peso corporal.

the Sorbial, the delivery-gestation interval decreased ($P < 0.01$) at 20 days compared to the un-supplemented interval (92.05; 86.31; 83.23 and 72.17 days for treatments I, II, III and IV, respectively). Under the conditions of the study, supplementation with 50 g of Sorbial improved animal behavior, especially when the supplement was offered both pre- and post partum.

Keywords

Milk production, quality, reproductive indicators, body weight.

Introducción

La creciente preocupación en los usos de antibióticos y otras sustancias, como aditivos en la alimentación de los animales, ha despertado el interés por el estudio de otro tipo de aditivos de origen microbiano, que carecen de los posibles efectos nocivos que se atribuyen a los antibióticos (Meza, 2014). Los probióticos y prebióticos en la alimentación animal, han demostrado que los mismos, en sentido general, tienen un efecto positivo con relación a la producción y salud; el Sorbial (producto comercial en forma de polvo), que está constituido por un núcleo con la mezcla de dos lactobacilos (*Lactobacillus rhamnosus* y *Lactobacillus acidophilus*), presenta propiedades de probiótico en los animales y, por ende, sus beneficios (Bernardeau *et al.*, 2003).

En la actualidad, existen evidencias de las ventajas que puede ocasionar la utilización de pre y probióticos en la alimentación de los animales rumiantes (López *et al.*, 2012; 2014; Carro *et al.*, 2014; Cueva, 2014), aun para aquellos que son alimentados con altas proporciones de alimentos voluminosos. Sin embargo, los estudios realizados para evaluar los efectos de estos aditivos en las fermentaciones microbianas del rumen y los rendimientos animales son todavía escasos, y los resultados no son concluyentes (Sánchez *et al.*, 2015); por lo que en el presente trabajo se trazará el objetivo de evaluar el efecto en el comportamiento productivo y reproductivo de vacas lecheras en pastoreo, en condiciones del trópico cubano al suplementarlas con Sorbial.

Materiales y métodos

El trabajo se desarrolló en una unidad experimental del Instituto de Ciencia Animal (ICA), ubicado los 22° 58' 00" de latitud Norte y los 82° 09' 21" de longitud Oeste a 92 msnm, en el municipio San José de Las Lajas, provincia Mayabeque (Cuba). Las condiciones climatológicas generales medias son: precipitación anual de 1,475 mm, la humedad relativa es de 80.20%, con un 81.30% en los meses lluviosos y 79.20% en los poco lluviosos; y

la temperatura media es de 24.80°C, oscilando entre los 26.20°C en los meses lluviosos y 22.40°C en los poco lluviosos.

El estudio comenzó en los primeros días del mes de mayo, inicio del periodo de lluvias (mayo-octubre) y se extendió hasta el mes de abril, finalización del periodo poco lluvioso (noviembre-abril), según las fechas de partos y lactación de las vacas.

Se evaluaron 34 lactancias completas de vacas lecheras que responden al genotipo mestizos Siboney (5/8 Holstein x 3/8 Cebú), las que se alimentaron bajo condiciones de pastoreo (16 horas día⁻¹); predominando, en el mismo, una combinación de gramíneas tropicales: pasto estrella (*Cynodon nlemfluensis*), representando el 45.30% de la composición florística; guinea (*Megathyrus maximum*), con el 24.50%, y el 30.20% de CT-115 (*Pennisetum purpureum* vc Cuba CT-115)), establecidas en un suelo clasificado como Ferralítico Rojo (Hernández *et al.*, 2006), con relieve llano.

El pasto se manejó con una carga global de 2.1 UGM ha⁻¹, con rotaciones que posibilitó días de reposo promedio de 23-26 y 65-80 días en el pasto estrella y guinea; mientras que el CT-115 se manejó con 48-52 y 80-135 días en las lluvias y poco lluvioso, respectivamente.

Durante el estudio se empleó una suplementación con concentrado a las vacas, en ambas fases, a razón de: 1.5 kg vaca⁻¹ día⁻¹ en el periodo preparto y posterior al parto a razón de 0.46 kg, a partir del quinto litro de leche producido —como promedio del grupo experimental— según tratamiento. Todos los animales pastaron al unísono y se mantenían juntos en la nave de sombra, donde tenían libre oferta de agua y sales minerales. Los animales sólo se diferenciaban en el suministro, o no, del probiótico.

Las vacas, al inicio del experimento (60 días preparto), tenían un peso corporal de 519.00±13.54 kg y 3.2 lactancias promedio; distribuyéndose aleatoriamente, tomando en cuenta la producción de leche de la lactancia anterior y las posibles fechas de parto, en cuatro tratamientos:

- Tratamiento I: 0 g de Sorbial pre-parto y 0 g de Sorbial post-parto (10 animales).
- Tratamiento II: 0 g de Sorbial pre-parto y 50 g de Sorbial post-parto hasta los 100 días de lactancia (10 animales).
- Tratamiento III: 50 g de Sorbial 60 días pre-parto y 0 g de Sorbial post-parto (7 animales).
- Tratamiento IV: 50 g de Sorbial 60 días pre-parto y 50 g de Sorbial post-parto hasta los 100 días de lactancia (7 animales).

La suplementación pre-parto con el Sorbial (tratamientos III y IV), se inició 60 antes de la posible fecha de parto y se extendió post-parto hasta los 100 días de lactancia (tratamientos II y IV); por ser considerado, este periodo, dentro de los 150-160 días más crítico del animal lechero (Cavestany *et al.*, 2009; Meikle *et al.*, 2013). El probiótico se suministró mezclado con el concentrado una vez al día en el horario de la mañana.

Durante el trabajo se realizaron las siguientes mediciones:

1. El consumo de concentrado se ajustó mensualmente, según producción por grupo.
2. La disponibilidad del pasto, según el método descrito por Haydock y Shaw (1975);

se tomaron de 80 a 100 muestras ha⁻¹. La altura de corte del pasto fue alrededor de los 10 cm del suelo.

3. La composición bromatológica de los alimentos ocurrió mensualmente (se tomó una muestra representativa de 200g fresco, de cada alimento por separado). Se analizó según las técnicas del AOAC (1995). La EM se estimó según la fórmula de García y Pedroso (1989): $EM(MJ \text{ kg MS}^{-1}) = (2,66 - 0,0199 * \% \text{ FB}) * 4,187$.

4. La producción de leche se realizó individualmente en ambos ordeños, semanalmente, al 100 % de los animales, a partir de los 10 días de lactancia.

5. Los componentes lácteos (% de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos -SNG- y sólidos totales -ST-), se tomaron muestra de leche del 100% de los animales en ordeño. Éste, se determinó en un equipo infrarrojo MilkoScan Minus 6 de la FOSS, con una frecuencia bimensual.

6. El peso corporal de los terneros se tomó al nacer, empleando una báscula digital de 50 kg máximo y precisión de ± 0.02 kg.

7. Los datos reproductivos se tomaron de las tarjetas de control pecuario de la unidad y fueron durante fechas variadas: de parto, de primera inseminación, de diagnóstico positivo e inseminaciones por gestación; para el posterior análisis de los intervalos parto-primer servicio y parto-gestación.

La producción de leche y el porcentaje de proteína y grasa láctea se analizó por un análisis de varianza, según modelo multiplicativo; los datos se transformaron según LN (\bar{x}), los números entre paréntesis son las medias de los datos originales. Se analizaron las posibles interacciones entre los factores tratamientos y periodos o épocas. Para el resto de las mediciones se realizó un análisis de varianza, según diseño completamente aleatorizado, con los factores tratamientos y épocas. El *software* estadístico utilizado fue el InfoStat Versión 12.0 (Balzarini *et al.*, 2012). Se utilizó Kramer (1956), para establecer diferencias entre medias.

Resultados

La disponibilidad total de los alimentos ofertados, pastos y concentrados —como promedio en ambos periodos en estudio— fue de 44.30 y 38.20 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹, para el lluvioso y poco lluvioso, respectivamente; con una oferta de pastos superior a los 35 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹ en ambos periodos, no difiriendo las ofertas de los mismos y del concentrado entre periodos. Igualmente, la calidad de los concentrados mostraron una estabilidad entre los periodos; no obstante, los pastos mostraron más baja calidad en el material disponible, en el periodo poco lluvioso basado en las disminuciones ($P < 0.001$) de la concentración de proteína bruta, en 14.80% y de la energía metabolizable en 0.41 MJ kg MS⁻¹ ($P < 0.01$) e incrementos ($P < 0.01$) del 1.87% de la MS ($P < 0.01$) (cuadro 1).

Cuadro 1
Calidad bromatológica y disponibilidad de alimentos utilizados.

<i>Alimentos</i>	<i>Periodo</i>	<i>Disponibilidad (kg MS vaca⁻¹ día⁻¹)</i>	<i>MS (%)</i>	<i>PB (g kg MS⁻¹)</i>	<i>EM (MJ kgMS⁻¹)</i>
Pastos	Lluvioso	41.19	25.43	85.6	9.08
	±EE	2.82	0.87	1.37	0.13
	Poco lluvioso	35.38	27.30	72.9	8.67
	±EE	2.64	0.75	1.28	0.12
	Sign.	-	**	***	**
Concentrado	Lluvia	3.11	85.81	148.9	10.37
	±EE	0.29	1.77	1.45	0.11
	Poco lluvioso	2.82	86.08	151.6	10.65
	±EE	0.26	1.65	1.15	0.10

** P<0.01. *** P<0.001. Para diferencia múltiple de medias se utilizó Prueba de Kramer (1956) (P<0.05).

Los resultados del efecto de la utilización del Sorbial en la producción de leche, indicaron que existió una interacción (P<0.001) entre los efectos tratamientos y época o periodos, tanto en los primeros 100 días de lactancia como en la lactancia completa; indicando así que las vacas suplementadas con 50 g del probiótico, en ambas fases, produjeron más leche (P<0.001), que los animales que no lo consumieron, en un 11.60% y 22.60%; 12% y 18.60% para las lluvias y poco lluvioso en los primeros 100 días y lactancia completa, respectivamente.

Igualmente, la suplementación con en el probiótico en ambas fases, pre y postparto, a vacas lecheras en pastoreo, permitió que las mismas mostraran un mayor comportamiento (P< 0.001) productivo en 0.61 y 0.42; 0.91 y 0.72 kg vaca⁻¹ días⁻¹, para lluvias y poco lluvioso en los primeros 100 días y lactancia completa, respectivamente, que las que únicamente lo consumieron en el preparto; asimismo, no se encontraron diferencias en producción láctea entre las vacas suplementadas con el probiótico sólo postparto y las que lo consumieron sólo preparto y en ambas fases, tanto en los primeros 100 días como en la lactancia completa (cuadro 2).

Cuadro 2
Efecto de la suplementación con Sorbial en la producción de leche, según días de lactancias (kg leche vaca⁻¹ día⁻¹).

Lactancia (días)	Efectos Tto./periodo	0 g de Sorbial pre y postparto	0 g de Sorbial preparto y 50 g postparto	50 g de Sorbial preparto y 0 g postparto	50 g de Sorbial pre y postparto	Sign.
0 a 100	Lluvioso	2.45 ^b	2.55 ^{cd}	2.52 ^c	2.60 ^d	
		±0.038 (11.87)	±0.028 (13.30)	±0.023 (12.82)	±0.035 (13.43)	
	Poco lluvioso	2.26 ^a	2.51 ^{bc}	2.50 ^b	2.53 ^c	***
		±0.028 (9.80)	±0.034 (12.54)	±0.026 (12.25)	±0.032 (12.67)	
0 a 305	Lluvioso	2.32 ^{bc}	2.44 ^{de}	2.43 ^d	2.48 ^e	
		±0.026 (10.81)	±0.024 (11.63)	±0.016 (11.38)	±0.031 (12.29)	
	Poco lluvioso	2.14 ^a	2.36 ^{bc}	2.30 ^b	2.39 ^{cd}	***
		±0.024 (9.00)	±0.024 (10.93)	±0.027 (10.33)	±0.031 (11.05)	

*** P<0.001 a,b,c,d medias con diferentes superíndice difieren a P<0.05 (Kramer, 1956).

El análisis del porcentaje de los componentes de la leche nos indicó que no existió interacción entre los efectos estudiados, tratamiento y periodo. En el caso del tratamiento, la grasa mostró los mayores valores ($P < 0.05$) en la leche de los animales suplementados solamente postparto, en 5.90% con relación a los suplementados solamente preparto o no suplementados; y no difieren de los suplementados en ambas fases, que, a la vez, no difieren del resto de los animales. Los porcentajes de proteína fueron mayores ($P < 0.01$) en los animales suplementados, en ambas fases, en 1.90 y 8.70%, con relación a los que consumieron el probiótico solamente en preparto, o no lo consumieron, que no difiere de los suplementados exclusivamente en postparto.

Los porcentajes de la lactosa no fueron afectados por la suplementación y los sólidos no grasos y sólidos totales presentaron un comportamiento similar; donde los animales suplementados en ambas fases y postparto presentaron los mayores valores ($P < 0.001$), seguidos de los suplementados pre, y por último, los no suplementados (cuadro 3).

El análisis de la calidad de la leche en los periodos o épocas (cuadro 3), arrojó que no existió diferencia para el porcentaje de la grasa y lactosa; mientras que en la época lluviosa la leche mostró mejor composición ($P < 0.01$) en los componentes de proteína, sólidos no grasos y sólidos totales, en un 7.39%, 2.16% y 1.81%, respectivamente.

Cuadro 3
Efecto de la suplementación con Sorbial en la calidad de la leche de vacas en pastoreo.

Tratamientos	Componentes lácteos (%)				Sólidos totales
	Grasa	Proteína	Lactosa	Sólidos no grasos	
0 g de Sorbial pre y postparto	1.15 ^a ± 0.015 (3.19)	1.04 ^a ± 0.073 (2.82)	1.55 ± 0.004 (4.81)	2.13 ^a ± 0.035 (8.45)	2.45 ^a ± 0.048 (11.64)
0 g de Sorbial preparto y 50 g postparto	1.22 ^b ± 0.018 (3.39)	1.12 ^{bc} ± 0.089 (3.04)	1.57 ± 0.005 (4.82)	2.17 ^c ± 0.043 (8.76)	2.50 ^c ± 0.052 (12.15)
50 g de Sorbial preparto y 0 g postparto	1.15 ^a ± 0.018 (3.19)	1.11 ^b ± 0.085 (3.03)	1.56 ± 0.005 (4.82)	2.16 ^b ± 0.047 (8.55)	2.47 ^b ± 0.050 (11.85)
50 g de Sorbial pre y postparto	1.21 ^{ab} ± 0.021 (3.35)	1.13 ^c ± 0.097 (3.09)	1.58 ± 0.005 (4.84)	2.18 ^d ± 0.041 (8.88)	2.50 ^c ± 0.058 (12.23)
Sig.	*	**	-	***	***
Periodos					
Lluvioso	1.17 ± 0.019 (3.27)	1.12 ± 0.087 (3.11)	1.57 ± 0.005 (4.83)	2.18 ± 0.043 (8.81)	2.50 ± 0.055 (12.13)
Poco lluvioso	1.18 ± 0.018 (3.29)	1.09 ± 0.085 (2.88)	1.56 ± 0.004 (4.81)	2.15 ± 0.041 (8.62)	2.47 ± 0.053 (11.91)
Sig.	-	**	-	***	**

*P<0.05 ** P<0.01 *** P<0.001; a,b,c,d medias con diferentes superíndice en la misma columna difieren a P<0.05 (Kramer, 1956).

Cuando el Sorbial se utilizó en las vacas pre-parto (últimos 60 días), los terneros que nacieron de las mismas presentaron mayores pesos ($P < 0.05$) corporales, en un 7.03% (33.18 vs. 31.00 kg de peso vivo) (cuadro 4); este aspecto estuvo muy relacionado con los indicadores reproductivos estudiados, que al utilizar la suplementación del probiótico a vacas en pastoreo en ambas fases o solamente postparto disminuyó el tiempo ($P < 0.001$), entre el parto y la primera inseminación, en un 36.80% y 22.80%, en comparación con las no suplementadas y las suplementadas solamente preparto, respectivamente.

El intervalo parto gestación, igualmente, se disminuyó ($P < 0.01$) con la suplementación en ambas fases, en un 21.60%, 16.40% y 13.30%, en comparación con las vacas no suplementadas o suplementadas sólo pre y posparto, respectivamente, que estas últimas no difieren entre sí (cuadro 5).

Cuadro 4
Efecto de la suplementación con Sorbial en el peso vivo del ternero al nacer.

	50 g de Sorbial pre-parto	0 g de Sorbial pre-parto	Sign.
Peso vivo del ternero al nacer (kg)	33.18	31.00	*
EE	±0.704	±0.738	

* $P < 0.05$. Para diferencia múltiple de medias se utilizó Prueba de Kramer (1956) ($P < 0.05$).

Cuadro 5
Efecto de la suplementación con Sorbial en el comportamiento reproductivo de vacas en pastoreo.

	0 g de Sorbial pre y postparto	0 g de Sorbial preparto y 50 g postparto	50 g de Sorbial preparto y 0 g postparto	50 g de Sorbial pre y postparto	Sign.
Parto primer servicio (días)	9.12 ^a ±0.590 (84.43)	8.60 ^b ±0.528 (69.15)	7.72 ^{bc} ±0.316 (60.75)	6.58 ^c ±0.327 (53.40)	***
Parto gestación (días)	9.48 ^a ±0.568 (92.05)	9.38 ^b ±0.547 (86.31)	8.12 ^b ±0.418 (83.23)	7.02 ^c ±0.425 (72.17)	**
Servicios por gestación (núm.)	1.21 ±0.078 (1.50)	1.23 ±0.073 (1.56)	1.20 ±0.088 (1.50)	1.22 ±0.086 (1.53)	-

*** $P < 0.001$, ** $P < 0.01$. a,b,c medias con diferentes superíndice en la misma fila difieren a $P < 0.05$ (Kramer, 1956).

Discusión

La disponibilidad total de los pastos ofertados —como promedio en ambos periodos en estudio— fue de 31.19 y 35.38 kg MS vaca⁻¹ día⁻¹, para el lluvioso y poco lluvioso; lo cual posibilita un aceptado consumo y una selección adecuada de los mismos, posibilitando una mejor calidad nutricional del material cosechado por las vacas (Senra, 2005). Estas similitudes entre las ofertas de los pastos, en ambas épocas, responde al sistema de explotación establecido con la tecnología del banco de biomasa con el clon Cuba CT-115; que, en su manejo, se tienen descansos de unos 150 días, ante la primera rotación del periodo poco lluvioso, posibilitando pasar MS de esta variedad del periodo lluvioso para el poco lluvioso (Martínez *et al.*, 2012).

Sin embargo, a pesar de la no diferencia en la disponibilidad de los pastos, la calidad de los mismos se afecta en el periodo poco lluvioso. Resultados similares, en la disminución de la calidad de los pastos en la época poco lluviosa, reportaron Reyes *et al.* (2012), con una caída del 52.80% de la proteína bruta, muy superior a lo encontrado en nuestro trabajo, que sólo llegó al 14.80%; por tal motivo, el uso de la suplementación con concentrado representa una oportunidad para cubrir el déficit entre el aporte de nutrientes y la demanda de los bovinos (Rotger *et al.*, 2006).

Los resultados demuestran el efecto positivo del probiótico en la mejora en la producción y calidad de la leche de vacas lecheras en pastoreo; lo que puede ser resultado de la acción del aditivo microbiano o probiótico; el cual, dentro de sus mecanismos de acción, destaca el incremento de la fermentación ruminal, en condiciones *in vitro* de alimentos voluminosos de baja calidad (Díaz *et al.*, 2013); modificación del pH ruminal, incrementos en la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), amoníaco y digestibilidad de la materia orgánica, modificación del desarrollo de las poblaciones microbianas, el flujo de aminoácidos al intestino delgado; propiciando un incrementando del rendimiento de leche y sus componentes (García, 2015).

Varios autores han reportado (Bernardeau y Guillier, 2003), respuestas positivas con el uso de probióticos en la dieta de hasta los 404-960 kg de leche total en la lactancia; nuestros resultados se encuentran en este rango, ya que al suplementar (en ambas fases), se incrementó la producción en 549 kg con relación a los animales no suplementados. Y al utilizar el probiótico sólo en una de las fases, pre o postparto, el incremento fue de 326 kg de leche por lactancia de 305 días.

Umanzor (2011), al emplear 25 g vaca⁻¹ día⁻¹ de probiótico, reportó un incremento del 11% en la producción láctea; e, igualmente, Lara y Cardona (2013), reportaron que no hubo diferencias en la ganancia de peso de vacas lactando al utilizar probiótico; mientras que sí se observaron diferencias para la producción de leche; que, independientemente de que la producción disminuyó en todos los animales, al suplementar con el probiótico, la caída en leche fue menor, en un 18.22%. Sin embargo, Sánchez *et al.* (2015), no reportaron diferencias en la producción de leche entre los tres niveles de probióticos empleados (60, 90 y 120 g vaca⁻¹ día⁻¹), pero sí se incrementó la producción, entre el 19 y 22%, al comparar los resultados obtenidos con los reportados al inicio del trabajo (10 vs. 11.90 a 12.20 kg de leche vaca⁻¹ día⁻¹).

Independientemente del efecto del probiótico en la producción láctea de vacas en pastoreo, es la calidad del alimento base, el pasto, que posibilitan un mayor consumo de MS por parte de los animales, facilitando una mayor velocidad de pasaje de la ingesta, con un incremento en la producción de los AGV y del nitrógeno amoniacal a nivel del rumen, en el periodo lluvioso, en comparación con el poco lluvioso (Reyes *et al.*, 2012); lo que repercute en un incremento productivo. Los resultados obtenidos en el trabajo concuerdan que, independientemente del nivel del probiótico utilizado, se expresaron niveles productivos más altos en la época de lluvias en los cuatro tratamientos, tanto en los primeros 100 días como en la lactancia completa.

El análisis del porcentaje de los componentes de la leche es acorde al sistema de alimentación con base de pastos tropicales, reportados por Hernández y Ponce (2006), para tales cruces. Estos resultados, de igual forma, indican que pueden existir efectos positivos del probiótico en la nutrición proteica de los animales (Bernardeau *et al.*, 2003); lo cual se ve expresado en el incremento del porcentaje de proteína de la leche de las vacas suplementadas.

En trabajos reportados Bernardeau y Guillier (2003), se reflejan incrementos en los porcentajes de proteína y grasa de la leche de los animales suplementados con el probiótico; sin embargo, Sánchez *et al.* (2015) no reportaron efecto en la calidad de la leche de vacas suplementadas con diferentes niveles de probióticos, independientemente de que estos autores llegaron hasta niveles de los 120 g vaca⁻¹ día⁻¹, lo que explica la variable de los diferentes reportes de la literatura especializada.

Cuando el probiótico Sorbial se utilizó en las vacas pre-parto (últimos 60 días), los terneros que nacieron de las mismas, presentaron mejores pesos corporales al nacer; lo que indica el posible efecto del mismo en la nutrición animal (García, 2015), dando como resultado una mejor condición corporal al parto y, por ende, un mejor desarrollo fetal (López *et al.*, 2002) y mayor peso vivo del neonato al nacer.

Desde el punto de vista reproductivo, con el empleo del probiótico en las vacas, tanto pre como postparto, se disminuyen los intervalos parto inseminación y parto gestación; lo cual puede estar dado al incremento en la eficiencia de utilización de los alimentos a nivel del rumen (Bernardeau y Guillier, 2003; García, 2015), que contribuye a mejorar la condición corporal al parto, beneficiando estos indicadores reproductivos (García *et al.*, 2001; López *et al.*, 2002).

Independientemente de los resultados obtenidos en los tratamientos empleados, los resultados demuestran que todos los animales presentaron una adecuada alimentación (Senra, 2011); ya que, en el caso de no utilizar el probiótico, el intervalo parto gestación fue de 92.05 días, lo que permite un intervalo entre partos de unos 374 días, lo cual se encuentra entre los parámetros para las condiciones del trópico.

Conclusiones

En las condiciones del estudio, la suplementación con 50 g de Sorbial a vacas en pastoreo en cualquier fase, pre o postparto, mejoró el comportamiento animal en la producción y calidad láctea, en sentido general, y en los intervalos reproductivos estudiados. Se reafirmó que, independientemente del nivel de probiótico empleado, la producción y calidad de la leche se beneficia en el periodo lluvioso, por una mejora en la calidad del pasto ofrecido al animal.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la firma francesa Sorbial SAS, en especial a los Sres. Yves Legarda y Emilio González, por facilitar el probiótico. Se expresa, además, gratitud a los obreros de la Vaquería B y del colectivo del departamento de Biomatemática, del ICA.

Literatura citada

- AOAC. (1995). *Official methods of analysis*. 16th Ed. of. Agric. Chem., Washington, D.C., U.S.A. 684 pp.
- Balzarini, M.G.; Casanoves, F.; Di Rienzo, J. A.; González, L.A. y Robledo, C. W. (2012). *Software estadístico InfoStat*. Versión 2012. Córdoba. Argentina.
- Bernardeau, M. y Guillier, F. (2003). *Efficacy of two lactobacillium on animal health and zootechnical performances*. Affichet communications orales presentes dans des Congres Internationaux. France.
- Bernardeau, M.; Guillier, F.; Vernoux, J.P. y Gueguen, M. (2003). *In vitro evaluation of probiotic potentialities of two lactobacilli for animal feed*. Affichet communications orales presentes dans des Congres Internationaux. France.
- Carro, M. D.; Saro, C.; Mateos, I.; Díaz, A. y Ranilla, M. J. (2014). Presente y perspectivas de futuro en la UE del empleo de probióticos en la alimentación de rumiantes. *Rev. Ganadería* 15 (93): 40-46.
- Cavestany, D.; Viñoles, C.; Crowe, M.A.; La Manna, A. y Mendoza, A. (2009). Effect of prepartum diet on postpartum ovarian activity in Holstein cows in a pasturebased system. *Animal Reproduction Scienc.*, 114: 1-9.
- Cueva, D.F. (2014). *Efecto de dos aditivos prebióticos y probióticos en el crecimiento y condición corporal en terneras Holstein friesian, Tumbaco, Pichincha*. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2482> (Consultado el 03 de marzo de 2016).
- Díaz, A.; Carro, M.D.; Saro, C.; Mateos, I.; Odongo, E. y Ranilla, M.J. (2013). *In vitro evaluation of commercial fibrolytic enzymes for improving the nutritive value of low-quality forages*. *Animal Nutrition and Feed Technology* 13 (3): 461-476.
- García, R.; González, R. y Ponce, P. (2001). Evaluation of a milk production system with Holstein cows under tropical conditions. *Cuban J. Agric. Sci.* 35(2):115-121.
- García, S. (2015). *Uso de aditivos microbianos administrados directamente al rumen en la ganadería bovina*. Disponible en: <http://repositorio.uaaa.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6920> (Consultado el 03 de marzo de 2016).
- García, R. y Pedroso, D. M. (1989). *Alimentos para rumiantes. Cuadros de valor nutritivo*. Ed. EDICA. La Habana. Cuba. 22 pp.
- Haydock, K.P. y Shaw, N.J.L. (1975). *The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture*. Tech. Paper Div. Trop. Pasture SCIRO, Australia.
- Hernández, A.; Ascanio, M.; Morales, Marisol y León, A. (2006). *Diferentes etapas en la clasificación de suelos en Cuba*. En: A. Hernández y M. O. Ascanio (Coords.). *La historia de la clasificación de los suelos en Cuba*. Cuba. Editorial Félix Varela. p. 11-56.

- Hernández, R. y Ponce, P. (2006). Relación entre desbalances nutricionales, el metabolismo y la composición de la leche en vacas Holstein friesian. *Rev. Salud Anim.* 28(1): 13-20.
- Kramer, C. (1956). Extension of multiple range test to group means with unequal numbers of replication. *Biometrics* 12:307-310.
- Lara, C.M. y Cardona, J.D. (2013). Effect of a probiotic biopreparation features on the production of bovine milk in Cordoba, Colombia. *Rev. Bio. Agro.* 11 (1):75-80.
- López, Y.; Arece, J.; Ojeda, F. y Aróstica, N. (2012). Efecto de la inclusión del probiótico Sorbifauna en el crecimiento de crías ovinas. *Pastos y Forrajes* 35(1):109-117.
- López, Y.; Arece, J.; Ojeda, F. y Molina, M. (2014). Use of the Sorbifauna probiotic in the growth of confined lambs. *Pastos y Forrajes* 37(1): 61-64.
- López, O.; Sánchez, T. y Benítez, M. (2002). *Producción de leche y condición corporal de vacas Mambí de primera lactancia en sistemas silvopastoriles*. En: Memorias del XVIII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. La Habana Cuba. p. 210- 216.
- Martínez, R.O.; Torres, V. y Aguilar, I.P. (2012). Impact of biomass banks with *Pennisetum purpureum* (Cuba CT-115) on milk production. *Cuban J. Agric. Sci.* 46 (3) 253:259.
- Meikle, A.; Cavestany, D.; Carriquiry, M.; Adrien, M.; Artegoitia, V.; Pereira, I.; Ruprecht, G.; Pessina, P.; Rama, G.; Fernández, A.; Breijo, M.; Laborde, D.; Pritsch, O.; Ramos, J. M.; de Torres, E.; Nicolini, P.; Mendoza, A.; Dutour, J.; Fajardo, M.; Astessiano, A. L.; Olazábal, L.; Mattiauda, D. y Chilibroste, P. (2013). Avances en el conocimiento de la vaca lechera durante el periodo de transición en Uruguay: un enfoque multidisciplinario. *Agrociencia Uruguay* 17 (1):141-152.
- Meza, F.J. (2014). Propuesta para producción y comercialización de un probiótico liofilizado a base de *Lactobacillus casei* como minimizador del alto uso de antibióticos en ganado vacuno en el Cantón Chone, Provincia de Manabí. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8028> (Consultado el 03 de marzo de 2016).
- Reyes, O.; Murillo, M.; Herrera, E.; Gutiérrez, E.; Juárez, A.S. y Cerrillo, A. (2012). Influence of the season on nutritional and metabolic indicators of grazing cattle in the North of Mexico. *Cuban J. Agric. Sci.* 46 (4):375-380.
- Rotger, A.; Ferret, A.; Manteca, X.; Ruiz de la Torre, J.L. y Calsamiglia, S. (2006). Effects of dietary nonstructural carbohydrates and protein sources on feeding behaviour of tethered heifers fed high-concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 84:1197-1204.
- Sánchez, T.; Lamela, L.; López, O. y Benítez, M. (2015). Influence of the Sorbifauna probiotic on milk production and quality of grazing crossbred milking cows. *Pastos y Forrajes* 38 (3): 183-188.
- Senra, A. (2005). Indices to monitor the efficiency and sustainability of the grassland ecosystem in cattle rearing. *Cuban J. Agric. Sci.* 39(1): 13-21.
- Senra, A. (2011). *Aspectos fundamentales en la estrategia a seguir para el desarrollo de la ganadería, especialmente de los pequeños y medianos productores, en las condiciones de Cuba*. En: Resúmenes del IV Encuentro de Agricultura Orgánica. La Habana, Cuba. 36 pp.
- Umanzor, M.A. (2011). *Evaluación de suplemento alimenticio Digeston Green® sobre parámetros productivos de vacas lecheras*. Tesis de licenciatura. Universidad del Pacífico. Melipilla, Chile.

Recibido: 11 de marzo de 2016
 Envío arbitraje: 16 de marzo de 2016
 Dictamen: 3 de agosto de 2016
 Aceptado: 27 de septiembre de 2016



Título: *Cargando por la vida*
Autor: Hugo Ignacio Rodríguez

Relación entre algunos indicadores climáticos con la altura, rendimiento y población de clones de *Pennisetum purpureum*

Relation between some climatic factors and height, yield and population of *Pennisetum purpureum* clones

Rafael S. Herrera García,* Manuel García Martínez
y Ana M. Cruz Santillán

Instituto de Ciencia Animal (ICA)
Apdo. 24 San José de las Lajas
Mayabeque, Cuba.

* Correspondencia: rherrera@ica.co.cu

Resumen

Se empleó información del rendimiento, población y altura de clones de *Pennisetum purpureum*, para relacionarlos con diferentes indicadores del clima. En el análisis del componente principal, para cada uno de los indicadores agronómicos, se obtuvieron tres componentes con valor propio, mayor a la unidad; y para seleccionar los indicadores del clima de mejor contribución, se utilizó el factor de preponderancia superior o igual de 0.70. Para la altura de las plantas, la variabilidad explicada fue de 84.78% y no contribuyeron la temperatura máxima y el número de días con temperatura media mayor de 30°C. El 80.78% de la variabilidad de la población se explicó a través de las temperaturas máximas y media, lluvia total, número de días con lluvia, número de días con temperatura mínima menor de 15°C, número de días con temperatura máxima mayor de 25°C. Mediante las temperaturas mínima y media, lluvia total, número de días con lluvia, número de días con temperatura mínima menor de 15°C y número de días con temperatura media mayor de 30°C, se explicó el 83.78% de la variabilidad del rendimiento. Más del 50% de la varia-

Abstract

Yield, population and height of plants from experiments done on previous years of evaluation of *Pennisetum purpureum* clones were used to obtain the relation with different climatic factors. In the principal component analysis for each of the agronomic indicators, three components were obtained with an eigenvalue superior to one and to select the climatic factor with the best contribution a preponderance factor of 0.70 was used. The variability explained for the height of the plants was 84.78% and maximum temperature and number of days with mean temperature higher than 30°C does not contributed to the variability. The 84.74% of the variability of the population was explained by the maximum and mean temperatures, total rain, number of days with rain, number of days with minimum temperature inferior to 15°C, and the number of days with maximum temperature higher than 25°C. The yield variability (83.78%) was explained by mean of minimum and mean temperatures, total rain, number of days with rain, number of days with minimum temperature inferior to 15°C, and number of days with mean temperatures higher than 30°C. More than 50% of the variability

bilidad de la altura de las plantas, rendimiento y población se explicó a través de la temperatura media, lluvia total, número de días con lluvia y temperatura mínima menor de 15°C.

Palabras clave

Temperatura, lluvia, producción de biomasa, indicadores agronómicos.

of the height of the plant, yield and population was explained by the mean temperature, total rain, number of days with rain, and minimum temperature inferior to 15°C.

Keywords

Temperature, rain, biomass production, agronomic indicators.

Introducción

Variada es la información relacionada con la alteración del clima en el globo terráqueo y su influencia en diferentes procesos de la vida cotidiana del ser humano. Especial atención se le ha prestado a su influjo en la agricultura y la ganadería. Se ha señalado que de 1990 a 2007 la cantidad de agua empleada para distintos fines se sextuplicó; y se pronostica que para 2035 la mitad de la población mundial tendrá graves problemas por la falta de agua, con marcado efecto negativo en la producción de alimentos tanto para el ser humano como los animales (FAO, 2011).

Al efecto negativo que está causando el cambio climático en los ecosistemas —en especial en aquellos dedicados al cultivo de los pastos y forrajes, fuente principal de alimento para el ganado vacuno— se le suman otras influencias adversas, como: la crisis económica, la migración del campo hacia la ciudad, la súbita e imprudente utilización de las tierras agrícolas productivas para la generación de biocombustibles y la aplicación de tecnologías inapropiadas, entre otros factores (Valenciaga, 2007).

Planos *et al.* (2013) reportaron que con relación a los pastos, los resultados mostraron que el aumento de 2.5°C en la temperatura, acompañado de una reducción del 15% de las precipitaciones, produciría una disminución general de la biomasa aérea de los pastizales, entre 5 y 15% con relación al periodo 1961-1990; lo que contribuiría al rápido proceso de pérdida de la materia orgánica del suelo, de la diversidad biológica y decremento de la cantidad de alimentos para bovinos.

Al considerar estos elementos, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación entre algunos indicadores del clima y el rendimiento, población y altura de la planta en clones de *Pennisetum purpureum*.

Materiales y métodos

Se utilizó la información del rendimiento de materia seca, población y altura de las plantas de un experimento de dos años de duración (sin riego ni fertilización) referida a la evaluación de los clones CT-14, CT-18, CT-19, CT-20, CT-21, CT-24, CT-30, CT-36, CT-39, CT-41, CT-42, CT-43 y CT-115, obtenidos por cultivo de tejidos *in vitro* de *Pennisetum purpureum* (Herrera *et al.*, 2012); la cual fue conducida en la estación de Pastos y Forrajes Miguel Sistachs Naya, perteneciente al Instituto de Ciencia Animal, Mayabeque, Cuba. Se recopilaron también los datos (2009-2011) de la Estación Me-

teorológica del Instituto en cuanto a temperatura mínima, máxima y media, lluvia total, número de días con temperatura mínima menor de 15 °C, número de días con temperatura máxima mayor de 25 °C, número de días con temperatura media menor de 30°C y número de días con lluvia correspondientes a cada intervalo de corte (90 días).

Con la referida información se realizó un análisis del componente principal y de regresión (SPSS, 2012). Se tomó en cuenta aquel componente principal con valor propio mayor que la unidad y factor de preponderancia mayor o igual a 0.70.

Resultados

Mediante tres componentes principales se explicó el 84.78% de la variabilidad de la altura de las plantas con los indicadores del clima. En el primer componente, sobresalieron la temperatura media, lluvia total (con la mayor contribución) y número de días con lluvia y temperatura mínima menor de 15°C; mientras que en el segundo y tercer componentes, se destacaron la temperatura mínima y el número de días con temperatura máxima mayor de 25°C, respectivamente (cuadro 1).

Cuadro 1
Componente principal de la altura con los factores climáticos

Indicador	Componente principal		
	1	2	3
Altura, cm	0,112	0,934	0,079
Temperatura máxima, °C	0,563	0,687	-0,064
Temperatura mínima, °C	0,039	0,800	0,167
Temperatura media, °C	0,755	0,570	0,087
Lluvia, mm	0,920	0,176	-0,004
# días con lluvia	0,883	-0,074	0,133
# de días con temperatura mínima < 15°C	-0,716	-0,385	-0,362
# de días con temperatura máxima ≥ 25°C	0,343	0,273	0,871
# de días con temperatura media < 30°C	0,476	0,602	-0,603
Valor propio	4.938	1.495	1.197
Varianza	54.864	16.610	13.302
Varianza total	54.864	71.474	84.776

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Para el rendimiento, también se encontraron tres componentes principales que explicaron el 83.75% de la variabilidad atribuible a los factores climáticos. En el primer componente, que explicó más del 5 % de la variabilidad, sobresalieron la temperatura

media, lluvia total y número de días con lluvia (con la mayor contribución) y temperatura mínima menor de 15°C; mientras que en el segundo y tercer componentes, se destacaron el número de días con temperatura media menor de 30°C y la temperatura mínima, respectivamente (cuadro 2).

Cuadro 2
Componente principal del rendimiento con los factores climáticos.

Indicador	Componente principal		
	1	2	3
Rendimiento, tMS/ha	0,096	0,904	0,061
Temperatura máxima, °C	0,601	0,404	0,475
Temperatura mínima, °C	0,052	0,129	0,887
Temperatura media, °C	0,772	0,167	0,516
Lluvia, mm	0,878	0,225	0,154
# días con lluvia	0,902	0,055	-0,153
# de días con temperatura mínima < 15°C	-0,752	0,103	-0,493
# de días con temperatura máxima ≥ 25°C	0,537	-0,624	0,438
# de días con temperatura media < 30°C	0,357	0,789	0,372
Valor propio	4.613	1.900	1.02
Varianza	51.255	21.108	11.421
Varianza total	51.225	72.363	83.784

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

La variabilidad de la población (80.58%) se explicó por medio de tres componentes. En el primero, coincidieron los indicadores antes señalados; mientras que en el segundo y tercer componentes, se destacaron la temperatura máxima y el número de días con temperatura máxima mayor de 25°C (cuadro 3).

Cuadro 3
Componente principal de la población con los factores climáticos.

Indicador	Componente principal		
	1	2	3
Población, macollas/5m	-0,118	0,893	-0,247
Temperatura máxima, °C	0,490	0,808	0,088
Temperatura mínima, °C	0,300	0,469	0,085
Temperatura media, °C	0,860	0,391	0,099
Lluvia, mm	0,840	0,282	0,066
# días con lluvia	0,842	-0,061	-0,091
# de días con temperatura mínima < 15°C	-0,854	-0,232	0,169
# de días con temperatura máxima ≥ 25°C	0,443	0,341	-0,815
# de días con temperatura media < 30°C	0,429	0,541	0,695
Valor propio	4.643	1.351	1.258
Varianza	51.592	15.007	13.981
Varianza total	51.592	66.599	80.580

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Se establecieron regresiones múltiples lineales entre las variables dependientes altura, población y rendimiento con algunos elementos del clima (variables independientes). Las expresiones de mejor ajuste para la población estuvieron relacionadas con la temperatura máxima, lluvia total y número de días con lluvia; para la población fueron la temperatura máxima, lluvia total y número de días con lluvia; mientras que para el rendimiento concurren la temperatura media, lluvia total, número de días con lluvia, temperatura mínima y número de días con temperatura máxima ≥ 25 °C (cuadro 4).

Cuadro 4
Expresiones matemáticas que relacionan la altura, población y rendimiento con algunos factores climáticos.

Indicador	Expresión	R ²	P
Altura	$71.59 + 5.64(\pm 1.32)T_{\max} - 0.1(\pm 0.06)LL_t + 0.35(\pm 0.12)\#dLL$	0.76	< 0.01
Población	$2.65 + 0.28(\pm 0.12)T_{\max} - 0.001(\pm 0.001)LL_t - 0.09(\pm 0.01)\#dLL$	0.75	< 0.01
Rendimiento	$2.66 + 0.22(\pm 0.13)T_{\text{med}} + 0.01(\pm 0.004)LL_t + 0.21(\pm 0.08)\#dLL + 0.49(\pm 0.08)T_{\min} - 0.36(\pm 0.02)T_{\max \geq 25^\circ\text{C}}$	0.71	< 0.05

T_{max}: temperatura máxima; T_{min}: temperatura mínima; T_{med}: temperatura media; T_{max ≥ 25 °C}: número de días con temperatura máxima ≥ 25 °C; LL_t: lluvia total; #dLL: número de días con lluvia.

Discusión

En Cuba existen dos estaciones climáticas definidas: periodo poco lluvioso (que se extiende desde noviembre hasta abril) y el lluvioso (que comprende los meses entre mayo y octubre). Cada uno de ellos presenta valores característicos en cuanto a los indicadores del clima. El primero se caracteriza por bajas temperaturas y duración e intensidad de la luz, así como el menor régimen de precipitaciones; mientras que en el segundo ocurre todo lo contrario. Esto determina la estacionalidad de la producción de biomasa y que en el periodo poco lluvioso los pastos sólo rindan hasta el 30% de su producción anual.

La literatura nacional al respecto es amplia con relación a la estacionalidad del rendimiento de los pastos, a pesar de los diferentes métodos agronómicos (disímiles formas de utilizar el riego y la fertilización) que se han empleado para reducir este desbalance y éste ha sido atribuido al comportamiento de los factores climáticos.

Desde la década de los años ochenta del siglo XX comenzaron los estudios en Cuba para establecer la influencia de los factores climáticos en el comportamiento de los pastos (Herrera y Menchaca, 1982; Crespo y Herrera, 1982). Estas investigaciones se fundamentaron en determinar el coeficiente de correlación entre el rendimiento e indicadores de la calidad con las temperaturas (máxima, mínima y media) y las precipitaciones. Se evidenció, para estos indicadores, que las correlaciones eran positivas con la temperatura máxima y la lluvia, así como negativas con la temperatura mínima.

Febles *et al.* (2010) sugirieron una estrategia de adaptación y mitigación al cambio climático mediante investigaciones priorizadas en el sector agropecuario; entre las cuales sobresalía la influencia de este cambio en la producción de biomasa destinada a la alimentación animal.

Con posterioridad, Álvarez *et al.* (2012) estudiaron el comportamiento de las precipitaciones en el periodo 1970-2009 en el Instituto de Ciencia Animal, e informaron la tendencia a disminuir el volumen total de las lluvias, la disminución de los días con lluvia y el retardo en tiempo del comienzo de las precipitaciones; lo cual fue avalado con el pronóstico realizado, unido a la temperatura, de la probable disminución que esto pudiera producir en el comportamiento de los pastos (Álvarez *et al.*, 2013). También Ramírez (2010) y Arias (2012) habían informado el marcado incremento de las temperaturas y la disminución del régimen de precipitaciones en la región oriental de Cuba.

Estos elementos determinaron que Ramírez *et al.* (2011; 2015), Herrera *et al.* (2013) y Verdecia *et al.* (2014) establecieran los coeficientes de correlación entre los indicadores del clima y los rendimientos y calidad de especies de los géneros *Cynodon*, *Pennisetum* y *Panicum*, entre otros; sin embargo, los valores de los coeficientes variaron entre las localidades donde se realizaron los estudios.

Por otro lado, Álvarez y Febles (2015) informaron que en la actualidad el clima de Cuba ha variado con relación al periodo 1961-1990 en: incremento de la temperatura superficial promedio del aire de 0.9°C; aumento de la temperatura mínima promedio de 1.9°C; reducción del rango diurno de la temperatura; mayor frecuencia de sequías prolongadas y severas, especialmente en el verano; aumento de las grandes precipitaciones

en invierno y reducción de 10% de la precipitación anual. La variación en el régimen de lluvia implicó reducción progresiva de los recursos hídricos disponibles, que se reflejó en la disminución del volumen aprovechable, como consecuencia no sólo de la reducción de la precipitación, sino también de la elevación de las competencias existentes por el agua entre los ecosistemas y la demanda humana.

Al tener en cuenta estos antecedentes hubo necesidad de cambiar la manera de realizar el análisis del efecto de los factores climáticos en la producción de biomasa para el rumiante. Por ello, se decidió tomar en consideración tres aspectos fundamentales de la producción de los pastos (rendimientos, altura y población) y, mediante análisis multivariado, establecer la influencia de los factores climáticos.

Resultó alentador que mediante tres componentes principales se pudiera explicar 85, 84 y 80% de la variabilidad de la altura, el rendimiento y la población, respectivamente, debida a los factores climáticos estudiados. Además, para estos tres indicadores agronómicos, coincidieron en el primer componente la temperatura media, lluvia total, número de días con lluvia y número de días con temperatura mínima menor de 15°C, que explicaron más del 50% de la variabilidad.

Estos factores climáticos son determinantes para el crecimiento y desarrollo de los pastos. El régimen de precipitaciones, tanto el total como su distribución, garantizan que las plantas puedan absorber los nutrientes del suelo y emplearlos en su metabolismo celular; mientras que las temperaturas mínimas por debajo de 15°C disminuyen el crecimiento y desarrollo de la planta por su efecto negativo en la fotosíntesis y otros senderos metabólicos; este proceso es de mayor intensidad en la medida que aumenta el número de días con la referida temperatura.

Estos aspectos habían sido señalados con anterioridad por Herrera *et al.* (2013) en seis variedades de pastos de los géneros *Cynodon*, *Panicum* y *Pennisetum*. Estos autores informaron coeficientes de correlación negativos entre el rendimiento y el número de días con temperatura máxima menor 30°C y el número de días con temperatura mínima menor 15°C, así como correlaciones positivas con la lluvia total, el número de días con lluvia y la radiación total. Sin embargo, los coeficientes fueron específicos para cada uno de los pastos estudiados, lo que evidenció su respuesta individual a los factores climáticos.

En los otros dos componentes principales se distribuyeron el resto de los indicadores climáticos (temperatura mínima, número de días con temperatura máxima $\geq 25^\circ\text{C}$ y número de días con temperatura media $< 30^\circ\text{C}$), pero con menor explicación de la variabilidad de los tres indicadores agronómicos; lo cual avala los resultados obtenidos en el primer componente, aunque no se puede descartar su influencia (quizá en menor magnitud), en el crecimiento y desarrollo de los pastos.

Las expresiones matemáticas determinadas informan la necesidad de considerar los factores climáticos en su conjunto; ya que su interrelación influye en el metabolismo de la planta como se puso de manifiesto, y señalaron la importancia de las temperaturas y las lluvias. Esto se encuentra avalado por el hecho de que las expresiones matemáticas determinadas por Ramírez *et al.* (2011) en *Pennisetum purpureum* difieren de las informadas en el presente trabajo, tanto en los elementos climáticos como en el coeficiente de

determinación; lo cual está determinado por el diferente comportamiento de los factores climáticos en primera instancia.

Llamó la atención que para la altura y la población los modelos matemáticos estuvieron integrados por las mismas variables climáticas; mientras que para el rendimiento, la expresión contenía otras variables. Esto señala que el efecto de los factores climáticos y su interrelación para explicar el comportamiento del rendimiento son de mayor complejidad. Además, los relativamente bajos coeficientes de determinación de las expresiones reafirman lo antes señalado y abre el camino para futuras investigaciones en este campo.

Conclusiones

Los resultados de la presente investigación señalaron la importancia que reviste para los pastos no sólo el valor promedio (temperaturas) o total (lluvia) de los indicadores del clima, sino también el número de días de ocurrencia de estos indicadores en el ciclo de crecimiento y desarrollo de los pastos.

Recomendaciones

Por otro lado, es necesario realizar este tipo de estudio en diferentes regiones del país y varias especies para establecer el comportamiento en cada uno de ellos y tratar de establecer una expresión matemática general. Además, se precisa esclarecer la especificidad de la respuesta de cada pasto ante los factores climáticos, así como determinar modelos matemáticos que permitan predecir su respuesta ante la variabilidad de los factores climáticos motivados por los cambios que están ocurriendo en éstos, así como extender este tipo de estudio a las leguminosas volubles y arbóreas.

Literatura citada

- Álvarez, A. y Febles, G. (2015). *El cambio climático y su vinculación con los pastos y forrajes en Cuba*. V Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana. CD-ROM.
- Álvarez, A.; Herrera, R.S.; Díaz, L. y Noda, A. (2013). Influence of rainfall and temperature on biomass production of *Pennisetum purpureum* clones. *Cuban J. Agric. Sci.* 47 (4): 413-417.
- Álvarez, A.; Herrera, R.S.; Noda, A. y Díaz, L. (2012). Rainfall performance at the Institute of Animal Science in Cuba during the period 1970-2009 for the strategic management of pastures. *Cuban J. Agric. Sci.* 46 (3):301-308.
- Arias, R. (2012). *Frecuencias de corte en cultivares promisorios de Pennisetum purpureum resistentes a la sequía con riego y fertilización orgánica*. Tesis de Maestría. Universidad de Granma, Cuba.
- FAO. (2011). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. Roma, Italia. 225 pp.
- Crespo, G. y Herrera, R.S. (1982). *Influencia de los factores climáticos en la variación del rendimiento y calidad de los pastos*. 5to. Seminario Científico de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba. 105 pp.
- Febles, G.; Galindo, J. y Herrera, R.S. (2010). *Estrategia desarrollada por el Instituto de Ciencia Animal para abordar la adaptación y mitigación al cambio climático en áreas de la ganadería cubana*. III Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana, CR-ROM. 5 pp.
- Herrera, R.S.; García, M.; Cruz, A.M. y Romero, A. (2012). Assessment of *Pennisetum purpureum* clones obtained by *in vitro* tissue culture. *Cuban J. Agric. Sci.* 46 (4):427-432.

- Herrera, R.S.; García, M.; Cruz, A.M. y Romero, A. (2013). *Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos*. XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. CD-ROM, La Habana. 4 pp.
- Herrera, R.S. y Menchaca, M.A. (1982). *Resultados preliminares sobre la influencia de los factores climáticos en el comportamiento de la proteína en Bermuda cruzada*. VII Seminario Interno del Instituto de Ciencia Animal, La Habana 54 pp.
- Planos, E.; Rivero Vega, R. y Guevara, A. (2013). *Impacto del cambio climático y medidas de adaptación en Cuba*. Instituto de Meteorología. Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia, Medio Ambiente y Tecnología. La Habana. Cuba. 430 pp.
- Ramírez, J.L. (2010). *Caracterización productiva y nutritiva de cinco especies promisorias de pastos tropicales en el Valle del Cauto*. Tesis de Doctorado. Universidad de Granma, Cuba.
- Ramírez, J.L.; Herrera, R.S.; Leonard, I.; Cisneros, M.; Verdecia, D. y Álvarez, Y. (2011). Relation between climatic factors, yield and quality of *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-169 in the Cauto Valley, Cuba. *Cuban J. Agric. Sci.* 45 (2): 293-298.
- Ramírez, J.L.; Herrera, R.S.; Leonard, I.; Verdecia, D.; Álvarez, Y. y Arceo, Y. (2015). *Relación de la calidad con los factores del clima en tres variedades de Megathyrsus maximus en la región oriental de Cuba*. V Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana. CD-ROM. p. 287-290.
- SPSS. (2012). *Software for Window, release 21.0*, INC., Chicago, IL USA.
- Valenciaga, D. (2007). *Caracterización química y estructural de las paredes celulares de Pennisetum purpureum vc. CUBA CT-115 y su degradabilidad ruminal en búfalos de río (Bubalis bubalus)*. Tesis de doctorado. La Habana, Cuba.
- Verdecia, D.M.; Herrera-García, R.S.; Ramírez de la Ribera, J.L.; Leonard-Acosta, I.; Bodas-Rodríguez, R.; Andrés-Lorente, S.; Giráldez García, F.J.; González-Álvarez, J.S.; Arceo-Benite, Y.; Barzán-Osorio, Y.; Álvarez-Báez, Y. y López-Puentes, S. (2014). Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18 (3):75-90.

Recepción: 03 de mayo de 2016
Envío arbitraje: 14 de mayo de 2016
Dictamen: 08 de julio de 2016
Aceptado: 11 de agosto de 2016



Título: *De paseo*

Autor: Alejandra del Viento

Preferencia y consumo de diferentes partes morfológicas de *Ricinus communis* L. (higuerilla) por ovinos

Preference and consumption of different morphological parts
of *Ricinus communis* L. (castor) in sheep

César Lara,¹ Alejandra Del Viento² y José Manuel Palma^{1,2*}

¹Maestría Interinstitucional en Producción Pecuaria (MIPPE)

Universidad de Colima y Universidad de Guadalajara

Km 40 Autopista Colima-Manzanillo

Tecomán, Colima, México (C. P. 28100)

Camino Ramón Padilla Sánchez 2100

Zapopan, Jalisco, México (C. P. 44600)

²Universidad de Colima

Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario-
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (CUIDA-FMVZ)

Gonzalo de Sandoval No. 444 Col. Las Víboras

Colima, Colima, México (C. P. 28045)

* Correspondencia: palma@uclm.mx

Resumen

Con la finalidad de conocer la preferencia y consumo de las diferentes partes morfológicas de *Ricinus communis* L. [limbo foliar (lámina de la hoja; HRc), peciolo (PRc), tallo (TRc), limbo foliar + peciolo (HPRc) y planta completa (PCRc)] en forma de harina por ovinos, se realizó una prueba de cafetería dividida en dos periodos. Se utilizaron cuatro borregos raza Pelibuey con un peso vivo de 26.4 ± 4.0 kg, sanos, desparasitados, vitaminados, alojados en forma individual y alimentados con una dieta de mantenimiento. Se evaluaron dos periodos; el primero, fue de 20 días, donde inicialmente se ofertó 40 g de cada parte morfológica en un lapso de cuatro horas/día, con incremento diario de la

Abstract

In order to know the preference and consumption offered as meal of different morphological parts of *Ricinus communis* L. [blade leaves (HRc), petiole (PRc), stems (TRc), blade leave + petiole (HPRc), complete plant (PCRc)] in Pelibuey sheep by cafeteria test in two periods, four sheep with a live weight of 26.4 ± 4.0 kg were used. They were healthy, wormed, and housed individually with a maintenance base diet with vitamins. The first period lasted 20 days in which the first days 40 g of each treatment were offered four hours each day with a daily increase of the quantity depending on the consuming dynamics, always estimating five percent rejection. The results of the first period showed a higher preference for blade leaves compared with the other treatments [HRc 72.9a, PRc 1.4b, TRc 0.8b, HPRc 6.9b and PCRc 5.4b ($P < 0.01$)]. After this

oferta según la dinámica de consumo, estimando 5% de rechazo. Los resultados del primer periodo fue una mayor preferencia por la limbo foliar comparada con el resto de los tratamientos: HRc 72.9a, PRc 1.4b, TRc 0.8b, HPRc 6.9b y PCRc 5.4b ($P < 0.01$). De forma inmediata a este periodo, se continuó con un segundo ensayo por 12 días, en donde se ofertó la harina de HRc durante 24 h y la dieta de mantenimiento, se logró un consumo promedio de 433 g MS/animal, sin presencia de signos de intoxicación en ambos casos. Por lo tanto, el limbo foliar de *R. communis* fue la parte preferida por los ovinos; la cual, se presenta como una alternativa de alimentación para rumiantes.

Palabras clave

Gustocidad, hoja, adaptación, selectividad, forraje.

period, followed a second essay that lasted 12 days, where the meal of the leaves (HRc) was offered throughout 24 h. The average consumption in this period was 433 g DM/animal, without any signs of poisoning. Hence, the meal of *R. communis* blade leaves was the preferred part consumed by the ovine, which is a good feed alternative for ruminants.

Keywords

Palatability, leaves, adaptation, selectivity, forage.

Introducción

La estacionalidad climática en la región de trópico seco genera restricciones en la disponibilidad forrajera, tanto en cantidad como en calidad. En cuanto a las limitantes de calidad, destacan: su bajo contenido de proteína cruda, deficiente energía degradable, alta concentración de fibra, de media a baja degradabilidad ruminal; lo que da como resultado un bajo índice de consumo, una lenta fermentación ruminal y, por ende, un pobre rendimiento microbiano. Esto induce a que los rumiantes presenten un bajo desempeño productivo cuando son alimentados sólo con gramíneas. Es por ello que se considera que los recursos arbóreos o arbustivos en sistemas silvopastoriles sean una opción para mejorar el desempeño productivo de los rumiantes (Palma, 2006).

En cuanto al uso de especies arbóreas y arbustivas, recientemente, Del Viento *et al.* (2014) describieron en bovinos el consumo de limbo foliar (lámina de la hoja) de *Ricinus communis* L. (higuerilla) como forraje no convencional asociado al pastoreo de *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115, sin presencia de signos de intoxicación. A su vez, estos autores reportaron valores de proteína cruda (Nx6.25) de 21.98 ± 1.03 % y una degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca, a las 48 h de 93.21 ± 4.06 %.

Cabe señalar que, previamente, Tokarnia *et al.* (1975) reportaron casos de intoxicación en becerros cuando ofertaron follaje de *R. communis*; y éstos presentaron un cuadro de signos nerviosos, gastroentéricos e, inclusive, la muerte de algunos animales.

Con estos antecedentes, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la preferencia y consumo de diferentes partes morfológicas (limbo foliar, peciolo, tallos, limbo foliar + peciolo y planta completa) de *R. communis* L. por ovinos y determinar posibles signos de intoxicación.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en Colima, Colima (México), en el Rancho “El Peregrino”, de la Universidad de Colima. En las siguientes coordenadas: 19° 12' 35" latitud Norte, 103° 43' 24" longitud Oeste; con temperatura media de 25°C, con una precipitación media pluvial de 950 mm (INEGI, 2009) y una altura sobre el nivel del mar de 432 m (Google Earth, 2014). Se utilizaron cuatro borregos de la raza Pelibuey de 26.4 ± 4.0 kg de peso vivo, desparasitados con Closantel 5% (Closantil), vía oral, a una dosis de 10 mg/kg PV y vitaminados con cuatro mililitros de un compuesto de vitaminas B12 y ADE (Polivit B₁₂ + ADE) por vía intramuscular.

Se realizó una prueba en jaulas metabólicas individuales dividida en dos periodos; en ambos casos, se ofertó una dieta de mantenimiento dos veces al día: 08:00 y 16:00 horas (cuadro 1); la primera fue una prueba de cafetería durante 20 días, sin adaptación a los tratamientos, pero con adaptación a las jaulas y a la dieta base ofertada por siete días, con agua a libre acceso; posterior a la adaptación se ofertaron las distintas partes morfológicas de la planta de *R. communis* (Rc) en forma de harina. Los tratamientos consistieron en harina de: limbo foliar (lámina de la hoja; HRc), peciolo (PRc), tallo (TRc), limbo foliar + peciolo (HPRc), planta completa (PCRc) y un segundo periodo fue desarrollado durante 12 días con disponibilidad de 24 horas de la harina del limbo foliar de *R. communis* separada de la dieta base.

En el primer periodo se ofertó a cada borrego 40 g de cada tratamiento, en forma simultánea, de 08:00 am a 12:00 pm, para un total de forraje de *R. communis* de 200 g; para que los animales establecieran la preferencia de las diferentes partes morfológicas de este forraje. La suma de la oferta inicial de los tratamientos equivalió a la dosis tóxica reportada por Tokarnia *et al.* (1975) de 5 g MS/Kg PV y se ajustó la oferta de cada tratamiento basado en su dinámica de consumo (múltiplos de 40 g), buscando que existiera (al menos) el 5% de rechazo en cada uno.

Se evaluó la preferencia de consumo de los tratamientos (g MS/kg PV), dinámica de preferencia de consumo de las diferentes partes de *R. communis* y la dinámica de consumo de los tratamientos con relación a la dieta base en ambos periodos, además de los posibles signos de intoxicación.

La harina de las diferentes partes morfológicas de *R. communis*, se obtuvo a través de la recolección de plantas silvestres, previo a su fructificación; éstas, se secaron a la sombra, se procesaron en un molino para forraje marca Xalapa modelo MA-460, se tomaron muestras de cada tratamiento y de la dieta base para realizar el análisis químico proximal (AOAC, 1990), fracciones de fibra (Van Soest, 1963) y degradabilidad *in situ* a 48 h realizada en bovinos (Orskov *et al.*, 1980).

Cuadro 1
Porcentaje de inclusión, análisis químico
y contenido de energía de la dieta base.

Ingredientes	% Inclusión
Ensilado de punta de caña de azúcar	46.00
Rastrojo c/maíz	23.00
Concentrado comercial ¹	30.00
Minerales	1.00
Análisis químico	% Inclusión
Materia seca*	91.05
Proteína cruda	10.76
Materia orgánica	79.29
Cenizas	11.76
Energía bruta (Mcal/kg MS)**	3.74

¹14% Proteína cruda. *La muestra fue previamente deshidratada. **Energía bruta se realizó por medio de bomba calorimétrica.

Para el análisis de los datos se utilizó un ANDEVA con un diseño completamente al azar con cinco tratamientos y se consideró a los animales como repeticiones; así como prueba de Tukey ($P < 0.05$) para la comparación de diferencia múltiple de medias, con apoyo del paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XV.II.

Resultados

Con relación al contenido nutricional (cuadro 2), se observó que el limbo foliar presentó el mayor valor energético de 6.3 Mcal/kg MS en EB, y de proteína cruda con 27.60%, así como el menor contenido de FDN y FDA; además, se observó que obtuvo el mayor porcentaje de degradabilidad ruminal *in situ* (94.6 % a las 48 h) comparada con el resto de los tratamientos.

Cuadro 2
Composición química y degradabilidad ruminal *in situ*
de las diferentes partes morfológicas de *R. communis* L.

Tratamientos	Porcentaje						Digestibilidad in situ (48 h)
	EB (Mcal/kg MS)	MS	PC	FDN	FDA	Ceniza	
Limbo foliar	6.3	92.9	27.6	31.2	24.9	7.2	94.6
Pecíolo	3.1	92.8	8.2	47.6	40.7	12.1	81.1
Tallo	3.7	91.4	8.2	50.7	48.4	8.0	60.9
Limbo foliar+ Pecíolo	4.1	91.6	23.8	37.6	30.7	7.8	-
Planta completa	3.5	92.5	20.4	33.8	28.6	6.8	76.8

EB= Energía bruta; MS= Materia seca; PC= Proteína cruda; FDN= Fibra detergente neutra; FDA= Fibra detergente ácida; Mcal=Megacalorías.

En el cuadro 3, se muestran los valores promedio, mínimo y máximo obtenidos en el primer periodo para las diferentes partes morfológicas de *R. communis*; en donde el mayor consumo —en promedio— fue para el limbo foliar ($P < 0.01$), superior al resto de los tratamientos que comparten similitud estadística entre ellos. Asimismo, se observó un consumo máximo de 125 g/animal/día para el limbo foliar con mayor preferencia y consumo por ovinos.

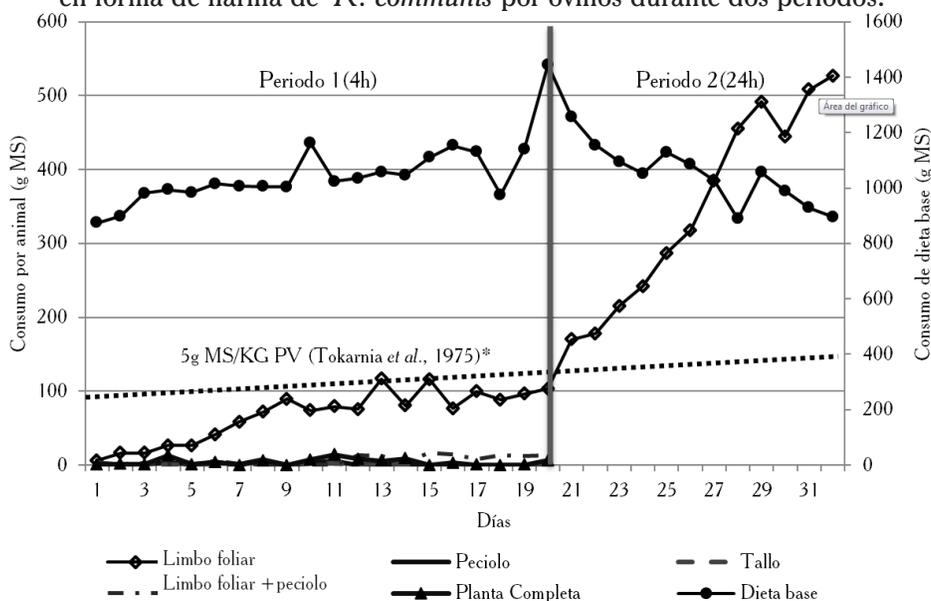
Cuadro 3
Consumo (g/día) de las diferentes partes morfológicas
de harina de *R. communis* L. por ovinos.

Tratamientos	Media	Mínimo	Máximo
Limbo foliar	72.9 ^a	6.5	125.3
Pecíolo	1.4 ^b	0.0	8.0
Tallo	0.8 ^b	0.0	4.0
Limbo foliar + Pecíolo	6.5 ^b	0.0	17.5
Planta completa	5.4 ^b	0.0	19.0
EEM	3.8		
P	0.001		

a,b distinta literal en columna significa diferencia estadística (Tukey < 0.001). EEM= Error Estándar de la Media, P= Probabilidad.

En la figura 1, se muestra la dinámica de consumo de las diferentes partes morfológicas de *R. communis* y de la dieta base para ambos periodos evaluados. En el primer periodo se determinó una preferencia y mayor consumo del limbo foliar respecto del resto de los tratamientos (peciolo, tallo, limbo foliar+peciolo y planta completa). De esta manera, la ingesta del limbo foliar de *R. communis* contrasta entre el primero y segundo periodo, al pasar de un rango de consumo del primer periodo de 6 hasta 116 g MS en un lapso de 4 h, a un consumo de 116 hasta 527 g MS, en 24 h en el segundo periodo. Respecto a la ingestión de la dieta base, ésta tendió a disminuir en el segundo periodo, cuando existió una mayor ingestión del limbo foliar. En ambos periodos no hubo signos de intoxicación.

Figura 1
Dinámica de preferencia de consumo de materia seca de diferentes partes morfológicas en forma de harina de *R. communis* por ovinos durante dos periodos.



* Dosis tóxica indicada por estos autores.

Discusión

El presente estudio es una propuesta novedosa de utilizar el forraje de *R. communis* como alimento para rumiantes; en donde, tanto por su calidad nutricional como por la preferencia y consumo de la harina del limbo foliar, se evidencia que esta fracción de esta planta es una alternativa forrajera para rumiantes, en virtud de que se confirma lo señalado por Del Viento *et al.* (2014), quienes —en el caso de bovinos— observaron la selección de la limbo foliar en pastoreo.

Por lo tanto, con relación a la calidad nutrimental, autores como Nagy *et al.* (1978) y Del Viento *et al.* (2014), reportaron que esta fracción de *R. communis* tiene altos valores de proteína (40 y 21 %, respectivamente), comparado con el resultado del presente ensayo (de 27 %); la explicación de esta variación en el valor nutrimental de la hoja se asocia a distintos factores; entre ellos, la edad de la planta (Ball *et al.*, 2001), además, a la variedad de la misma, puesto que en estos trabajos se utilizó material silvestre, por lo que resulta necesaria la tipificación de estudios posteriores de estos aspectos.

Otro punto relevante concerniente al alto consumo de la harina del limbo foliar de *R. communis* es su bajo tenor de FDN y FDA, comparado con las otras partes morfológicas de la planta. En este sentido, Pérez *et al.* (2012) y García *et al.* (2008) realizaron pruebas sobre preferencia y consumo con diferentes leñosas forrajeras en bovinos; los cuales, mencionan que existieron limitaciones de preferencia de consumo en especies que presentaron mayor porcentaje de material fibroso (FDN y FDA); y en contraparte, con especies de menor porcentaje de contenido fibroso, que obtuvieron una mayor preferencia y consumo.

El consumo de la limbo foliar de *R. communis* por los ovinos en condiciones de estabulación sin presentar signos de intoxicación, se presenta como una alternativa forrajera de alta calidad, tal como fue descrito por Behl *et al.* (1986) para borregos; y por Del Viento *et al.* (2014) en bovinos en pastoreo, a pesar de las diferencias morfológicas y de hábitos de consumo entre estas especies, así como del sistema de alimentación que influyen en el consumo de los alimentos por cada tipo animal (Mazorra *et al.*, 2009).

A su vez, estos resultados difieren de lo señalado por Tokarnia *et al.* (1975), quienes mencionaron que el consumo de *R. communis* provocó intoxicación e, incluso, la muerte de bovinos a una dosis de 5 g MS/kg PV. Diferente a lo observado en el presente ensayo, en donde después de 20 días de consumo de manera gradual, los animales superaron esta dosis tóxica; que, inclusive, llegó a ser hasta tres veces superior a lo indicado por estos autores, fenómeno que puede explicarse como un mecanismo de adaptación al principio tóxico contenido en las hojas (alcaloide ricinina), como lo mencionaron Silva *et al.* (2006).

Esta preferencia de consumo por el limbo foliar llegó a significar hasta el 33 % del total de la ración; este fenómeno es multifactorial, dado que el estado nutricional del animal, experiencias previas de consumo, tipo de alimento, calidad, sabor, color, olor, así como las propiedades químicas de la planta, son elementos importantes que impactan la selección y nivel de consumo de la dieta (Decruyenaere *et al.*, 2009; Forbes, 2007; Villalba *et al.*, 2004; 2015).

En este sentido, la preferencia de consumo por el limbo foliar de *R. communis* también se asocia a aspectos de tipo hedónico y de orosensación en los rumiantes, como fue revisado por Villalba *et al.* (2015), quienes indicaron que la percepción sensorial que el animal recibe del alimento se asocia al placer y saciedad.

Cabe mencionar que el mayor nivel de consumo de la harina de limbo foliar de higuerrilla también se relaciona con su alto valor energético (6.3 Mcal/kg MS energía bruta), lo que permite tener un balance proteico-energético que favorece su consumo (Decruyenaere *et al.*, 2009). Otro factor asociado a la preferencia y consumo de éste corresponde directamente con el llenado y vaciado del rumen, debido a la digestibilidad del alimento y

a su tasa de pasaje con una relación positiva con el consumo (Thornton y Minson, 1973; Decruyenaere *et al.*, 2009). En este sentido, el limbo foliar de *R. communis* presentó una alta degradabilidad (94.60% a las 48 h), similar a lo reportado por Del Viento *et al.* (2014), con 93.20% y Palma *et al.* (2015) 95.60%, con un incremento importante en el consumo del limbo foliar; estos valores de degradabilidad se asocian a su alto contenido de proteína y bajos tenores de las fracciones de fibra.

Con relación a la selección de alimentos, se observó el fenómeno de *eufagia* o *sabiduría nutritiva* (Provenza y Balph, 1995; Rogers y Blundell, 1991), que mediante los sentidos del gusto, olfato y tacto, los animales tienen la capacidad innata para reconocer nutrientes o presencia de factores tóxicos, con aceptación inmediata o restringida; situación observada en el primer día, donde las diferentes partes morfológicas de *R. communis* no fueron consumidas. Posteriormente, existió una adaptación con un incremento gradual en el limbo foliar, con un consumo bajo y variable en la combinación de limbo foliar + peciolo y planta completa; mientras que el peciolo y el tallo tuvieron un consumo mínimo.

La posible explicación del bajo consumo observado en el peciolo, tallo, limbo foliar + hoja y planta completa, se puede asociar a la presencia de factores antinutricionales: en particular, de glucósidos cardiacos (Ibraheem y Maimako, 2014) y taninos (Alugah e Ibraheem, 2014), quienes demostraron que el alto contenido de estos metabolitos secundarios en las diferentes partes morfológicas de *R. communis* producen un intenso sabor amargo y astringencia; lo cual explica el rechazo del animal (Márquez y Suárez, 2008).

Conclusiones

Los ovinos mostraron mayor preferencia y consumo por la harina del limbo foliar de *R. communis* con relación a las otras partes morfológicas de la planta, sin presencia de signos de intoxicación.

Por lo tanto, el limbo foliar de *R. communis* se presenta como una alternativa de alimentación en rumiantes, por su alto contenido de energía bruta, proteína cruda y degradabilidad ruminal *in situ*, además de su bajo tenor de fracciones de fibra.

Literatura citada

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). (1990). *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Analytical Chemists, Washington, DC. 684 p.
- Alugah, C. I. e Ibraheem, O. (2014). Whole plant screenings for flavonoids and tannins contents in castor plant (*Ricinus communis* L.) and evaluation of their biological activities. *J. Herb. Med.* 2(2):68-76.
- Ball, D.; Collins, M.; Lacefield, G.; Martin, N.; Meterns, D. y Olson, K. (2001). Understanding forage quality. *American Farm Bureau Federation Publication*. 1-01. Park Ridge, Illinois, U.S.A. 17 pp.
- Behl, C.R.; Pande, M.B.; Pande, D.P. y Radadia, M.S. (1986). Nutritive value of matured wilted castor (*Ricinus communis* L.) leaves for crossbred sheep. Short communication. *Indian J. Anim. Sci.* 56(4):473-474.
- Decruyenaere, V.; Buldgen A. y Stilmant, D. (2009). Factors affecting intake by grazing ruminant and related quantification methods. *Biotechnol. Agron. and Soc.* 13 (4): 559-573.
- Del Viento, A.; Lara, C. y Palma, J.M. (2014). *Higuerilla* (*Ricinus communis* L.) ¿Forraje proteico alternativo para el ganado en sistemas silvopastoriles? XLI Reunión de la AMPA y VII Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Mérida, Yucatán, México. Pp. 398-401.
- Forbes, J.M. (2007). A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of: minimal total discomfort. *Nutr. Res. Rev.* 20(2):132-146.
- García, D.E.; Medina, M.G.; Cova, L.J.; Soca, M.; Pizzani, P.; Baldizán, A. y Domínguez, C.E. (2008). Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Zootecnia Tropical* 26(3):191-195.
- Google Earth. (2014). Google Inc. (Software).
- Ibraheem, O. y Maimako, R.F. (2014). Evaluation of alkaloids and cardiac glycosides contents of *Ricinus communis* L. (Castor) whole plant part and determination of their biological properties. *I.J.T.P.R.* 6(3):34-42.
- INEGI. (2009). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Colima, Colima*. Disponible en web: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/06/06002.pdf> (Consultado en noviembre de 2015).
- Márquez, D. y Suárez, A. (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria*. 16:87-109.
- Mazorra, C.; Fontes, D.; Cubilla, N. y De Vega, A. (2009). Estrategias para modificar el consumo voluntario y la selección de alimentos de los pequeños rumiantes en pastoreo. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 43(4):379-385.
- Nagy, S.; Telek, L.; Hall, N.T. y Berry, R.E. (1978). Potential food uses for protein from tropical and subtropical plant leaves. *J. Agric. Food Chem.* 26(5):1016-1027.
- Orskov, E. R.; Deb-Hovell, E.R. y Mould, F. (1980). The use the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop. Anim. Prod.* 5(3):195-213.
- Palma, J.M. (2006). Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*. 14(3):95-104.
- Palma, J. M.; Lara, C.; Rivera, I.; Del Viento, A. y Haübi, C. (2015). *Digestibilidad in situ de diferentes partes morfológicas de Ricinus communis como forrajes para rumiantes*. XXIV Congreso de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal Sochipa. A.G. Puerto Varas, Chile. Pp. 265.
- Pérez, N.; Ibrahim, M.; Skarpe, C.; Villanueva, C. y Guerin, H. (2012). Uso de la diversidad forrajera tropical en combinaciones pareadas de leñosas forrajeras como indicador de preferencia para su inclusión en el diseño de sistemas silvopastoriles en zonas secas. *Revista Corpoica-Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 13(1):79-88.
- Provenza, F.D. y Balph, D.F. (1990). *Applicability of five diet selection models to various foraging challenges ruminants encounter*. En: Behavioural mechanism of food selection. NATO ASI Series G: Ecology Sciences, Vol. 20, Hughes, R.N. (Ed.). Heidelberg: Springer-Verlag, New York, USA. Pp. 423-460.

- Rogers, P.J. y Blundell, J. E. (1991). Mechanism of diet selection: the translation of needs into behaviour. *Proc. Nutr. Soc.* 50(1):65-70.
- Silva, M.D.; Riet-Correa, F.; Medeiros, R. y Oliveira, O. (2006). Plantas tóxicas para ruminantes e equideos no serido occidental e oriental do Rio Grande do Norte. *Pesquisa Vet. Brasil.* 26(4):223-236.
- Statgraphic Centurion XV. (2007). StatPoint Inc. USA.
- Thornton, R.F. y Minson, D.J. (1973). The relationship between apparent retention time in the rumen, voluntary intake and apparent digestibility of legume and grass diets in sheep. *Aust. J. Agri. Res.* 24(6):889-898.
- Tokarnia, C. H.; Dobereiner, J. y Canella, C. (1975). Intoxicación experimental en bovinos por hojas de *Ricinus communis*. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira.* 10(8):1-7.
- Villalba, J.J.; Provenza, F.D. y Han, G. (2004). Experience influences diet mixing by herbivores: implications for plant biochemical diversity. *Oikos.* 107(1):100-109.
- Villalba, J.J.; Provenza, F.D.; Catanese, F. y Distel, R.A. (2015). Understanding and manipulating diet choice in grazing animals. *Anim. Prod. Sci.* 55(3):261-271.
- Ván Soest, P.J. (1963). Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. Assoc. Off. Ana. Chem.* 46(5):829-835.

Recibido: 5 de abril de 2016
Arbitraje: 27 de abril de 2016
Dictamen: 15 de agosto de 2016
Aceptado: 20 de agosto de 2016

Sistemas agroforestales con especies de importancia maderable y no maderable, en el trópico seco de México[□]

Agroforestry systems with timber and non-timber forest species important in the dry tropics of Mexico

María Leonor Román Miranda,* Antonio Mora Santacruz y Gerardo A. González Cueva

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA)
Universidad de Guadalajara
Km 15.5 Carretera Nogales
Zapopan, Jalisco, México, C.P. 44100

* Correspondencia: romanmarleo@yahoo.com

□ Artículo de revisión

Resumen

La deforestación en zonas tropicales conlleva a la degradación de los recursos naturales, entre ellos: la erosión de los suelos, pérdida de la biodiversidad y menor captación de agua; por otro lado, la diversidad de especies forestales en bosques tropicales es una alternativa para diversificar la producción agropecuaria de una manera integral y sostenible. El presente estudio aborda los sistemas agroforestales en el trópico seco de los estados de Colima, Jalisco y Nayarit, en México; así como el manejo de especies multipropósito. Dentro de los sistemas más utilizados en el área de estudio destacan: las cercas vivas, huertos caseros, producción de cocoteros con otros cultivos, incluyendo frutales; cultivos de café bajo sombra con árboles nativos y los sistemas silvopastoriles. Asimismo, sobresale la variabilidad de especies forestales tropicales de uso múltiple; entre ellos: el maderable, forrajero, medicinal y consumo humano, como el capomo (*Brosimum alicastrum*). Se resalta la biodiversidad en cafetales bajo sombra, la conectividad que presentan las cercas vivas con masas

Abstract

Deforestation in tropical areas is the principal cause of degradation of natural resources, among them: soil erosion, destruction of habitats, loss of biodiversity and lower water capture. On the other hand, the diversity of plant species in tropical forests is an alternative to diversify agricultural production for an integral and sustainable way. The present study deals with agroforestry systems in the dry tropics of the states of Colima, Jalisco and Nayarit, as well as the management of multipurpose species. Within the most used systems in the study area are: live fences, home gardens, coconut production with other crops including fruit trees, shade coffee crops with native trees and silvopastoral systems. Also, the variability of tropical forest species of multiple uses stands out; among those uses are timber and forage, medicinal and human consumption as the capomo (*Brosimum alicastrum*). This revision highlights the biodiversity in shade coffee farms, the connectivity between live fences and wooded masses facilitating the passage of animals, seeds and pollen and the

boscosas, facilitando el movimiento de animales, semillas y polen, y la diversidad de especies forestales en huertos caseros. Se destaca, también, la generación de servicios ambientales y la importancia de los sistemas agroforestales en la adaptación y mitigación al cambio climático. Por lo anterior, es importante la incorporación de especies forestales en los sistemas de producción agropecuaria, aplicando técnicas agroforestales que permitan mejorar el paisaje y conservar la biodiversidad en áreas tropicales.

Palabras clave

Agroforestería, biodiversidad, carbono, deforestación.

diversity of forest species in home gardens. It also emphasizes the generation of environmental services and the importance of agroforestry systems in the mitigation and adaptation to climate change. Because of the above, it is important the incorporation of forest species in agricultural production systems, applying agroforestry techniques that will enhance the landscape and conserve biodiversity in tropical areas.

Keywords

Agroforestry, biodiversity, carbon and deforestation.

Introducción

México es uno de los 12 países megadiversos del mundo; se localiza en dos regiones biogeográficas: la neoártica y neotropical; presenta una variedad de condiciones edáficas y climáticas; su topografía, geología y la influencia de corrientes marinas y lacustres, favorece la presencia de una gran diversidad biológica, tanto de flora como de fauna (CONABIO, 2006).

Sin embargo, los incendios forestales, plagas y enfermedades y una constante deforestación —estimada entre 155 a 776 mil ha al año (Velázquez *et al.*, 2002; SEMARNAT, 2005; 2012) predominante en las zonas tropicales— origina que se pierdan hábitats y biodiversidad (incluyendo microorganismos que son parte del ecosistema) y numerosas especies de árboles y arbustos sin identificación que pueden ser una opción viable para ser introducidos en diferentes sistemas agroforestales (SAF).

Los SAF son un conjunto de técnicas silviculturales que satisfacen las necesidades de los productores, por la diversidad de productos y servicios que generan. Estas técnicas fomentan la capacidad natural de regeneración de especies nativas del bosque; por lo cual son una herramienta básica para la conservación de los ecosistemas naturales, y preservan los recursos florísticos y faunísticos presentes en estos hábitats (CONABIO, 2006; Jadán *et al.*, 2015).

En este contexto, los SAF representan una alternativa de uso de la tierra que proporciona una diversidad de productos agrícolas y forestales (madera, leña, frutos, forraje, medicinas, entre otros) y servicios como: sombra para cultivos y animales, protección (en el caso de cortina rompevientos) y mejoramiento del suelo. Y contribuye, significativamente, en la generación de servicios ambientales; entre ellos: la diversidad biológica de los agroecosistemas, creando —en sus ramas, raíces y hojarasca— hábitats para otros organismos (Beer *et al.*, 2004).

La inclusión de árboles maderables y de uso múltiple en los SAF es también una alternativa para impulsar el desarrollo económico y social, incrementándose los beneficios cuando las especies forestales se combinan en sistemas de producción agrícola y ganadera; actividades que se desarrollan en la mayor parte del país (López-Sánchez y Musalem, 2007).

Por lo que el objetivo del presente trabajo radica en describir diferentes SAF, como una alternativa de uso de la tierra; para incluir en éstos, especies forestales maderables y no maderables en el trópico seco de los estados de Colima, Jalisco y Nayarit, en México.

Recursos forestales del trópico de México

El trópico seco se localiza, principalmente, en la vertiente del Pacífico donde se ubican varios estados; entre ellos: Jalisco, Colima y Nayarit. Gran parte de la superficie de estas entidades se encuentra cubierta por el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio (Rzedowski, 1983) o selva mediana subcaducifolia, y selva baja caducifolia, según la clasificación de Miranda y Hernández-X (1963); de ahí la importancia de promover los SAF, que incluyan especies arbóreas de usos múltiples (entre ellos, el maderable); pero también es fundamental considerar la fijación biológica de nitrógeno que realizan numerosas especies para incorporarlas en suelos degradados, así como plantas forrajeras y todas aquellas de valor para la apicultura que aportan néctar y polen para la producción de miel (Román y Palma, 2007).

Igualmente, muchas de las especies nativas de ecosistemas forestales se aprovechan como maderables en plantaciones forestales comerciales; muestra de ello, es el apoyo recibido en parte de los estados de Veracruz, Tabasco y Campeche, con alrededor de 57,305 ha con este tipo de plantaciones comerciales (CONAFOR, 2009). En donde la introducción de especies maderables —como cedro rojo (*Cedrela odorata* L.), cedro nogal (*Junglas pyriformis* Liebm.) y primavera (*Tabebuia donnell smithii* Rose)— con cultivos agrícolas representan una opción técnica viable que genera beneficios económicos positivos comparados con monocultivos (López-Sánchez y Musalem, 2007).

Por otro lado, en el trópico seco se presentan especies de importancia maderable y de uso múltiple; entre ellas: capomo (*Brosimum alicatrum* Sw.), caobilla (*Swietenia humilis* Zucc.), barcino (*Cordia elaeagnoides* DC.), rosa morada (*Tabebuia rosea* DC.), *T. donnell smithii*, habillo (*Hura polyandra* Baill.) y parota (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb). Muchas de estas especies están presentes en el agroecosistema de piña bajo sombra de árboles del bosque tropical subcaducifolio y en la zona de transición de bosque de encino en el trópico de los estados de Jalisco y Nayarit, donde se registraron 1,161 individuos correspondientes a 69 especies de plantas vasculares con diámetros ≥ 10 cm y de ≥ 3.0 m de altura (Rosales *et al.*, 2014).

En los SAF y en las plantaciones forestales comerciales la selección de especies es importante; se recomienda que éstas sean nativas. Dentro de ellas, las dos especies valiosas de mayor interés en el trópico mexicano son: *C. odorata* y la caoba (*Swietenia macrophylla* King.); ambas, de gran demanda comercial por sus excelentes características maderables y alto valor comercial; en el caso *S. macrophylla*, la mayor parte de los volúmenes proceden

de bosques naturales, por lo que es procesada únicamente en el estado de Quintana Roo (Silva-Guzmán *et al.*, 2015).

La madera de *C. odorata* es de características excelentes; por el bello jaspeado que presenta, se prevé que en un futuro su uso será para la fabricación de chapas y madera terciada con fines de exportación (Pennington y Sarukhán, 2005). Sin embargo, hay que considerar que estas especies son atacadas por *Hypsipyla grandella* Zoller (barrenador del tallo); lo que provoca malformaciones y pérdida de su valor comercial, siendo más susceptible a esta plaga *C. odorata* (Paul y Weber, 2013; González-Martínez *et al.*, 2016). Por lo que es trascendental buscar otras alternativas de especies maderables para satisfacer la demanda en el mercado. Los SAF son una opción para reducir la presión sobre los bosques nativos por la obtención de productos maderables y no maderables; ya que estos recursos los obtiene el productor del componente arbóreo en los SAF.

Ventajas de los sistemas agroforestales

En lo ecológico

Los árboles, en los SAF, contribuyen a recuperar la biodiversidad y son una alternativa para reducir la deforestación, combatir la erosión de suelos y rehabilitar praderas degradadas; representan una estrategia valiosa en la conservación de suelos y el mantenimiento de su fertilidad. Los SAF con altas densidades de especies arbóreas incrementan el potencial de fijación de carbono (Anguiano *et al.*, 2013); asimismo, contribuyen a mantener la calidad y cantidad de agua; constituyen un recurso importante en la diversidad vegetal en ecosistemas silvestres (Beer *et al.*, 2004). Dentro del aspecto ecológico, se resalta también la importancia de las cercas vivas; que, en muchos casos, conectan masas boscosas con áreas fragmentadas y son corredores biológicos donde se desplaza la fauna silvestre, semillas y polen (Palomeque, 2009; De la Ossa-Lacayo, 2013).

En lo social

Se observa la disminución de riesgos; por ejemplo, la susceptibilidad de que algún cultivo pueda ser atacado por plagas o enfermedades disminuyendo el rendimiento, lo cual afectaría al productor; al tener una diversidad de especies este problema disminuye. Existe más oportunidad de empleo permanente, además de una producción constante la mayor parte del año. Un ejemplo son los huertos familiares que se practican en diferentes condiciones biofísicas y socio-económicas en varias partes del país, incluyendo el trópico seco de los tres estados en estudio (Gaspar *et al.*, 2005); con esto se asegura la provisión de alimentos, al ofrecer una mejor nutrición por la variedad de cultivos y una mejor salud, al consumir alimentos con menor uso de agroquímicos (De la Cruz, 2009).

En lo económico

Se obtiene una mayor producción por mejores condiciones físicas, químicas y biológicas

de los suelos; por lo tanto, se reduce el uso de fertilizantes, así como una menor dependencia de insumos externos. Con la sombra de los árboles, se disminuye el estrés por las altas temperaturas en los animales, con una mayor producción. Existe una diversidad de productos, entre ellos: madera, leña, forraje, frutos, postes para cercas y productos agropecuarios (De la Cruz, 2009). Lo que permite, al productor, la venta de esos productos y con ello obtener ingresos económicos de forma inmediata. Destaca, también, la importancia de la cobertura arbórea sobre el consumo de follaje y frutos por el ganado, incrementando la producción tanto de leche como de carne (Betancourt *et al.*, 2003; Palma, 2005).

Desventajas de los sistemas agroforestales

En lo ecológico

En las asociaciones de árboles con cultivos, podría existir una mayor competencia por luz, nutrientes y espacio, para lo cual se recomienda utilizar especies que fijen nitrógeno atmosférico; árboles cuyos follajes permitan el paso de la luz, para la vegetación herbácea. La orientación se debe realizar de este a oeste. Otro aspecto, es el daño que pueden ocasionar cuando se cosechan los árboles y la dificultad en la mecanización; se sugiere dejar franjas amplias tipo “callejones”. Existe el riesgo de que se presenten enfermedades fúngicas, sobre todo en cultivos de sombra; para reducir este efecto, debe de realizarse raleos y podas en la vegetación leñosa para evitar el exceso de sombra. La posibilidad de efectos alelopáticos, para lo cual se deben elegir especies idóneas en las diversas condiciones edafoclimáticas (De la Cruz, 2009).

En lo social

Renuencia del productor a introducir árboles en sus sistemas agropecuarios. Escasez de personal calificado y con experiencia en el manejo del sistema y los otros componentes que integran los SAF, en diferentes condiciones biofísicas (De la Cruz, 2009).

En lo económico

Posibilidad de obtener rendimientos menores, respecto de los monocultivos; esto sucede cuando alguno de los componentes inhibe la respuesta de otro; sin embargo, esto puede cambiar con el tiempo, de tal suerte que las interacciones negativas o neutras, pueden convertirse pronto en positivas. El objetivo de los SAF es identificar las interacciones positivas y maximizarlas y reducir las negativas.

Por otro lado, se debe tener presente que la producción, aunque no es alta, se mantiene por un periodo mayor, se mejora la fertilidad del suelo y la erosión se controla por la presencia de árboles; es decir, es sostenible. Asimismo, estos sistemas aportan beneficios ecológicos de importancia mundial.

En ciertas prácticas agroforestales se requiere mano de obra especializada; lo que eventualmente podría incrementar los costos de producción; sin embargo, hay que considerar

que los SAF contribuyen a la generación de empleo para la comunidad y se eleva el nivel de vida de la población rural, la cual tiene opción de comprar los bienes que se producen en el sistema. Problemas de comercialización por la diversidad de cultivos. En varios SAF se maneja un producto para el mercado, ya sea frutales, café o el componente animal; los demás elementos del sistema tienen un nivel intermedio entre el comercial y el de subsistencia.

Clasificación de los sistemas agroforestales

De acuerdo a la naturaleza de los componentes, los SAF pueden ser: *agrosilvícolas*, *silvopastoriles* y *agrosilvopastoriles* (Nair, 1997; Krishnamurthy y Ávila, 1999). Asimismo, se resalta su contribución a los servicios ambientales (Anguiano *et al.*, 2013; Beer *et al.*, 2004; CONAFOR, 2011; Morán *et al.*, 2014).

Sistemas agrosilvícolas

Se caracterizan por la presencia del componente leñoso, en combinación con cultivos agrícolas; dentro de ellos: agricultura migratoria, barbechos mejorados, huertos caseros o huertos familiares, sistema taungya, combinación plantación-cultivo y cultivo en callejones.

En estos SAF existe una diversidad de prácticas en las que se incorpora el componente forestal para diferentes fines, como son: maderable, leña, forraje, protección de cultivos, mejoramiento del suelo o sombra para algunos cultivos (como el café y cacao), o bien, para el ganado en las áreas de pastoreo. En varias partes del país, es común la presencia de especies nativas maderables entremezcladas; en muchos casos se presentan por regeneración natural. Sin embargo, se recomienda un mejor manejo con las especies maderables, como son las podas de formación, raleos y la selección, para obtener individuos de mayor valor comercial.

En la mayor parte del trópico seco de Jalisco, Colima y Nayarit se realizan las diferentes prácticas agroforestales, intercalando el componente leñoso con cultivos y/o animales, como:

Agricultura migratoria

La agricultura migratoria se caracteriza por la alternancia de un periodo corto de cultivo, de uno o dos años y uno largo de descanso; se inicia cuando se corta la vegetación leñosa, se quema y se establecen cultivos agrícolas o pastizales para la ganadería; tiene consecuencias ambientales, sobre todo por la deforestación y por la liberación de CO₂ en la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global (Villagaray y Bautista, 2011).

En algunas regiones de nuestro país se promueve —en ciertos sitios de agricultura migratoria— el establecimiento de sistemas agroforestales, con plantaciones de árboles maderables nativos, como: *T. rosea* mezclada con especies de rápido crecimiento —como teca (*Tectona grandis* L. f.), gmelina (*Gmelina arborea* Roxb.) y cedro rosado (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.)—; con maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus* sp.), entre callejones, durante los primeros años de crecimiento de las maderables (Ávila-Ayala *et al.*, 2012).

Es importante considerar alternativas para mitigar los efectos de la agricultura migratoria; así, por ejemplo, es necesario fomentar la presencia de especies maderables como: *T. rosea*, *T. donnell smithii* y *C. elaeagnoides*, presentes en forma nativa en los diferentes ecosistemas tropicales de los estados en estudio. Asimismo, existen especies de uso múltiple y excelentes como forrajeras, como son: *B. alicastrum*, *E. cyclocarpum*, *H. polyandra* y guapinol (*Hymenaea courbaril* L.).

Barbechos mejorados

Los barbechos mejorados (también conocidos como “acahuales”) son sitios en los cuales se practicó la agricultura migratoria y se dejan en descanso para que se establezca la vegetación leñosa; se conocen dos tipos de barbecho:

- *El barbecho económicamente enriquecido*; el cual promueve el uso de especies que aportarán un recurso económico durante el tiempo que la tierra está en descanso, como árboles frutales y para uso energético, o se fomenta la regeneración natural de especies maderables que podrían aprovecharse a mediano o largo plazo. Se hace enriquecimiento de acahuales con árboles de alto valor comercial, como: *C. odorata* (Ruiz-González, 2015). También se pueden introducir otras maderables y árboles forrajeros; entre ellos: *E. cyclocarpum*, *H. courbaril* (muy abundante en Nayarit), parotilla (*Albizia lebbekii* (L.) Benth.), y árbol de lluvia (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) (Alvear-Caicedo *et al.*, 2013); presentes en el trópico húmedo, pero adaptados en estos tres estados del Pacífico, además del papelillo (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), entre otros.

- *El barbecho biológicamente enriquecido*; se caracteriza por el establecimiento de especies preferentemente leguminosas; entre ellas: guaje (*Leucaena esculenta* (Moc & Sessé ex DC) Benth.), guajillo (*L. lanceolata* S. Watson), cacanañual (*Gliricidia sepium* Kunth ex Steud y coral (*Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw.), para reducir el tiempo de descanso y que el suelo recupere su fertilidad. Aquí, se pueden promover también especies de alto valor económico y de uso múltiple; entre ellas, especies maderables y forrajeras, como guaje (*Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit.), por su alta capacidad de fijación de nitrógeno y excelente fuente de proteína (Rodríguez *et al.*, 2014; Gaviria *et al.*, 2015; Reyes *et al.*, 2015).

Huertos caseros o huertos familiares

Los huertos caseros tropicales ocupan un lugar singular en los SAF. Ningún otro es tan diverso en cantidad de especies y variedades, tan complejo y variado en estratos y en posibles asociaciones, ni tan completo en sus funciones como el huerto casero o huerto familiar.

Generalmente, está compuesto por una diversidad de especies arbóreas de múltiples usos —dependiendo de las dimensiones, en un huerto tropical es común encontrar árboles frutales como: mango (*Mangifera indica* L.), guamúchil (*Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth.), ciruelo (*Spondias purpurea* L.), mamey (*Pouteria sapota* (Jacq.) H. E. Moore & Stearn.), así como árboles ornamentales y maderables, como *T. rosea* y *T. donnell smithii*— con cultivos agrícolas (tubérculos, hortalizas, frutas, plantas de coci-

na), producción ganadera (animales menores, rumiantes e, inclusive, abejas) y forestal (madera, leña, postes), así como plantas medicinales; cerca o adyacente a los hogares (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Rivas-Torresi, 2005).

Los huertos caseros son ecosistemas reconocidos por su importancia en la conservación de micro-hábitats, que fomentan la interacción entre especies vegetales y animales, semejantes a ecosistemas naturales. Este tipo de sistemas son más diversos en áreas rurales por el espacio horizontal; sin embargo, en zonas urbanas representan también una fuente importante de alimento y de plantas medicinales, aun considerando que el ser humano ha influido sobre las condiciones naturales y modificado, en cierta forma, características del medio físico; así, Gaspar *et al.* (2005), realizaron un estudio sobre la diversidad de especies en huertos caseros en la zona conurbada de Guadalajara (Tlaquepaque, Zapopan y Tlajomulco), en el estado de Jalisco, reportando la importancia de este tipo de sistemas; sobre todo, por la presencia de plantas medicinales.

En la mayoría de los huertos caseros tropicales se incluyen especies maderables, como ornamentales y/o sombra, como son: *T. rosea*, *T. donnell smithii*, *C. elaeagnoides*, ceiba (*Ceiba pentandra* L. Gaertn.) y *E. cyclocarpum*. En los estados de Jalisco y Colima es común la mezcla de las especies maderables con frutales: *M. indica*, tamarindo (*Tamarindus indica* L.), *Musa* spp., y *P. sapota*, entre otras; es importante resaltar a *B. alicastrum*, presente en diferentes ecosistemas tropicales tanto en el Pacífico como en el Atlántico; es un árbol apreciado por sus múltiples usos; así, Orantes *et al.* (2012), realizaron un estudio en comunidades rurales y documentaron nueve usos: forrajero (hojas y frutos); postes (ramas); leña (ramas); construcción de casas (tallo), herramientas de trabajo (ramas); muebles (tallo); importancia melífera (flores); comestible (semillas); medicina tradicional (semilla, corteza, hojas y látex); varios de estos usos como: forrajera, maderable y sustituto de café son muy frecuentes en la zona de estudio (cuadro 1).

En Autlán de Navarro, Jalisco, existe una diversidad de especies en huertos caseros con árboles frutales; entre ellos: nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth), *P. dulce*, aguacate (*Persea gratissima* C.F. Gaertn.), guayaba (*Psidium guajava* L.), durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch.), granada (*Punica granatum* L.) y *M. indica*. En Nayarit predominan varias de las especies maderables señaladas anteriormente; además de amapa prieta (*Tabebuia chrysantha* (Jacq.) G. Nicholson) y frutales como el árbol del pan (*Artocarpus altilis*) (Parkinson) Fosberg.

Sistema Taungya

El sistema “taungya” —al igual que la agricultura migratoria— es otro precursor de la agroforestería. Mientras la agricultura migratoria es un sistema secuencial de especies leñosas y cultivos, el método “taungya” es una combinación simultánea de los dos componentes durante las primeras etapas del establecimiento de especies forestales; sin embargo, la producción de alimentos es una motivación para los agricultores (Nair, 1997).

El sistema “taungya” se desarrolló en 1856, en Birmania. Consiste en una combinación de la especie maderable con cultivos agrícolas, durante los primeros años de la

plantación. Las especies maderables nativas que se utilizan son: *C. odorata*, *T. rosea* y *T. donnell smithii*, entre otras; y *Eucalyptus* spp., *G. arborea* y *T. grandis* entre las especies introducidas. Posteriormente, cuando las especies maderables superan la altura de ramoneo, es común introducir el componente animal. Las ventajas que se tienen con este sistema son: ahorrar costos en el establecimiento de las plantaciones forestales y obtener ingresos y beneficios a corto plazo, por concepto de las cosechas y por la venta de los productos pecuarios.

En el estado de Nayarit se realizan plantaciones con *T. grandis* y *G. arborea*, entre otras. En el municipio de Tomatlán, Jalisco, se trabaja con *C. odorata* junto con el cultivo de maíz; otras plantaciones se encuentran entre hileras de plátano (*Musa* spp.). En Colima y Jalisco se establecieron plantaciones de especies maderables de *T. rosea*, *T. donnell smithii* y *E. cyclocarpum*; esta última, presente en Coquimatlán, Colima, en combinación con el pasto guinea (*Panicum maximum* Jacq.).

Combinación plantación-cultivo

Son sistemas de producción donde interactúan dos especies leñosas; un ejemplo son las plantaciones de cocoteros con otros frutales, como: cítricos, mango, guanábana, tamarindo, entre otros; aquí también se presenta la regeneración natural de especies maderables, como: *S. humilis*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea* y *T. donnell smithii*; café y cacao con árboles leguminosos, como *Inga jinicuil* Schltld, *I. laurina* (Sw.) Willd.; árboles de sombra y especies maderables, como: *C. odorata*, *B. simaruba*, laurel (*Cordia alliodora* (Ruiz & Pav) Oken), así como árboles de uso múltiple como *B. alicastrum* (cuadro 1).

Cuando se asocian árboles maderables en cafetales y en cacaotales, como: *C. alliodora*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *T. donnell smithii*, y algunas otras especies que fijan nitrógeno atmosférico, como: *Inga jiniquil*, nogal (*Juglans major* Torr. A. Heller), tepehuaje (*Ly-siloma acapulcense* Kunth Benth.), entre otras, se hace un uso más eficiente del suelo y proporciona recursos adicionales al productor.

En algunos cafetales del estado de Colima, en la localidad de Noguerras, se combina este sistema con cultivos de frutales, como *Musa* spp., *P. sapota* y cítricos. El sistema consiste en establecer cultivos agrícolas con árboles, de tal manera que el aprovechamiento del espacio del suelo sea simultáneo, tratando de que los árboles no compitan directamente, por luz y nutrimentos, con los cultivos.

En Minatitlán, Colima, cerca de la comunidad de El Arrayanal se planta café entre especies del bosque mesófilo de montaña, como: *J. major*, aile (*Alnus jorullensis* Kunth), fresno (*Fraxinus uhdei* Wenz Lingelsh.), (*Inga colimana* Padilla-V., Cuevas et Solis- M.), lechillo (*Carpinus caroliniana* Walter), presentando una fisonomía de un bosque nativo.

El agrosistema piña con árboles de sombra —en los estados de Jalisco y Nayarit— en un bosque tropical subcaducifolio, predominan especies nativas; la mayoría, leguminosas, como: *E. cyclocarpum* e *H. courbaril*, las de mayor preferencia por los productores, debido a su carácter como caducifolios, en la época cuando la piña necesita mayor cantidad de luz (Rosales et al., 2014).

En Cuixmala, municipio de La Huerta, Jalisco, en plantaciones de cocoteros, se introducen diversos árboles frutales; entre ellos, cítricos: (*Citrus* spp.), canela (*Cinnamomum zeylanicum* Blume), guanábana (*Annona muricata* L.) y *Musa* spp.; en los cuales se encuentran presentes especies maderables, como: *C. odorata*, *E. cyclocarpum* y *C. pentandra*; esta última, tutor del cultivo de la vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews). En este sitio se estableció una plantación con la especie maderable guayabillo (*Piranhea mexicana* (Standl.) Radcl.- Sm.), en plantaciones de cocoteros.

El cultivo del café (*Coffea* spp.), es otro ejemplo de combinación plantación-cultivo. Los cafetales bajo sombra constituyen verdaderos ecosistemas de bosques tropicales, por la diversidad de especies nativas y servicios ambientales. Los tres estados de mayor importancia en el occidente de México en este cultivo son: Jalisco, Colima y Nayarit.

En el estado de Nayarit se práctica este tipo de cultivo con árboles de sombra con especies nativas de la selva mediana subcaducifolia; entre ellas: *B. alicastrum*, higuera (*Ficus insipida* Willd.) y una especie heliófita guarumbo (*Cecropia obtusifolia* Bertol).

En el rancho El Jabalí, en Colima, se destacan 100 ha de cafetales bajo sombra, con especies nativas, como: *Ficus padifolia* Kunth, *F. segoviae* Miq., *I. jinicuil*, *F. uhdei* y *J. major*.

Cultivos en callejones

Este tipo de cultivo es una tecnología agroforestal que asegura el crecimiento de los cultivos herbáceos, entre los setos de arbustos y árboles, preferentemente de la familia Fabaceae. Los setos son podados periódicamente para impedir la sombra excesiva en los cultivos y para proveer biomasa (que, incorporada al suelo, mejora su contenido de nutrientes y las propiedades físicas). Este tipo de sistema se implementó en los bancos de proteína establecidos en Colima, con *L. leucocephala* var. *Perú* (Lam.) de Wit, con cultivos agrícolas como el maíz; posteriormente, se introdujeron pastos forrajeros para complementar la dieta de bovinos en pastoreo (Palma *et al.*, 2000).

En Cuixmala, municipio de La Huerta, Jalisco, es frecuente el uso de plantaciones forestales, en combinación con cultivos agrícolas —como hortalizas y arbustivas— para la fijación de nitrógeno; entre ellas: *L. leucocephala* y *C. pulcherrima*. Dentro de las especies maderables se pueden citar a: *C. odorata*, y *S. humilis*, *C. pentandra* y *P. mexicana*.

Sistemas silvopastoriles

Entre las diferentes combinaciones de los sistemas silvopastoriles, en los cuales se pueden integrar especies maderables y de uso múltiple se encuentran: árboles dispersos en potreros, *pastoreo en ecosistemas forestales*, *pastoreo en plantaciones forestales*, *pastoreo bajo cocoteros y otros frutales y cercas vivas*:

Árboles dispersos en potreros

La diversidad de árboles dispersos en potreros proviene de la vegetación original; entre ellos, frutales nativos y naturalizados, árboles que proporcionan sombra; y, de manera

notable, especies maderables, que contribuyen de manera significativa a la demanda de maderas finas tropicales.

En el sector agropecuario y entre los productores se reconoce la sobreexplotación y escasez actual de *C. odorata* y *S. macrophylla*, en los estados y países donde estas especies se encuentran en forma nativa; lo que provoca una mayor demanda de *C. alliodora* y *T. rosea*; que, hasta hace algunos años, tenían poca importancia comercial como especies maderables (Grande y Maldonado, 2011).

La actividad ganadera en áreas tropicales es frecuente en los estados de Colima, Jalisco y Nayarit; los productores, en forma deliberada, dejan especies forestales; entre ellas, maderables y de múltiples usos (cuadro 1), como la guácima (*Guazuma ulmifolia* Lam.), *G. sepium*, *L. leucocephala*, guajillo (*L. lanceolata* S. Watson var. *lanceolata*), especies valiosas que proporcionan forraje de alta calidad proteica (Palma, 2005; Román *et al.*, 2013).

Entre las especies maderables y de importancia forrajera destacan, en las tres entidades: *B. alicastrum*, *B. simaruba*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *T. donnell smithii*, *H. courbaril* y *H. polyandra*, que el productor, intencionadamente, deja en los potreros por la belleza escénica y por la fuente de alimento que representa para la ganadería, durante la época seca (Román *et al.*, 2011).

Sin embargo, en áreas de aprovechamiento maderable, la regeneración natural es escasa; principalmente, por la competencia que se tiene con la vegetación herbácea; por lo que es necesario aplicar tratamientos de deshierbe y remoción de suelo, para lograr un mejor desarrollo; sobre todo, con especies heliófitas, como *T. rosea*, tal como lo indicaron Mora *et al.* (2006).

Otras especies incluyen a *T. donnell smithii*, *C. odorata*, *C. elaeagnoides*, *S. humilis*, *C. alliodora*, *S. saman* y *A. lebecki*; estas dos últimas son introducidas en los tres estados, adaptándose en forma excepcional, con un rápido crecimiento (sobre todo, *S. saman*). De estas especies, *H. polyandra* presenta buena regeneración natural y se puede encontrar en diferentes clases diamétricas, ya que no es consumida por los animales en su etapa juvenil (Mora, 2003).

Samanea saman y *E. cyclocarpum* son árboles de copa amplia, útiles como sombra en los potreros; sus frutos constituyen una excelente fuente de forraje para animales y fauna silvestre, presentes en la época seca. Las semillas de estas especies se dispersan por los animales y, con manejo de podas de formación, pueden ser aprovechadas como especies maderables.

Cedrela odorata es la especie más vulnerable: no resiste inundaciones, tiene su sistema radicular superficial y es atacada por un barrenador (*Hypsipyla grandella*), que ocasiona lento crecimiento, deformaciones en el fuste, con la consecuente pérdida de su valor comercial (Paul y Weber, 2013).

En el bosque tropical caducifolio de la parte costera del Pacífico resalta por su abundancia, en los estados de Jalisco y Colima, *C. elaeagnoides*, especie maderable de importancia comercial en este ecosistema.

Pastoreo en ecosistemas forestales

En estudios realizados por Román *et al.* (2011) y Román y Mora (2013), se resalta la importancia de especies maderables en sistemas silvopastoriles y remanentes del bosque tropical caducifolio y subcaducifolio, con ganadería extensiva, en el municipio de Tomatlán, Jalisco; las especies que aportan el mayor volumen maderable para aserrío son: *H. polyandra*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *T. donnell smithii* y *C. elaeagnoides*. Otras especies presentes pero no abundantes son: *S. humilis* y *C. odorata*, consideradas de mayor valor en el mercado.

En estos sitios existe la presencia de otras especies maderables valiosas y que se encuentran en la NOM-059-SEMARNAT-2001, como: palo culebro (*Astronium graveolens* Jacq.), árbol maría (*Calophyllum brasiliense* Cambess.) y *T. chrysantha*. La especie de *P. mexicana* endémica de los estados de Colima y Jalisco, es utilizada para postes y construcción de palapas; las cuales son techadas con hojas de palma (*Sabal mexicana* Mart.), como un recurso forestal no maderable, cuya práctica es común en Jalisco, Colima y Nayarit, sobre todo en las zonas turísticas.

Pastoreo en plantaciones forestales

El pastoreo en plantaciones forestales y frutales se realiza en los tres estados en estudio; la plantación forestal se practica en combinación con cultivos durante los primeros años; posteriormente, en muchos casos, se introducen animales cuando la especie forestal está fuera del alcance de ramoneo.

Así, en Tomatlán, Jalisco, se ha observado en plantaciones de *Cedrela odorata* a bovinos en pastoreo; en este mismo municipio, cerca del poblado El Tequesquite, se realizó una plantación con diversas especies que incluyen a: *C. odorata*, *S. macrophylla*, *C. elaeagnoides*, tampizirán (*Dalbergia congestiflora* Pitier), *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *H. polyandra* y *T. donnell smithii*, entre otras; y cuando estas especies presentaban alturas de aproximadamente dos metros, se introdujeron ovinos de la raza Pelibuey, que consumen hierbas y pastos que crecen entre las plantaciones, lo que permite al productor obtener ingresos adicionales a corto plazo, por la venta del componente animal.

Pastoreo bajo cocoteros y otros frutales

El pastoreo bajo cocoteros es común en Colima, Jalisco y Nayarit; los tres estados presentan superficies importantes de plantaciones de cocoteros (*Cocos nucifera* L.) en combinación con otros frutales, como: tamarindos, mangos, guanábanas, plátanos y cítricos.

También, en muchos sitios se maneja el componente animal; sobre todo, en los municipios costeros de dichos estados. Así, en el municipio de Tecomán, Colima, es frecuente observar a bovinos y ovinos en pastoreo bajo cocoteros, consumiendo pastos como *Cynodon plectostachyus* (K. Schum.) Pilg. y *P. maximum* (Palma, 2005), así como ovinos en cítricos.

En la localidad de Madrid, del estado de Colima, se realizaron plantaciones de altas densidades de *L. leucocephala* var. *cunningham*, con *Pennisetum purpureum* var. *Cuba*

CT-115, para producir forraje para la ganadería, con densidades de hasta 80 mil árboles/ha, donde se observó alta producción de biomasa (Anguiano *et al.*, 2012).

Cercas vivas

Las cercas vivas son otra modalidad de los sistemas silvopastoriles; su principal función es delimitar la propiedad e impedir el paso de personas y animales domésticos. Pueden servir de corredores para la fauna silvestre, el diseño incluye el arreglo de una sola especie o multiestratos; también pueden ser especies que aportan forraje para la ganadería; entre ellas: *P. dulce*, *Ficus* spp., *Acacia* spp., asmol (*Ziziphus mexicana* Rose), *G. ulmifolia*, *Caesalpinia* spp. y vainillo (*Senna atomaria* (L.) H.S. Irwin & Barneby), o especies maderables, que el productor conserva de la regeneración natural.

Las cercas multiestratos tienen mayor biodiversidad y son conservadas por los productores por sus características de usos múltiples (cuadro 1). Entre las especies más representativas de tipo maderable en el área de estudio se pueden citar: *Hymenaea courbaril*, *T. rosea*, *T. donnell smithii*, *E. cyclocarpum*, *S. humilis*, *B. simaruba*, *P. dulce* y *C. odorata*; entre las más abundantes (Román y Palma, 2007; Román *et al.*, 2011).

En Tepames, municipio de Colima, existe una diversidad de especies de uso múltiple como cercos vivos; la mayoría de ellas nativas. Destacan, por su abundancia, *P. dulce*, *E. cyclocarpum*, *T. rosea*, *Spondias mombin* L., cuastecomate (*Crescentia alata* Kunth), *G. ulmifolia* y *C. odorata*.

Por otro lado, en el estado de Jalisco, en el trópico seco, además de estas especies es común observar *Bursera simaruba*, *G. sepium* y *G. ulmifolia*.

Sin embargo, en los últimos años, la CONAFOR ha fomentado en el trópico seco, de los estados en estudio, la producción del coral (*Caesalpinia platyloba* S. Watson), especie maderable y, actualmente, utilizada como cerco vivo, además de tener gran aceptación por los productores para postes, por la durabilidad de la madera.

Sistemas agrosilvopastoriles

Este tipo de sistemas están incluidos en los ya señalados, cuando está presente el componente animal con cultivos; entre ellos, el pasto y el leñoso, como por ejemplo: *huertos caseros con animales*, *combinación-plantación-cultivo*, con el componente pecuario en pastoreo.

Cuadro 1
Especies forestales tropicales
y su diversidad de usos locales (reportados en la literatura).

<i>Nombre científico</i>	<i>Familia</i>	<i>Sms</i>	<i>Sbc</i>	<i>Usos</i>
<i>Acacia acatlensis</i> Benth.	Fabaceae		*	4,6,7, 11,12
<i>A. cochliacantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Fabaceae		*	4.6.7, 11.12
<i>A. macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd,	Fabaceae		*	2,4,6,7,11,12,13
<i>A. pennatula</i> (Schltdl. et Cham.) Benth	Fabaceae		*	6,7,10
<i>Alvaradoa amorphoides</i> Liemb.	Simaroubaceae		*	2,3,4,7,8,12
<i>Amphipterygium adstringens</i> (Schltdl.) Standl.	Anacardiaceae		*	2,4,6
<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae	*		2,3, 7, 10, 12
<i>Acrocomia aculeata</i> (Jacq.) Lodd. ex Mart.	Arecaceae	*		1,4,6, 8,12
<i>Bauhinia divaricate</i> L.	Fabaceae	*	*	2,6,7,12
<i>B. pauletia</i> Pers.	Fabaceae	*	*	2,6,7,8
<i>Brosimum alicastrum</i> Sw.	Moraceae	*		1,2,3,4,6, 7,8,12
<i>Bursera arborea</i> (Rose) L. Riley	Burseraceae	*		2,3,4,6
<i>B. simaruba</i> (L.) Sarg.	Burseraceae	*	*	2,3,4,5,6,7,9,12
<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	Fabaceae		*	2,6,11,12
<i>C. platyloba</i> S. Watson	Fabaceae		*	3, 4,6, 12,13
<i>C. sclerocarpa</i> Stand.	Fabaceae		*	3,4,6,7
<i>Calliandra calothyrsus</i> Meisn	Fabaceae		*	6,7,12
<i>C. houstoniana</i> (Mill.) Standl.	Fabaceae		*	2,4,6,7,12
<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	*		2,3,6, 10,
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol,	Urticaceae	*		2,3,4,5,6,7,13
<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	*		2,3,5,7,8,10,12
<i>Ceiba aesculifolia</i> (Kunth) Britten & Baker f.	Malvaceae		*	2,4, 6,7, 8,10,12
<i>C. pentandra</i> (L.) Gaertn	Malvaceae	*	*	2,3,8,9
<i>Chloroleucon manguense</i> (Jacq.) Britton et Rose var. leucospermum (Brandegge)	Fabaceae		*	2,3,6
<i>Cochlospermum vitifolium</i> (Willd.) Spreng	Bixaceae		*	1,2, 3, 4, 6,7, 8, 10, 12,13
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	*	*	1,2,3,4,5,6,7,10,12
<i>C. elaeagnoides</i> DC	Boraginaceae		*	2, 3,4,6,7,8.,12
<i>Couepia polyandra</i> (Kunth) Rose	Chrysobalanaceae	*		1,3,8
<i>Crescentia alata</i> Kunth	Bignoniaceae		*	2,4,6,8,10
<i>Dalbergia congestiflora</i> Pittier	Fabaceae	*	*	3, 8, 12
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	*		1,2,3,4,5,6,7,8. 10,11,12,13

Continúa en la página 67

Viene de la página 66

Nombre científico	Familia	Sms	Sbc	Usos
<i>Erythrina lanata</i> Rose.	Fabaceae		*	4,6,8
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae		*	2,4,6,7,8,9,10, 12
<i>E. platycarpa</i> Pennell et Saff.	Fabaceae		*	4,6,7,12
<i>Ficus cotinifolia</i> Kunth	Moraceae	*		2,4, 5, 6,12
<i>F. insipida</i> Willd. subs. insipid	Moraceae	*		2, 4, 5,6, 10,13
<i>F. padifolia</i> Kunth	Moraceae	*		1,2,4,5,6
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud	Fabaceae		*	4,6,7,8,12
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	*	*	1,2,3,4,5,6,7, 10,12,13
<i>Gyrocarpus jatrophifolius</i> Domin.	Henandiaceae		*	2,3, 4
<i>Hura polyandra</i> Baill.	Euphorbiaceae	*	*	2,3,4,6,8
<i>Haematoxylum brasiletto</i> H. Karst.	Fabaceae		*	2,3,4,6,12,13
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	*	*	2, 3, 4, 6
<i>Inga eriocarpa</i> Benth	Fabaceae	*		5,12
<i>Jacaratia mexicana</i> A. DC.	Caricaceae		*	1, 2,6,9, 12
<i>Leucaena lanceolata</i> S. Watson	Fabaceae	*	*	1,4,5,6
<i>L. leucocephala</i> Wit.	Fabaceae		*	1,2,6,7,12
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Fabaceae		*	2.3.4.5, 6.7,11,
<i>L. microphyllum</i> Benth	Fabaceae	*	*	4,5,6,7, 12
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	Malvaceae	*		2, 6,8
<i>Montanoa bipinnatifida</i> (Kunth) K. Koch	Asteraceae		*	4,6,8
<i>Piranhea mexicana</i> (Standl.) Radcl.-Sm.	Picrodendraceae	*	*	3,13
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Fabaceae	*		1,2,3,4,5,6,7,8, 11,12,13,
<i>Plumeria rubra</i> L.	Apocynaceae		*	1,2,4, 8, 9,12
<i>Pseudobombax ellipticum</i> (Kunth) Dugand	Malvaceae		*	2,3, 4,6,7,8,10,12
<i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby	Fabaceae	*	*	2,4,5,6,7,8, 13
<i>Spondias mombin</i> L.	Anacardiaceae	*	*	1,2,4,6,7,10, 12
<i>S. purpurea</i> L.	Anacardiaceae	*	*	1, 2, 3, 4,6,7,12
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Meliaceae	*		2,3,4,10, 12
<i>Tabebuia donnell-smithii</i> Rose	Bignoniaceae	*		2, 3,8,12
<i>T. rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Bignoniaceae	*		2,3, 4, 5,6,7,8,12
<i>T. chrysantha</i> G. Nicholson	Bignoniaceae	*		3,8,12

 Sms= Selva mediana subcaducifolia; Sbc= Selva baja caducifolia (adaptado de Román *et al.*, 2011).

1: consumo humano, 2: medicinal, 3: maderable, 4: cerco vivo, 5: sombra, 6: forraje, 7: leña, 8: ornamental, 9: ceremonial, 10: artesanías, 11: taninos, 12: útil para la apicultura, 13: postes.

Servicios ambientales en sistemas agroforestales

El concepto de servicios ambientales y su valoración económica es relativamente reciente; en las últimas décadas este aprecio por los servicios que proporcionan los bosques y los SAF, como protectores de ciclos hidrológicos, captura de bióxido de carbono y conservación de la biodiversidad.

Sin embargo, la presión demográfica para producir alimentos para una población en constante incremento, contribuye a que gran parte de la superficie de los bosques y selvas en países tropicales se reduzca y desaparezcan debido, principalmente, al cambio de uso del suelo; otros factores que contribuyen a la deforestación son: los incendios forestales, plagas y enfermedades, tala ilegal y la urbanización (Velázquez *et al.*, 2002; SEMARNAT, 2005; 2012).

El pago por servicios ambientales (PSA) considera que los usuarios de estos servicios paguen a los poseedores de los recursos forestales para que adopten prácticas de manejo, que eleven o, al menos, mantengan las áreas verdes, y compensar el costo de oportunidad que se tendría con alguna otra actividad que ponga en riesgo al ecosistema.

Como parte de esta estrategia la CONAFOR emprendió dos iniciativas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH), en 2003, y el Programa de Pago por Captura de Carbono, Biodiversidad y Agroforestería (PSA-CABSA), en 2004. En la actualidad, únicamente está vigente el programa PSAH (FONAFITO, 2012).

Al respecto, los estados que reciben este apoyo son Jalisco y Colima; no se tiene documentado para el estado de Nayarit. En Jalisco, se han beneficiado 11 municipios de la zona sur; los cuales reciben PSA, por captación de agua, mantenimiento de la biodiversidad, así como por la captura y almacenaje de carbono.

Destaca también, en Colima, el apoyo a ejidos de Minatitlán; entre ellos, el “Lic. Fernando Moreno Peña” (El Arrayanal), quienes reciben pago por captura de agua y conservación de la biodiversidad, que incluye el cultivo de café bajo la sombra de árboles nativos (CONAFOR, 2011).

En este sentido, los SAF representan una estrategia para la generación de servicios ambientales; entre ellos, el secuestro de carbono.

En Tecomán, Colima, se realizó una plantación de altas densidades de *L. leucocephala* var. *cuningham*, junto con pasto *Pennisetum purpureum* Cuba CT 115, donde se evaluó la captura de carbono, presentando valores de: 101.19; 109.73; 122.00 y 128.62 t C⁺ ha⁻¹ al año, para densidades de 0, 40, 60 y 80 mil plantas de *Leucaena leucocephala* (Anguiano *et al.*, 2013).

Los SAF contribuyen a la generación de servicios ambientales; sobre todo, aquellos que incluyen obras y tecnologías para la conservación de suelos y captación de agua. Esto evita la erosión, favorece a una mayor captura de agua y, en el aspecto económico, se reduce hasta en un 50% el uso de fertilizantes (menor contaminación de suelos). La estructura arbórea incrementa la biodiversidad a través de las ramas, raíces y hojarasca; en estos hábitats se favorece la diversidad de microorganismos (Morán *et al.*, 2014).

Conclusiones

Los tres estados estudiados presentan una diversidad de los SAF con la inclusión de especies de uso múltiple; resaltan los SSP, con árboles dispersos en potrero, cercas vivas de varios estratos; dentro de los sistemas agrosilvícolas: el cultivo de cocoteros con otros frutales y, en ocasiones, con el componente animal; cafetales con árboles de sombra y los huertos familiares, por lo que los SAF —en el trópico seco en la zona de estudio— son una alternativa viable que genera recursos económicos para los productores.

Además, representan una opción para diversificar la producción de alimentos y obtener, de las especies arbóreas introducidas, productos forestales maderables y no maderables; entre ellos: leña, forraje, madera, y postes, lo cual reduce la presión a los bosques nativos y conservan la diversidad biológica en estos ecosistemas.

Asimismo, se resalta la importancia de los sistemas agroforestales en la generación de servicios ambientales, como: secuestro de carbono, conservación de la biodiversidad, mayor calidad y cantidad de agua y conservación de suelos; por lo que se justifica su fomento para mejorar la calidad de vida y el desarrollo sostenible en zonas tropicales.

Comentarios finales

Es importante destacar que la propuesta de introducir árboles en los sistemas de producción agropecuaria tiene como objetivo el incremento de las áreas con especies forestales y la reducción de la presión a los bosques naturales, por recursos forestales maderables y no maderables; por lo cual, se recomienda el establecimiento de los sistemas agroforestales en las áreas agropecuarias, sin la eliminación de la vegetación original. Es imprescindible valorar todos los bienes y servicios que nos proporcionan los SAF y es fundamental la gestión para que se apoyen proyectos en los que se ejecute un manejo eficiente del suelo con la producción de alimentos en forma sostenible y conservando los recursos naturales.

Literatura citada

- Alvear-Caicedo, C. M.; Melo, M. W.; Apráez, G. J. E.; Gálvez, C. A. e Insuasty, S. E. G. (2013). Especies arbóreas y arbustivas con potencial silvopastoril en la zona de bosque muy seco tropical del norte de Nariño y sur de Cauca. *Agroforestería Neotropical* (3): 36-46.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46 (1):103-107.
- Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2013). Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocos nucifera*, *Leucaena leucocephala*, var. *cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria* 17 (1):149-160.
- Ávila-Ayala, R.; Muñoz-Gutiérrez, L. y Mireles, R. E. (2012). *Manejo de una plantación Forestal mixta en la planicie Huasteca*. INIFAP-SAGARPA, San Luis Potosí, S.L.P. 48 pp.
- Beer, J.; Ibrahim, M.; Somarriba, E.; Barrance, A. y Leakey, R. (2004). *Establecimiento y manejo de árboles en sistemas agroforestales. Árboles de Centroamérica*. OFI-CATIE. Turrialba, Costa Rica. 197-242 pp.
- Betancourt, K.; Ibrahim, M.; Harvey, C. y Vargas, B. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Mantiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Avances de Investigación. Agroforestería en las Américas* 10 (39-40):47-51.
- CONABIO. (2006). *Capital natural y bienestar social*. 1ª. edit. Redacta, S.A. de C. V., México. 71 pp.
- CONAFOR. (2009). *Situación actual y perspectivas de las plantaciones forestales comerciales en México*. Colegio de posgraduados. México. 472 pp.
- CONAFOR. (2011). *Servicios ambientales y cambio climático*. 76 pp. Disponible en: http://sernapam.tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/dpcc_servicios_ambientales_cambio_climatico.pdf (Consultada el 19 de octubre de 2016).
- De la Cruz, B. (2009). *Sistemas agroforestales: Ventajas y desventajas*. Disponible en: <http://edialogo.ning.com/forum/topics/sistemas-agroforestales> (Consultada el 3 de marzo de 2016).
- De la Ossa-Lacayo, A. (2013). Cercas vivas y su importancia ambiental en la conservación de avifauna nativa. *Rev. Colombiana Cienc. Anim.* 5 (1): 171-193.
- FONAFITO, CONAFOR y Ministerio del Medio Ambiente del Ecuador. (2012). *Lecciones aprendidas para REDD+ desde los programas de pago por servicios ambientales e incentivos para la conservación. Ejemplos de Costa Rica, México y el Ecuador*. Disponible en: <https://www.forestcarbonpartnership.org/sites/forestcarbonpartnership.org/files/Documents/PDF/June2012/PSA%20para%20REDD+%20en%20Espa%C3%B1ol%20versi%C3%B3n%20completa.pdf> (Consultada el 7 de junio de 2016).
- Gaspar-Peralta, A. M.; Distancia, C. O.; Sánchez-Calderas, A. y Román, M. L. (2005). Diversidad de especies y usos de los huertos caseros de familias del medio rural. Ed. 2005-*Avances en la Investigación Científica en el CUCBA*. pp 61-64. ISBN: 970-27-0770-6.
- Gaviria, X.; Rivera, J. y Barahona, R. (2015). Calidad nutricional y fraccionamiento de carbohidratos y proteína en los componentes de un sistema silvopastoril intensivo. *Rev. Pastos y Forrajes* 38 (2): 194-201.
- González-Martínez, A. J.; Chavarría-Namendi, F. J. y Rojas-Hernández, J. (2016). *Incidence of Hyspipyra grandella Zoller in Cedrela odorata and Swietenia humilis in an Agro Forestry System Taungya*. Disponible en: <http://www.sjpub.org/sjmb/sjmb-201.pdf> (Consultada el 12 junio de 2016).
- Grande, D. y Maldonado, M. *Los sistemas silvopastoriles del estado de Tabasco*. En: Palma-García, J. M.; Toral, J. N.; Sanginés-García, L. (Eds.). *Agroforestería pecuaria en México*. Alternativas para una reconversión ganadera sustentable. México, Universidad de Colima, ECOSUR, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. (2011). 15-40 p.
- Jadán, O.; Günter, S.; Torres, B. y Selesi, D. (2015). Riqueza y potencial maderable en sistemas agroforestales tradicionales como alternativa al uso del bosque nativo, Amazonia del Ecuador. *Rev. Forestal Mesoamericana Kurú* 12(28): 13-22.
- Krishnamurthy, L. y Ávila, M. (1999). *Agroforestería básica*. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. No. 3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. México. 340 pp.
- López-Sánchez, E. y Musalém, M. A. (2007). Sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, una alternativa para el desarrollo de plantaciones forestales comerciales en los Tuxtlas, Veracruz, México. *Rev. Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 13(1): 59-66.

- Miranda, F. y Hernández, X. (1963). Los tipos de vegetación de México y su distribución. *Bol. Soc. Bot. Mex.* 28: 29-179.
- Mora, S.A. (2003). *Fenología y regeneración natural de tres especies arbóreas en una selva mediana subcaducifolia de la Costa de Jalisco*. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México, México.
- Mora, S. A.; Valdez-Hernández, J. I.; Ángeles, P. G.; Musalem, S. M. A. y Vaquera, H. H. (2006). Establecimiento y desarrollo de plántulas de *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) en una selva subcaducifolia manejada de la costa del Pacífico de México. *Rev. Biol. Trop.* 54 (4): 1215-1225.
- Morán, M.B.; Herrera, A. y López, B. K. (2014). Evaluación socioeconómica y ambiental en tres sistemas agroforestales en el trópico seco nicaragüense. *Rev. Científica de FAREM- Esteli. Medio Ambiente. Tecnología y Desarrollo Humano* 11 (3): 13-26.
- Nair, P. K. (1997). *Agroforestería*. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Universidad Autónoma Chapingo, México. 543 pp.
- Orantes-García, C.; Caballero, R. A. y Velázquez, M. M. A. (2012). Aprovechamiento del árbol nativo *Brosimum alicastrum* Swartz (Moraceae) en la selva Zoque, Chiapas, México. *Lacandonia* 6 (1): 71-82.
- Palma, J. M.; Ruiz, T. E. y Jordán, H. (2000). *Bancos de proteína con Leucaena leucocephala. Una experiencia de transferencia de tecnología en sistemas silvopastoriles en México*. Editorial Agrosystems Editing. México. 58 pp.
- Palma, J.M. (2005). Los árboles en la ganadería del trópico seco. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria* 9 (1): 1-11.
- Palomeque, F. E. (2009). Sistemas agroforestales. Disponible en: <https://www.socla.co/wp-content/uploads/2014/sistemas-agroforestales.pdf?iv=54> (Consultada el 2 de octubre de 2016).
- Paul, C. y Weber, M. (2013). Intercropping *Cedrela odorata* with Shrubby Crop Species to Reduce Infestation with *Hypsipyla grandella* and Improve the Quality of Timber. Disponible en: <http://www.hindawi.com/journals/isrn/2013/637410/> (Consultada el 19 de junio de 2016).
- Pennington, T. D. y Sarukhán, J. K. (2005). *Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies*. 3ª edición. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 523 pp.
- Reyes, J. J.; Padilla, C.; Martín, C. P.; Gálvez, M.; Rey, S.; Noda, A. y Redilla, C. (2015). Consumo de forrajes tropicales por vacas lecheras, mezistas Siboney, manejadas en condiciones de estabulación. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 19(1): 31-40.
- Rivas-Torresi, D. (2005). *Sistemas agroforestales*. Traducción del documento de ICRAF. Disponible en: <http://www.rivasdaniel.com/AGROFORESTERIA.pdf> (Consultada el 16 de junio de 2016).
- Rodríguez, R.; González, N.; Alonso, J.; Domínguez, M. y Sarduy, L. (2014). Valor nutritivo de harinas de follaje de cuatro especies arbóreas tropicales para rumiantes. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 48 (4): 371-378.
- Román, M. L.; Martínez, R. L. A.; Mora, S. A.; Torres-Morán, P.; Gallegos, R. A. y Avendaño, L. A. (2013). *Leucaena lanceolata* S. Watson ssp. *lanceolata*, especie forestal con potencial para ser introducida en sistemas silvopastoriles. *Rev. Chapingo Serie Ciencias Forestales y el Ambiente* 19 (1): 103-114.
- Román, M. L. y Mora, S. A. (2013). *Especies forestales nativas en sistemas agroforestales en el Occidente de México*. En: Salcedo, E., Hernández, E., Vázquez, J.A., Escoto, T. y Díaz, N. (Eds.). Recursos Forestales en el Occidente de México. Diversidad, Manejo, Producción, Aprovechamiento y Conservación. Amaya Ediciones. México. 387-406 p.
- Román, M. L.; Mora, S. A. y Gallegos, R. A. (2011). Árboles y arbustos de uso múltiple en la costa de Jalisco, México. En: Endara, A., Mora, S. A. y Valdez, H. J. I. (Eds.). *Bosques y árboles del Trópico Mexicano: Estructura, crecimiento y usos*. Pandora, S.A. México. 81-106 p.
- Román, M. L. y Palma, J. M. (2007). Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 11 (3): 3-24.
- Rosales, A. J. J.; Cuevas, G. R.; Gliessman, S. R. y Benz, B. F. (2014). Estructura y diversidad arbórea en el sistema agroforestal de piña bajo sombra en el occidente de México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (17): 1-18.

- Ruiz-González, C. G. (2015). *Crecimiento y turno absoluto de Cedrela odorata L. a 17 años de establecimiento en plantaciones de acahual, Pochutla, Oaxaca*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Antonio Narro. División de Agronomía. Departamento Forestal. Saltillo, Coah., México.
- Rzedowski, J. (1983). *Vegetación de México*. Edit. Limusa, S. A., México. 2da. Reimpresión. 432 pp.
- SEMARNAT. (2005). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Compendio de Estadísticas Ambientales. SEMARNAT, México. Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/informe_mex2005.pdf. 382 pp. (Consultada el 21 de junio de 2016).
- SEMARNAT. (2012). *Informe de la situación del medio ambiente en México*. Compendio de estadísticas ambientales indicadores clave y de desempeño ambiental. http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_12/pdf/Informe_2012.pdf. 382 pp. (Consultada el 3 de junio de 2016).
- Silva-Guzmán, J. A.; Ramírez-Arango, A. M.; Fuentes, T. F. J.; Rodríguez-Anda, R.; Turrado, S. J. y Georg-Richter, H. (2015). Diagnóstico de la industria de la transformación primaria de las maderas tropicales de México. *Rev. Mexicana de Ciencias Forestales* 6(28): 202-221.
- Velázquez, A.; Mas, J. F.; Mayorga-Saucedo, R.; Díaz, J. R.; Alcántara, C.; Castro, R.; Fernández, T.; Palacio, J. L.; Bocco, G.; Gómez-Rodríguez, G.; Luna-González, L.; Trejo, I.; López-García, J.; Palma, M.; Peralta, A.; Prado-Molina, J. y González-Medrano, F. (2002). Estado actual y dinámica de los recursos forestales de México. CONABIO. *Biodiversitas* 41: 8-15.
- Villagaray, S.M. y Bautista, E. I. (2011). *Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú*. Acta Nova; Vol. 5 (2): 289-311.

Recepción: 01 de agosto de 2016

Envío a arbitraje: 15 de agosto de 2016

Dictamen: 28 de septiembre de 2016

Aceptación: 29 de octubre de 2016