

REVISTA SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGROECOLÓGICOS

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE AGROFORESTERIA UNILLANOS



VOLUMEN 5 NÚMERO 2 AÑO 2014

EDITORIAL

Si se analiza la ganadería en el ambiente tropical, es posible deducir que dicho factor puede contribuir para generar impactos en el sistema de producción, por una parte la introducción de genes bovinos europeos sin el mejoramiento de su entorno biofísico ha contribuido con aspectos propios del ambiente tropical como parásitos, temperatura y radiación solar, que han incidido de manera determinante y negativa sobre la productividad ganadera, siendo este el panorama, se comprueba que los sistemas agroforestales y silvopastoriles tienen un papel importante en esta actividad, puesto que prioriza técnicas de producción más acorde con las realidades biofísicas y socioeconómicas de países tropicales como Colombia, además, los arreglos establecidos dentro de la agroforestaría contemplan de manera implícita estrategias de conservación y uso racional del suelo y agua, y diversidad biológica, lo que genera una reducción de costos, mayor flujo de capital, mejoramiento de rentabilidad, competitividad y nivel de vida de los productores.

Por otro lado, la intensificación del sistema productivo ganadero incrementa los flujos de energía y nutrientes, factores que lo expone a procesos de contaminación, especialmente en aquellos donde los animales permanecen mayor cantidad de horas encerrados, por lo tanto sus residuos producen grandes impactos en el ambiente, siendo esto significativo, debido a problemas que ocasiona el manejo de excretas, afectando contenidos nutricionales de suelo, forrajes, y por ende la alimentación del animal. En países desarrollados se ha demostrado que existe una fuerte relación causa-efecto entre la actividad ganadera y la contaminación difusa de los cursos de agua superficiales, en especial de su eutrofización por altas concentraciones de nitrógeno y fósforo, además sin un manejo adecuado de la alimentación, la ganadería puede constituir fuentes significativas de emisiones de gases de efecto invernadero.

Sintetizando la ganadería podría convertirse en una producción eficiente, si se comprende cómo fluye la energía libre dentro del sistema productivo, además si se logra manipular éste flujo se puede disminuir la contaminación por procesos físicos, microbiológicos y bioquímicos, utilizando esta energía libre en otras actividades para incrementar su productividad, por este motivo la ganadería se debe transformar en un sistema productivo sostenible y por lo tanto eficiente en cuanto al uso energético, es por esto que en condiciones tropicales se recomienda la implementación de sistemas agroforestales y agrosilvopastoriles para obtener un balance equilibrado entre pérdidas y ganancias desde el punto de vista de los ciclos energéticos.

(c)MSc. MVZ. CESAR AUGUSTO NAVARRO ORTIZ

Efecto del tiempo de corte y maduración del ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la digestibilidad in vivo, utilizado como suplemento en ovinos

Effect of time of court and maturing of the silage of *Tithonia diversifolia* in the in vivo digestibility, used as supplement in sheep

Gutiérrez Castro Litsy¹, Güechá Castillo Andrea¹; Céspedes Sanabria Daniel² y Roa Vega María Ligia³

¹Medico Veterinario Zootecnista Universidad de los Llanos; ²MVZ. Esp. (c)MSc. Docente UNILLANOS y ³Z. MSc Docente UNILLANOS

litsy.gutierrez@unillanos.edu.co

Recibido 15 de Abril 2014, Aceptado 11 de Agosto 2014

RESUMEN

En la zona tropical de Colombia, la nutrición constituye el factor de mayor influencia en procesos productivos y reproductivos de rumiantes, por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la edad de corte de botón de oro *Tithonia diversifolia*, (Td) y el grado de maduración de su ensilaje sobre la calidad nutricional y digestibilidad *in vivo* en ovinos criollos de pelo, como suplemento de una dieta base de king grass (PP) (*Pennisetum purpureum*). Se realizó una poda de nivelación, luego tres cortes: 45, 60 y 75 días, los ensilajes se mezclaron melaza 25%: ensilaje de Td (ETd) 75%. Para la digestibilidad se emplearon nueve ovinos con peso promedio 30kg \pm 5kg, a los que se les suministró PP a voluntad y 400 gramos de materia seca (MS) de ETd. Las dietas y excretas fueron evaluadas en laboratorio de Nutrición. Se usó un diseño completamente al azar, de nueve tratamientos que conciernen a los tres cortes y tres tiempos de maduración del ETd: 30, 45 y 60 días, con tres repeticiones. Cuando fue realizado el trabajo de campo y de laboratorio los valores de la calidad nutricional del ensilaje, fueron en promedio: MS (21,7%), proteína (12%), y contenidos de fibra detergente neutro (FDN) por debajo de 40%. Las digestibilidades aparente de MS (DAMS) fueron superior al 60% con un promedio 68,5% \pm 5,5. Referente a la digestibilidad de la

proteína cruda (DPC), esta se ve afectada conforme incrementa el tiempo de corte, pero un mayor tiempo de maduración del ETd mantienen o incrementa su digestibilidad, resultando en promedio: $62,3\% \pm 9,9$.

Palabras clave: Ovino, digestibilidad *in vivo*, ensilaje, *Tithonia diversifolia*.

ABSTRACT

In the tropical zone of Colombia, nutrition is the most influential factor of productive and reproductive processes of ruminant, therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of cut age of *Tithonia diversifolia* (Td) and the degree of maturity of silage on the nutritional quality and digestibility *in vivo* in crossbred sheep hair as a supplement to a basal diet of King grass (*Pennisetum purpureum*) (PP). Leveling pruning was done after three cuts: 45, 60 and 75 days, 25% silages were mixed: 75% molasses (TdS). For digestibility nine sheep were used with average weight $30 \text{ kg} \pm 5\text{kg}$, were fed ad libitum and PP 400 g dry matter (DM) of TdS. Diets and excreta were evaluated in laboratory Nutrition. Completely randomized design, nine treatments concerning the three cuts and three maturation TdS was used: 30, 45 and 60 days, with three replications. When conducted fieldwork and laboratory values of the nutritional quality of silage were on average: MS (21.7%), protein (12%), and content of neutral detergent fiber (NDF) below 40 %. Apparent digestibility of DM (DAMS) was higher than 60% with an average $68.5 \pm 5.5\%$. Regarding the digestibility of crude protein (CPD), as this is affected increases cutting time, but a longer maturation TdS maintain or increase its digestibility, resulting in average: $62.3 \pm 9.9\%$.

Keywords: Sheep, *in vivo* digestibility, silage, *Tithonia diversifolia*.

INTRODUCCIÓN

Países tropicales como Colombia se caracterizan por marcadas fluctuaciones en la cantidad y calidad de las pasturas, que traen como consecuencia una baja productividad en los animales. Esto hace que sea necesario evaluar forrajes adaptados y de buena calidad que provean mayores aportes nutricionales. Los

forrajes tropicales se utilizan en mayor o menor proporción como fuente o alternativa de alimento para animales, con dependencias agroclimáticas y de oportunidad de uso por parte del productor (Valencia *et al.*, 2010).

Teniendo en cuenta los estudios realizados en botánica, fitoquímica y calidad nutricional de *Tithonia diversifolia* como una especie promisoría en la alimentación de rumiantes sería conveniente integrarla en sistemas de producción animal, ya que existen evidencias como lo reportado por Wanjau *et al.*, (1998), donde especies de plantas no leguminosas como *Tithonia diversifolia* acumulan cantidades considerables de nitrógeno en sus hojas como las leguminosas, además tiene altos niveles de fósforo, gran volumen radicular, habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy agresiva y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema, manteniendo su rápido crecimiento que demanda pocos insumos para su cultivo (Ríos, 1999), las anteriores características ratifican a esta especie como una opción para la alimentación en sistemas de producción animal (Mahecha y Rosales, 2005).

El uso del botón de oro como suplemento en animales es cada vez más generalizado debido a su alto valor nutricional (20% proteína), su rusticidad y su elevada tasa de producción de biomasa y observaciones empíricas hechas por productores en países tropicales reconocen el valor a esta planta como recurso para la producción animal sostenible (Calle y Murgueitio, 2008). También existen reportes sobre su uso como forraje de corte para bovinos de leche y conejos (Ríos, 1999), bovinos en silvopastoreo (Calle y Murgueitio, 2008), en cerdos (Solarte, 1994), en Búfalos (Ríos, 1997) y en ovinos (Vargas, 1992).

En lo que se refiere a los ovinos criollos, se han convertido en un potencial productivo para las familias campesinas debido a su activa participación en el mercado colombiano en el área de carne, cueros y lana de buena calidad. Una de las tantas habilidades de estos animales es su rápida adaptabilidad no solo al clima sino a la topografía de las regiones donde habitan, eficiencia reproductiva, facilidad de crianza, habilidad materna, mansedumbre, además de su alta

resistencia a enfermedades lo cual hace que sea una especie atractiva para el pequeño productor (García *et al.*, 2008).

De esta manera, según lo establecido por Mahecha y Rosales, (2005) el follaje de *Tithonia diversifolia* se caracteriza por un buen contenido de nitrógeno total, con alta proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica, de fósforo, rápida degradabilidad y fermentación a nivel ruminal, baja proporción de nitrógeno ligado a éste y bajo contenido metabolitos secundarios, además se presume la presencia de sustancias pigmentantes. Estos mismos autores realizaron un estudio comparativo con especies forrajeras de amplio uso en la alimentación animal como: *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Erythrina*, y observaron alta aceptabilidad y respuesta productiva en ovinos, pollos de engorde y gallinas ponedoras, demostrándose la viabilidad de su uso en monogástricos y en rumiantes.

El presente trabajo se realizó con el fin de determinar el efecto de ensilar forraje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*), en diferentes estados de desarrollo (45, 60 y 75 días de corte) y tiempos de maduración del ensilaje (30, 45 y 60 días), sobre la composición bromatológica y digestibilidad *in vivo* como suplemento en ovinos.

METODOLOGÍA

El experimento se llevó a cabo, en las instalaciones de la Granja Barcelona en la Unidad de Especies Menores del programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos, la cual se encuentra ubicada en el km 12 vía Puerto López, en el municipio de Villavicencio, Meta. Las características fisiográficas de la región son: altitud de 467 metros sobre el nivel del mar, temperatura promedio de 27 grados centígrados y precipitación promedio anual entre 1830 y 3568 mm y humedad relativa del 85% (Roa *et al.*, 2013).

Inicialmente se realizó una poda de nivelación a las plantas, con el fin de dejar un tiempo de recuperación, realizando el primer corte del botón de oro a los 45 días. Posteriormente se procedió a picar el material para la elaboración del ensilaje, al

cual se le adicionó melaza y agua en proporción 25:75. Se utilizaron canecas con capacidad de almacenar 20 kg en total del material ensilado (Figura 1), con tiempos de maduración de 30, 45, 60 días; una vez cumplido estos periodos de maduración de los ensilajes, se llevaron al proceso de secado, siendo almacenado cada tratamiento en un frasco rotulado con el respectivo tiempo de corte y maduración del ensilaje, para luego tomar una muestra representativa a la cual se le determinó en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad, valores de: materia seca (MS), humedad final, extracto etéreo o grasa (EE), proteína (PC), fibra cruda (FC), cenizas, estrato no nitrogenado (ENN) y fibra detergente neutro (FDN). Este mismo procedimiento se realizó en el segundo corte de botón de oro a los 60 días y tercer corte del botón de oro (60 y 75 días) (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos según días de corte y maduración ensilaje

Días de corte	Tiempo de maduración en días		
	30	45	60
45	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 1 = 45 ^C :30 ^M	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 2 = 45 ^C :30 ^M	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 3 = 45 ^C :30 ^M
60	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 4 = 45 ^C :30 ^M	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 5 = 45 ^C :30 ^M	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 6 = 45 ^C :30 ^M
75	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 7 = 45 ^C :30 ^M	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 8 = 45 ^C :30 ^M	R ₁ , R ₂ y R ₃ = 5 kg; T 9 = 45 ^C :30 ^M

T: Tratamiento, R: Repetición C: Tiempo de corte planta, M: Tiempo de maduración del ensilaje

Se utilizaron 9 ovinos criollos adultos, de 2 años de edad, con un peso aproximado de 30 ± 5 kg, fueron 9 tratamientos los cuales se distribuyeron aleatoriamente en jaulas metálicas con comedero, bebedero automático y recolector de excretas y orina, siendo sus dimensiones de 90 cm de largo, 60 cm de ancho y 80 cm de alto (Figura 2).

El trabajo se dividió en una fase de acostumbramiento de 5 días donde a todos los animales diariamente se les suministraba sal mineralizada *ad-libitum*, 5 kg forraje fresco picado de kinggrass (*Pennisetum purpureum*), dividido en dos raciones de 2.5 kg / animal y 400 gr de materia seca (MS) de cada tratamiento. Posteriormente se realizó la fase experimental, que consistió en la de toma de datos (orina excretada cada 12 horas (ml), heces cada 24 horas (gr), consumo por tratamiento (gr)) y recolección total de heces (CTH) (Lachmann y Araujo, 1999), medición del peso

total y recolección de muestras representativas de las mismas (300 g), dichas muestras fueron secadas para su posterior análisis.



Figura 1. Ensilaje en caneca



Figura 2. Ovino en Jaula

Se realizaron análisis nutricionales en los ensilajes de botón de oro, en el forraje King grass y excretas, donde se determinó el contenido de humedad, cenizas, materia seca, proteína, extracto etéreo, fibra cruda y fibra detergente neutro (AOAC, 2006). Valorando el consumo y la excreción de los nutrientes se determinó el coeficiente de digestibilidad (COD) de todos los nutrientes aplicando las siguientes formulas (Church *et al.*, 2002):

$$COD = \frac{\text{Nutriente consumido} - \text{Nutriente excretado}}{\text{Nutriente consumido}} \times 100$$

$$\% NDT = \%PC \times COD + \%FC \times COD + \%ENN \times COD + EE \times COD \times 2.25$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la información obtenida en este estudio (Tabla 2), correspondiente al ensilaje de botón de oro a los 45 días de corte con 3 tiempos de maduración (30, 45 y 60 días), se observa que los valores más altos en porcentaje de materia seca (MS), humedad (H), grasa (EE) y fibra cruda (FC), corresponde a los 30 días de maduración, aunque las variaciones no son significativas con respecto a los otros tiempo de maduración, por otro lado el rango más alto de proteína se presenta a los 60 días. Al comparar los datos con respecto a los valores de fibra cruda, se observa que la tendencia en el porcentaje de FC es directamente proporcional a

los días de maduración del ensilaje, es decir se aumenta a medida que avanzan los días de maduración del ensilaje, mientras que la FDN no presenta variaciones por efecto del tiempo.

Los porcentajes de materia seca y ceniza se mantienen en el tiempo, los valores presentan un coeficiente de variación bajo y se comportan de manera uniforme para los distintos periodos de maduración en el estado de floración media (60 días corte). Así mismo, a medida que aumenta la maduración descienden los valores de grasa (EE) en aproximadamente un 0,3%, mientras que en los porcentajes de proteína (PC), se obtiene su rango más alto a los 30 días (Tabla 2); estudios realizados por Roa *et al.*, (2010) mostraron valores de proteína de 8% y 7,2% a los 30 y 60 días de maduración, comparándolo con los resultados de la Tabla 2 se observa un aumento en promedio de 4% de la proteína.

Tabla 2. Composición nutricional del ensilaje botón de oro

Maduración (días)	King grass	Ensilaje <i>Tithonia diversifolia</i>								
		45			60			75		
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Nutriente (%)		30	45	60	30	45	60	30	45	60
Materia Seca	20,0	24,5	20,5	22,4	22,8	22,8	22,8	19,0	18,8	21,5
Ceniza	9,	8,6	10,1	9,6	10,6	10,2	10,2	8,8	12,3	12,5
Grasa	1,7	2,0	1,7	1,2	0,9	0,3	0,6	1,8	1,9	1,6
Proteína	7,6	10,1	12,8	14,1	12,3	11,9	11,5	8,4	12,1	11,0
Fibra Cruda	39,2	16,3	2,9	3,9	3,4	5,7	9,9	5,6	1,9	1,3
FDN	57,4	24,1	25,7	25,2	23,0	27,1	33,2	23,5	29,3	26,7
ENN	36,6	49,2	58,7	59,8	59,8	57,8	49,2	64,6	67,9	68,4
NDT	53,3	58,7	66,8	68,7	66,0	63,0	55,9	70,3	76,9	76,5

FDN: Fibra detergente neutro, ENN: Extracto no nitrogenado, NDT: nutrientes digestibles totales

Al realizar la comparación de la composición nutricional del ensilaje a los 75 días corte y sus diferentes tiempo de maduración (30, 45 y 60 días) se observa que éste es el que presenta los porcentajes más bajos de MS y PC, con respecto a los periodos anteriores, estos cambios se pueden atribuir a la diferencia entre el tiempo de corte para estos tratamientos siendo mayor para los tres últimos

tratamientos, donde la planta a los 75 días corte se encuentra en el estado fenológico de floración completa. Para el T7, en donde el valor de FDN se redujo con respecto a los últimos tratamientos su disminución relativa puede suceder cuando algunos forrajes ensilados pueden solubilizar fracciones de hemicelulosas, que hacen parte de la FDN, a lo largo de los procesos de fermentación del ensilado (Cutullic *et al.*, 2011).

La materia seca digestible (DMS) se aumentó en proporción relativa conforme se incrementaban los tiempos de conservación del ensilaje y la edad de corte, pero no se observó efecto de estos dos factores ($P < 0,05$) sobre la DMS, lo que implica que todos los procesos de fermentación fueron totalmente anaeróbicos y no alteraron la disponibilidad de este nutriente, estos resultados resultan superiores a los encontrados por Ribeiro *et al.*, (2007) en el ensilado de girasol (*Helianthus annuus L.*) con coeficientes de digestibilidad de la materia seca alrededor de 50%. (Tabla. 3). La digestibilidad de la proteína cruda (DPC) fue mayor ($P < 0,05$) a los 75 días de corte en los tres periodos de conservación (T3, T6 y T9) en comparación con los demás tratamientos, presentando los menores valores de DPC ($P < 0,05$) a los 60 días de corte (T7, T8 y T9), sin observar efecto del tiempo de maduración del ensilaje (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de digestibilidad materia seca, proteína y FDN

C / M*	DMS ¹			DPC ²			DFDN ³		
	45	60	75	45	60	75	45	60	75
30	65,6 ^{aa}	62,7 ^{ba}	70,4 ^{ba}	58,5 ^{ab}	60,9 ^{ab}	73,0 ^{bb}	68,4 ^{aa}	65,1 ^{ba}	75,9 ^{ba}
45	64,1 ^{ab}	75,1 ^{bb}	68,2 ^{bb}	55,7 ^{ab}	54,5 ^{ab}	71,8 ^{bb}	61,0 ^{ab}	81,4 ^{bb}	74,5 ^{bb}
60	63,7 ^{ab}	73,5 ^{bb}	72,9 ^{bb}	52,4 ^{aa}	67,0 ^{aa}	66,4 ^{ba}	64,9 ^{ab}	79,0 ^{bb}	75,1 ^{bb}

Letras superíndices minúsculas diferentes en la misma fila indican significancia estadística en los tiempos de corte ($P < 0,05$). Letras superíndices en mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias entre niveles de maduración ($P < 0,05$). * C = Corte desde el rebrote en días. M = Maduración del ensilaje en días. ¹Digestibilidad materia seca. ²Digestibilidad proteína cruda. ³Digestibilidad fibra detergente neutro.

La digestibilidad de la fibra detergente neutro (DFDN), fue menor ($P < 0,05$) a los 45 días de fermentación en los tres tiempos de corte (T1, T4 y T7) exhibiendo efecto de estas dos variables en la degradación de las paredes celulares lo cual implica

la fermentación de hemicelulosa y celulosa por parte de los microorganismos benéficos como los *Lactobacillus*, formando ácido láctico y propionato que son fuentes de glucosa en el metabolismo de rumiantes (Church *et al.*, 2002).

La digestibilidad de los nutrientes digestibles totales (NDT) fue mayor ($P<0.05$) para los T7, T8 y T9, observándose un efecto en el tiempo de corte y fermentación, principalmente a los 75 días de corte y 60 de maduración donde T9 presentó el valor más alto 77,7% con respecto a T8 y T9, lo contrario sucedió en los resultados de relación nutritiva (RN), donde el estado de desarrollo de la planta a la cual se le realizó el corte, presentó mejores eficiencias ($P<0.05$) en el aprovechamiento de la proteína (T1, T2 y T3), es decir a los 30 días de corte en los tres tiempos de maduración, obteniendo valores de 1:6.5, 1:6.8 y 1:5.4, por lo anterior se deduce que por cada kilogramo de proteína digerido por el ensilaje se aprovechó esa cantidad de los demás nutrientes, sumando carbohidratos, grasa y fibra, presentando una relación nutritiva con tendencia a ser media en comparación con los tratamientos en los cuales se realizaron cortes a los 60 días, siendo sus valores de RN bastantes amplios (Tabla 4).

Con relación al pasto King grass (Grafica 1) los parámetros nutricionales en comparación con los de los ensilajes del botón de oro en todas sus épocas de corte y maduración fueron inferiores en cuanto a energía metabolizable, relación nutritiva y nutrientes digestibles totales, presentado un alto contenido de FDN en más de 25 unidades porcentuales con relación a los ensilajes (Tabla 2)

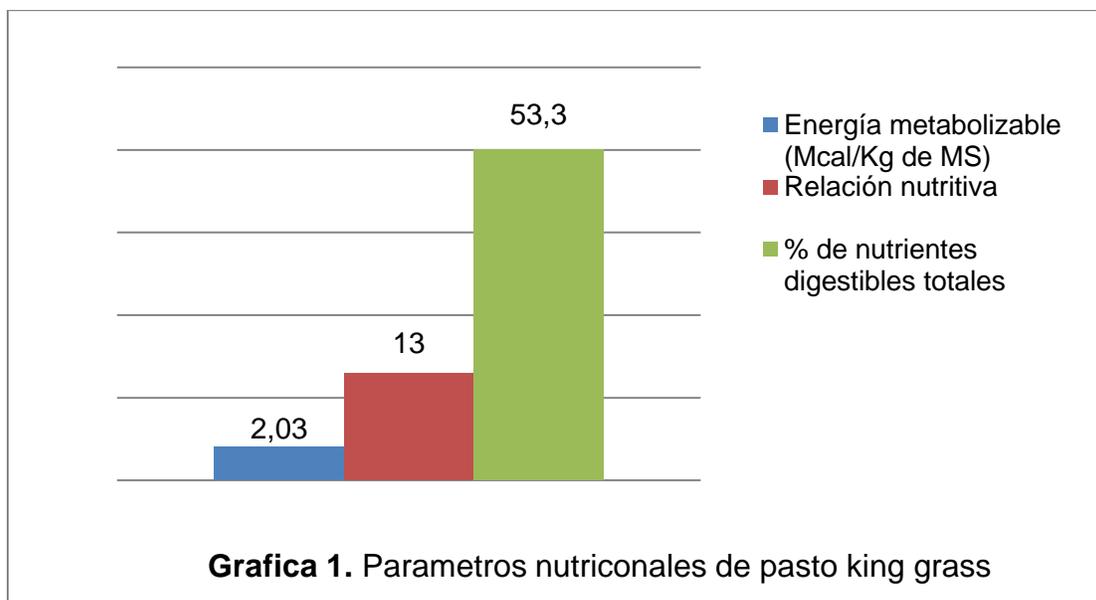
Tabla 4. Parámetros de energía y digestibilidad: relación nutritiva y NDT

C / M*	% Digestibilidad			RN			NDT		
	45	60	75	45	60	75	45	60	75
30	83,7 ^{aA}	79,2 ^{bA}	86,2 ^{cA}	11,1 ^{aA}	9,2 ^{aA}	9,3 ^{bA}	49,9 ^{aA}	49,2 ^{bA}	61,7 ^{bA}
45	82,4 ^{aB}	88,7 ^{bB}	86,4 ^c	10,9 ^{aB}	18,8 ^{aB}	7,5 ^{bB}	54,1 ^{aB}	64,7 ^{bB}	60,6 ^{bB}
60	82,2 ^{aB}	85,2 ^{bB}	72,8 ^{9c}	11,6 ^{aC}	9,7 ^{aC}	8,6 ^{bC}	48,7 ^{aB}	63,8 ^{bB}	68,5 ^{bB}

Letras superíndices minúsculas diferentes en la misma fila indican significancia estadística en tiempos de corte ($P<0,05$). Letras superíndices en mayúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias entre niveles de maduración ($P<0,05$). * C = Corte desde el rebrote en días. M = Maduración del ensilaje en días. ¹Digestibilidad materia seca. ²Digestibilidad proteína cruda. ³Digestibilidad fibra detergente neutro

Por lo anterior, la relación nutritiva de los tratamientos, resulta ser óptima para la alimentación de monogástricos porque se observan valores de RN menores de 6, como es el caso de T3 (1:5,4) de lo cual se puede deducir que los cortes deben realizarse cada 30 días, dejando que el ensilaje madure 75 días para que sean apropiados para ser utilizados en cerdos o aves.

Es importante resaltar que a cualquier edad de corte y tiempo de maduración del ensilaje con el que se suplementó la dieta base de King grass, es favorable para la alimentación rumiantes como ovinos y bovinos. La digestibilidad de MS representa una buena estimación del grado en que un ingrediente es digerido y absorbido por el tracto digestivo, para este estudio, los coeficientes estuvieron por encima del 50%. La DFDN aumenta en relación a la edad de la planta. En cuanto a la DPC, esta se ve afectada conforme incrementa el tiempo de corte de la planta del ensilaje, entre mayor es su estado de desarrollo mayor será la cantidad de proteína aprovechada por el animal pero un mayor tiempo de maduración del ensilaje mantiene o aumenta su digestibilidad.



Se establece que la calidad nutricional del ensilaje, arroja valores favorables de materia seca (20 a 25%), proteína (12%), y contenidos de FDN por debajo de 40%, se sugiere la posibilidad de ser incluidos en planes de alimentación y suplementación de vacas lecheras favoreciendo el consumo de materia seca, ya

que el contenido de FDN se relaciona positivamente con el llenado del rumen y con la densidad del forraje, y la velocidad de paso de las fracciones no digeribles en rumen.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados investigativos y requerimientos nutricionales de la especie, se desprende que el ensilaje de botón de oro asociado a king grass, se presenta como una alternativa de alimentación para ovinos siempre que se disponga del forraje, sugiriendo que el estado de desarrollo óptimo para el corte del forraje y su posterior ensilado resulta ser a los 60 días, ya que presenta los rangos más altos de disponibilidad y aprovechamiento de nutrientes, por otro lado los días de maduración del ensilaje en sus tres etapas resultan ser favorables sin generar pérdidas nutricionales en la calidad inicial del forraje conservado.

Los resultados obtenidos en este trabajo generan línea base como punto de partida para tomar decisiones o adelantar estudios de evaluaciones posteriores en otras especies, en corroborar la calidad nutricional favorable que tiene este tipo de recurso.

BIBLIOGRAFÍA

1. Association Official Methods of Analysis (AOAC). (18th) Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. Washington, D.C. 2006.
2. Barahona R. y Sánchez S. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista CORPOICA, 6 (1): 69-82. 2005.
3. Chacón P., Vargas C. Consumo de *Pennisetum purpureum* cv. King Grass a tres edades de cosecha en caprinos. Revista Agronomía Mesoamericana, 21 (2): 267-274. 2010.
4. Church D., Pond W., Pond K. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, segunda edición, UTHEA WILEY, Ed. Limusa, México D.F, México, 635 p. 2002.
5. Calle D., Murgueitio E. El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. Federación Colombiana de Ganaderos. Carta Fedegan, N. 108, p 54-62. 2008.
6. Cuadrado C., Mejía S. H., Contreras A. Manejo Agronómico de Algunos Cultivos de Forrajeros y Técnicas para su Conservación en la Región Caribe Colombiana. Manual Técnico. Cerete, Córdoba: CORPOICA, Agosto de 2003.

7. Cutullic E., Delaby L., Gallard Y., Disenhaus C. Dairy cows' reproductive response to feeding level differs according to the reproductive stage and the breed. *Animal*, 5 (5): 731-740. 2011.
8. Escobar J., Suárez J., Restrepo L., Mahecha L. Uso de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Botón de oro) como reemplazo parcial del alimento. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 16 (3 Suplemento): 28. 2003.
9. Espinoza F., Argenti P., Gil J. L., León L., Perdomo E. Evaluación del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* Cv. King Grass) en asociación con leguminosas forrajeras. *Revista Zootecnia Tropical*, 19 (1): 59-71. 2001.
10. Figueredo B. L., del Toro M. I. Los ovinos. Una producción de bajos insumos. *Revista Electrónica de Veterinaria - REDVET*, 6 (9): Art. 10. 2005.
11. Flores G., Gonzales A., Castro J., Castro P., Cardelle M., Fernández B., Valladares J. Evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de digestibilidad in vivo de la materia orgánica de ensilajes de hierba y planta entera de maíz. *Sociedad Española para el Estudio de los Pastos*, 33 (1): 1-99. 2003.
12. Fonseca F. N. Contribución al estudio de la alimentación del ovino pelibuey cubano. Tesis de grado Doctor en Ciencias Veterinarias, Universidad de Granma, Instituto de Ciencia Animal. Cuba. 161 p. 2003.
13. Garcés M., Adelaida L. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de Investigación*, 1 (1): 66-71. 2004.
14. García D. E., Medina M. G., Cova L. J., Soca M., Pizzani P., Baldizán A., Domínguez C. E. Aceptabilidad de follajes arbóreos tropicales por vacunos, ovinos y caprinos en el estado Trujillo, Venezuela. *Revista Zootecnia Tropical*, 26 (3): 191-196. 2008.
15. Hernández C. A. Utilización de la morera (*Morus alba*) y Botón de oro. Tesis Pregrado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán, 2011.
16. Lachmann M., Araujo F. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. Universidad del Zulia, Facultad de Ciencias Veterinarias. Maracaibo-Venezuela, 1999. Disponible [En: http://www.secalc.ula.ve/AUPA/docuPDFS/digestibilidadderumiante.pdf](http://www.secalc.ula.ve/AUPA/docuPDFS/digestibilidadderumiante.pdf)
17. Mahecha L., Rosales M. Valor nutricional del follaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (9): Art. 100. 2005.
18. Maza A. L., Vergara G. O., Paternina E. Evaluación química y organoléptica del ensilaje de maralfalfa (*Pennisetum* sp.) más yuca fresca (*Manihot esculenta*). *Revista MVZ Córdoba*, 16 (2): 2528- 537. 2011.
19. Medina M. G., García D. E., Gonzales M. E., Cova L. J., Moratinos P. Variables morfoestructurales y de calidad de la biomasa de *Tithonia diversifolia* en la etapa inicial de crecimiento. *Revista Zootecnia Tropical*, 27 (2): 121-134. 2009.
20. Mrad de Osorio, A. Ética en la investigación con modelos animales experimentales. Alternativas y las 3 RS de Russel. Una responsabilidad y un compromiso ético. *Revista Colombiana de Bioética*, 1 (1): 163-183. 2006.
21. Naranjo J. F., Cuartas C. A. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para

- la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 6 (1): 9-19. 2011.
22. Nieves D., Terán O., Cruz L., Mena M., Gutiérrez F., Julio L. Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 14 (1): 309-314. 2010.
 23. Pérez A., Montejo I., Iglesias J. M., López O., Martín G. J., García D. E., Idolkis M. Hernández A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Revista Pastos y Forrajes, 32 (1): 1-15. 2009.
 24. Ríos C. I. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da edición. Colciencias - CIPAV. Cali, Colombia, p 115-126. 1997.
 25. Ríos C. I. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. En: Agroforestería para la producción animal en América Latina. Estudio FAO Producción y Sanidad Animal N. 143. FAO, Roma. Eds. Sánchez, M. D. y Rosales, M. p 217-230. 1999.
 26. Roa M. L., Castillo C. A., Téllez E. Influencia del tiempo de maduración en la calidad nutricional, de ensilajes con forrajes arbóreos. Revista Electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos, 1 (1): 63-73. 2010.
 27. Ribeiro P. L., Goncalves L., Rodríguez N., Tomich T. Ensilaje de Girasol como Opción Forrajera. Brasil: Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes, p 31-50. 2007. Disponible En: http://www.cpatas.embrapa.br/public_electronica/downloads/OPB1719.pdf
 28. Segura F. A., Patiño A. C. Delignificación selectiva del pasto king grass usando basidiomicetos ligninolíticos. Revista Salud Pública y Nutrición, Ed. Especial N. 11: 1-5. 2006.
 29. Solarte A. Experiencias de investigación participativa en sistemas de Producción Animal en dos zonas del Valle del Cauca. Memorias III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Cali, Colombia. p 49-72. 1994
 30. Verdecia D., Ramírez J., Loenard I., Álvarez Y., Bazán Y., Bodas R., Andrés S., Álvarez J., Giráldez F. y López S. Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauca. Revista Electrónica de Veterinaria REDVET, 12 (5): Art. 3. 2011.
 31. Valencia T. L., Restrepo P. J., Ceron H. D. Determinación de la digestibilidad in vivo en ovinos utilizando dietas a base de forrajes tropicales. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, 1 (1): 25-29. 2010.
 32. Vargas J. E. Evaluación de la aceptación del botón de oro en la dieta de las ovejas de pelo. III Seminario Internacional. Desarrollo sostenible de sistemas agrarios. Colombia. p 135. 1992.
 33. Wanjau S., Mukalama J., Thijssen R. Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. LEISA, Revista de Agroecología. 13 (3): 25. 1998.

**Evaluación nutricional de tres especies de árboles forrajeros: *Morus alba*,
Gliricidia sepium y *Trichanthera gigantea* en bovinos fistulados**

**Nutritional evaluation of three species of fodder trees: *Morus alba*, *Gliricidia
sepium* and *Trichanthera gigantea* in fistulated cattle**

Niño Guayacán Mauricio¹ y Roa Vega María Ligia²

¹MVZ. Universidad de los Llanos y

²Z. MSc Docente Universidad de los Llanos

mroa@unillanos.eu.co

Recibido 12 de Diciembre 2013, Aceptado 26 de Septiembre 2014

RESUMEN

Este trabajo se llevó a cabo en la granja y en el laboratorio de Nutrición y Alimentación animal de la Universidad de los Llanos, localizada en Villavicencio (Meta), se utilizaron tres novillas Pardo Suizo-Criolla, fistuladas en rumen, las cuales fueron alimentadas con *Brachiaria decumbens*, sal mineralizada y agua a voluntad, además se suplementaron con 2 kg de materia seca de tres especies de forrajes arbóreos conformando tres tratamientos así: T1 = *Morus alba*, T2 = *Trichanthera gigantea* y T3 = *Gliricidia sepium*, para garantizar su consumo se adicionaron 300 gr de melaza en el momento del suministro. Los forrajes fueron evaluados en el laboratorio mediante análisis proximal y determinación de la fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA). En campo se desarrollaron tres periodos experimentales aplicando un diseño estadístico cuadrado latino 3 x 3 con el objetivo de determinar la degradabilidad ruminal y tasa de degradación, utilizando la técnica de las bolsas de nylon, en las cuales se colocaron 5 gr de muestra de cada tratamiento en diferentes horas (6, 12, 24, 48 y 72). Los nutrientes evaluados fueron: materia seca (MS), FDN, FDA y nitrógeno total (NT). En el líquido ruminal se realizaron mediciones de pH y nitrógeno amoniacal (N-NH₃) a las 0, 4, 8 y 12 horas de incubación. Los resultados del análisis bromatológico indicaron que *Gliricidia sepium* contiene mayor cantidad de proteína (22.1%) en comparación con *Morus alba* y *Trichanthera gigantea* (18.6 y

19.2% respectivamente). *Morus alba* únicamente contiene 28.3% de FDN con relación a las otras dos especies cuyo valor supera el 40%, así mismo presentó las mayores tasas de degradación en cuanto MS, NT, FDA y FDN ($P < 0.05$), alcanzando este último nutriente la mayor degradabilidad a las 72 horas (81.9%). Aunque *Gliricidia sepium* obtuvo una tasa de degradación rápida de la FDN (9.4% material degradado/hora) no se mantuvo igual esta tendencia hasta las 72 horas, siendo la degradabilidad de la FDN más baja de las tres especies estudiadas ($P < 0.05$). *Trichanthera gigantea* presentó la tasa de degradación más baja en lo que corresponde a la MS, FDN, FDA y NT ($P < 0.05$), este último nutriente tiene una degradación lenta en un comienzo, lo que puede estar influenciado por la dificultad en la liberación de nitrógeno por la lenta degradación de la pared celular, sin embargo la degradabilidad del NT a las 72 horas es mayor que la de *Gliricidia sepium*. Los resultados de la tasa de degradación de la materia seca en *Trichanthera gigantea* y *Morus alba* son menores a los reportados en la literatura. *Morus alba* mostró la degradabilidad de nitrógeno total más elevada en todas las horas ($P < 0.05$). Los parámetros evaluados en líquido ruminal en lo que se refiere a nitrógeno amoniacal y pH no se observaron diferencias en las tres especies estudiadas. Se concluye que la mayor degradabilidad ruminal a las 72 horas de la MS, FDN, FDA y NT la presentó *Morus alba* en comparación con *Trichanthera gigantea* y *Gliricidia sepium*.

Palabras clave: *Morus alba*, *Trichanthera gigantea*, *Gliricidia sepium*, degradabilidad ruminal.

ABSTRACT

This experiment was carried out on the farm and in the laboratory of Animal Nutrition and Food of the University of the Llanos, located in Villavicencio (Meta), three heifers Brown Swiss-Creole, fistulated rumen were used, which were fed *Brachiaria decumbens*, mineralized salt and water ad libitum also supplemented with 2 kg dry matter of three species of tree fodder thus forming three treatments: T1 = *Morus alba*, T2 = *Trichanthera gigantea* and T3 = *Gliricidia sepium*, to ensure consumption 300 gr of molasses were added at the time of delivery. The forages

were evaluated in the laboratory by proximal analysis and determination of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF). Field three experimental periods using a Latin square experimental design 3 x 3 in order to determine the ruminal degradability and degradation rate, using the technique of the nylon bags were developed, in which were placed 5 gr of sample from each treatment at different times (6, 12, 24, 48 and 72). Nutrients assessed were: dry matter (DM), NDF, ADF and total nitrogen (TN). In ruminal pH measurements and liquid ammonia nitrogen (N-NH₃) at 0, 4, 8 and 12 hours were performed. The results of the compositional analysis indicated that *Gliricidia sepium* contains more protein (22.1%) compared with *Morus alba* and *Trichanthera gigantea* (18.6 and 19.2% respectively). *Morus alba* contains only 28.3% FDN in relation to the other two species whose value exceeds 40%, also had the highest rates of degradation as DM, TN, ADF and NDF (P<0.05), reaching the latter nutrient greater degradability after 72 hours (81.9%). Although *Gliricidia sepium* obtained a rapid degradation rate of FDN (9.4% degraded material/hour) not equal this trend continued up to 72 hours, with the degradability of the lowest FDN of the three species studied (P<0.05). *Trichanthera gigantea* presented the lowest rate of degradation which corresponds to DM, NDF, ADF and TN (P<0.05), the latter nutrient has a slow degradation in the beginning, which can be influenced by the difficulty in releasing nitrogen by the slow degradation of the cell wall, however the degradability of NT at 72 hours is greater than *Gliricidia sepium*. The results of the degradation rate of dry matter in *Trichanthera gigantea* and *Morus alba* are lower than those reported in the literature. *Morus alba* degradability showed higher total nitrogen at all hours (P<0.05). The parameters evaluated in ruminal fluid as regards pH and ammonium nitrogen no differences were observed. We conclude that greater ruminal degradability within 72 hours of DM, NDF, ADF and TN was observed in *Morus alba* compared to *Trichanthera gigantea* and *Gliricia sepium*.

Keywords: *Morus alba*, *Trichanthera gigantea*, *Gliricidia sepium*, ruminal degradability.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación propone demostrar que los forrajes arbóreos en el Piedemonte Llanero son un buen recurso para ser utilizados en la alimentación de rumiantes, porque tienen varias ventajas tales como: un buen nivel de proteína y minerales, adicionalmente se pueden obtener otros beneficios dentro de las explotaciones ganaderas como es ayudar a evitar la erosión y a conservar el agua lo que favorece el mantenimiento de especies silvestres de la zona. Por lo tanto este trabajo tiene como objetivo profundizar en la investigación sobre la calidad nutricional de las siguientes tres especies forrajeras: Morera (*Morus alba*), Matarratón (*Gliricidia sepium*) y Nacedero (*Trichanthera gigantea*) en bovinos fistulados, con estos resultados se contribuye a lograr un desarrollo gradual en busca de una tecnificación de los sistemas sostenibles de producción pecuaria aprovechando así, las ventajas socioeconómicas y ambientales que ofrece esta zona.

Para realizar la degradación de los forrajes el rumen cuenta con diversos microorganismos como bacterias, hongos y protozoos, que son los encargados de romper las partículas para facilitar el aprovechamiento de los nutrientes que finalmente va a utilizar el animal en sus procesos productivos, además este proceso digestivo se encuentra influenciado por varios factores, los cuales son principalmente: edad del animal, tipo de producción, calidad y cantidad de la fibra del forraje, nivel nutricional del animal, frecuencia de alimentación y uso de suplementos (Roa, 1992).

Es así, que la digestión de la proteína en el rumen depende de su solubilidad para que sea atacada por las bacterias proteolíticas las cuales requieren para su crecimiento un pH cercano a la neutralidad, de otra parte el proceso se ve afectado por la concentración de nitrógeno amoniacal ($N-NH_3$), si estos niveles son altos las bacterias no degradan la proteína, por lo tanto esta será digerida por enzimas producidas en el estómago y en el intestino delgado, si las cantidades de $N-NH_3$ son bajas en el rumen, las bacterias utilizarán la proteína del alimento para

la obtención de nitrógeno, incrementando la degradación de este nutriente en el rumen (Orskov, 1988; Wattiaux y Howard, 2000).

La degradación de la fibra del forraje lo realizan bacterias que producen la celulasa y que pertenecen al género *Ruminococcus*, *Bacteroides* y *Butyrivibrio*, en ésta digestión también intervienen factores que afectan la población de bacterias celulolíticas como son el tipo de dieta y forraje, tasa de pasaje, tamaño de partículas y otros. Además la fibra del alimento tiene como función mantener cercano a la neutralidad el pH del rumen lo que favorece el incremento de la población de las bacterias celulolíticas y por tanto la disponibilidad de ácidos grasos volátiles que son la principal fuente de energía del rumiante (Owens y Goetsch, 1988).

Se han establecido parámetros que evalúan el aprovechamiento de los nutrientes en el rumen, como es el caso de las tasas de degradación las cuales miden la cantidad de alimento degradado por unidad de tiempo, determinando que existe una fracción digestible de la pared celular y otra que es potencialmente digestible y está sujeta a las condiciones del rumen para que sea aprovechada parcialmente o en su totalidad (Wilkins, 1990; Frioni, 1999).

Flores *et al.*, (1998) adelantaron una investigación con el objetivo de generar información sobre los parámetros de degradabilidad ruminal de la materia seca de ocho especies arbóreas y arbustivas tropicales entre las cuales se estudiaron la morera (*Morus alba*) y el nacedero (*Trichanthera gigantea*) para comparar su composición nutricional y además su aprovechamiento mediante la evaluación de la degradabilidad *in situ* en rumen utilizando la técnica de la bolsa de nylon. La digestibilidad de la materia seca fue mayor para morera, cayeno y nacedero, las cuales reportaron valores de 74, 72 y 67% respectivamente, comparándolas con las demás especies evaluadas como la *Calliandra calothyrsus*, *Cratylia argentea*, *Erythrina berteroana* y *Leucaena leucocephala* que obtuvieron degradaciones menores del 60%. No hubo diferencias en la tasa de degradabilidad de la materia seca de las diferentes especies, siendo numéricamente más elevada la de morera 33.2% de material degradado/hora con relación a la de nacedero que fue de 6.3%

de material degradado/hora. En cuanto al contenido de proteína, FDN y FDA los valores para nacedero y morera fueron los siguientes: 19.9, 40.7 y 33.9%, para la primera 24.4, 29.8 y 18.8% para la segunda, respectivamente.

Las bondades nutricionales de las especies arbustivas forrajeras también han sido estudiadas en otras especies animales, en cabras Rodríguez y Elizondo, (2012) encontraron una digestibilidad de MS en 49.18%, Proteína cruda 59.82%, FDN 57.83% y FDA 55.30%. De manera similar en conejos de engorde Nieves *et al.*, (2006) encontraron en *Morus alba* una digestibilidad de la materia seca de $61.65 \pm 10.83\%$, en la fibra detergente neutro $58.96 \pm 11.05\%$ y fibra detergente ácido $48.68 \pm 12.71\%$. Por otro lado, respecto a *Gliricidia sepium* Hurtado *et al.*, (2012) en cuyes determinaron una digestibilidad de la MS de 49.9%, proteína bruta 91.6%, y fibra bruta 75.0%, mientras que Suárez *et al.*, (2008) estimaron una digestibilidad *in vitro* de la MS de *Trichanthera gigantea* en 44.46%

METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la granja y en el laboratorio de Nutrición y Alimentación animal de la Universidad de los Llanos, localizada en la ciudad de Villavicencio (Meta), a 12 km del casco urbano Vía a Puerto López, a una altitud de 465 m.s.n.m., una temperatura promedio de 27°C, con un rango de precipitación anual entre 1900 y 2300 mm y una humedad relativa del 80%.

Se emplearon tres novillas Pardo Suizo x Criolla, fistuladas a nivel del rumen, con una edad promedio de treinta meses, que fueron alimentadas en pastoreo con *Brachiaria decumbens*, sal mineralizada y agua a voluntad, además se suplementaron con tres especies de forrajes arbóreos para formar un cuadrado latino 3 x 3 con los siguientes tratamientos: T1 = 2 kg de Morera (*Morus alba*), T2 = 2 kg de nacedero (*Trichanthera gigantea*) y T3 = 2 kg de matarratón (*Gliricidia sepium*) todos en base seca, para garantizar el consumo de estas especies se mezclaron con 300 gr de melaza. La cantidad de forraje suministrada se determinó haciendo pruebas de consumo previamente durante 10 días, en lo que se observó una buena aceptación de esa cantidad de los forrajes. Previamente al trabajo de

campo se cortaron ramas tiernas (aproximadamente 4 meses de retoño) de las arbóreas mencionadas anteriormente, luego se secaron por separado en latas de zinc al aire libre, después esta materia seca se mezcló con melaza para suministrarla a los animales, con los cuales se desarrollaron tres periodos experimentales de 12 días cada uno, distribuidos así: los primeros 8 días fueron de adaptación a la dieta con árboles forrajeros y los otros 4 se tomaron las muestras para determinar su aprovechamiento en el rumen.

Las pruebas *in situ* en rumen se realizaron utilizando la técnica de las bolsas de nylon (Méhrez y Orskov, 1977), las cuales tenían un tamaño de 20 x 10 cm con un poro promedio de 40 micras aproximadamente con el fin de evitar la salida de residuos de forraje, estas bolsas se secaron previamente a 60°C por 24 horas con el fin de llevarlas a peso constante y en cada una se colocaron 5 g de materia seca de cada tratamiento o forraje por duplicado en diferentes horas (6, 12, 24, 48 y 72), con el fin de establecer una curva de degradabilidad de la materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y nitrógeno total. En el líquido ruminal se realizaron mediciones de pH y nitrógeno amoniacal a las 0, 4, 8 y 12 horas. Los forrajes secos de matarratón, morera y nacedero fueron sometidos a un análisis nutricional preliminar, en el cual se le determinó a cada uno materia seca (MS), extracto etéreo (EE), nitrógeno total (NT), cenizas, fibra cruda (FC), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y extracto no nitrogenado (ENN), cuatro repeticiones por forraje con el fin de conocer parcialmente la caracterización bromatológica que posee cada tratamiento, lo cual se realizó antes de medir su degradabilidad en el rumen siguiendo la metodología de la AOAC, (2006). Se calculó la tasa de degradación mediante la fórmula de Méhrez y Orskov, (1977) para tal efecto:

$$\gamma = \alpha + \beta (1 - e^{c(\tau-l)})$$

El modelo estadístico fue un cuadrado latino 3 x 3, utilizando tres animales con tres tratamientos. Las variables analizadas fueron la degradación ruminal y su tasa en diferentes horas (6, 12, 24, 48 y 72) de la MS, FDN, FDA y NT de los tres tratamientos. En el líquido ruminal se evaluó el pH y el nitrógeno amoniacal a las

0, 4, 8 y 12 horas. Se utilizó un análisis de varianza, procedimiento GLM (SAS) aplicando la prueba de Duncan para comparación de medidas. Este modelo estadístico es el más utilizado cuando se trabaja con animales fistulados en rumen debido a que se obtienen suficientes repeticiones de las muestras analizadas en poca cantidad de animales, siendo confiables desde el punto de vista numérico y estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis bromatológico del matarratón (Tabla 1) en lo que se refiere a proteína y fibra detergente neutro concuerdan con los encontrados por Benavides, (1995) siendo estos de 24.8% y 45% respectivamente, igual sucedió con la proteína y la FDN de la morera: en la primera reportó Kundu y Sharma, (1988) un 19.6%, dato cercano al obtenido en este trabajo que fue de 18.6%, y en la segunda, Flores *et al.*, (1998) encontraron que ésta era de 29.8% valor similar al de este trabajo (Tabla 1), mientras que Benavides, (1995) y Flores *et al.*, (1998) hallaron que el contenido de este nutriente fue de 24%, esta diferencia se debe posiblemente a la influencia que tiene la edad de la planta, la posición de la hojas y nivel de fertilización que pueden dar una variabilidad a los valores analizados en el laboratorio. En la composición nutricional del nacedero (Tabla 1) se observa que la proteína (19.2%) fue similar a la hallada por Gómez *et al.*, (1995) (18%) y Flores *et al.*, (1998) (19.9%), también los datos de FDN concuerdan con los obtenidos por estos últimos autores en 1998 (40.7%).

La morera presentó las mayores tasas de degradación en cuanto a MS (Figura 1), NT, FDA y FDN ($P < 0.05$), alcanzando esta última la mayor degradabilidad a las 72 horas (81.9%), aunque su tasa de degradación fue la más lenta en un principio comparándola con la del matarratón (Tabla 2 y Figura 2). El matarratón obtuvo una tasa de degradación rápida de la FDN (9.4% a las 12 horas) (Tabla 2), sin embargo no se mantiene igual hasta las 72 horas ya que se estabiliza en valores cercanos al 64.1% (Figura 2) siendo la degradación de la FDN más baja de las tres especies estudiadas ($P < 0.05$). El nacedero presenta la tasa de degradación más baja en lo que corresponde a la MS, FDN, FDA y NT ($P < 0.05$) (Tabla 2), este

último nutriente tiene una degradación lenta en un principio, lo que puede estar influenciado por la dificultad en la liberación de nitrógeno por la lenta degradación de la pared celular, sin embargo la degradabilidad del NT a las 72 horas es mayor que la del matarratón (Figura 3). Los resultados de la tasa de degradación de la materia seca en el nacedero y la morera son menores a los reportados por Flores *et al.*, (1998) (6.3 y 3.32% de material degradado/hora).

Tabla 1. Análisis nutricional del matarratón (*Gliricidia sepium*), morera (*Morus alba*) y nacedero (*Trichanthera gigantea*), en el presente estudio

VARIABLE (%)	ESPECIE		
	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Morus alba</i>	<i>Trichanthera gigantea</i>
Materia seca	26.8	34.0	20.2
Proteína total	22.1	18.6	19.2
Fibra cruda	12.4	8.9	2.8
FDN	49.0	28.3	42.8
FDA	21.1	17.4	27.0
Extracto Etéreo	3.4	2.5	4.3
ENN	48.7	54.6	50.1
Cenizas	8.2	11.1	16.6

Aunque el matarratón presentó inicialmente un 48.1% de degradabilidad de la MS a las 6 horas (Figura 1), a las 72 horas fue la menor ($P < 0.05$) en comparación con las otras dos especies que obtuvieron valores de 91 y 85.3% para morera y nacedero respectivamente, además se observó que los datos de degradación de la materia seca del matarratón a las 24 y 48 horas (Figura 1) son ligeramente superiores a los reportados por Benavides en 1995 (60%), la morera también mostró degradabilidades a estas mismas horas más elevadas (81.6 y 88.3%) con relación a las encontradas por Kundu y Sharma en 1988 (75 y 85%), el comportamiento de esta variable en las tres especies a través del tiempo se observa en la Figura 1.

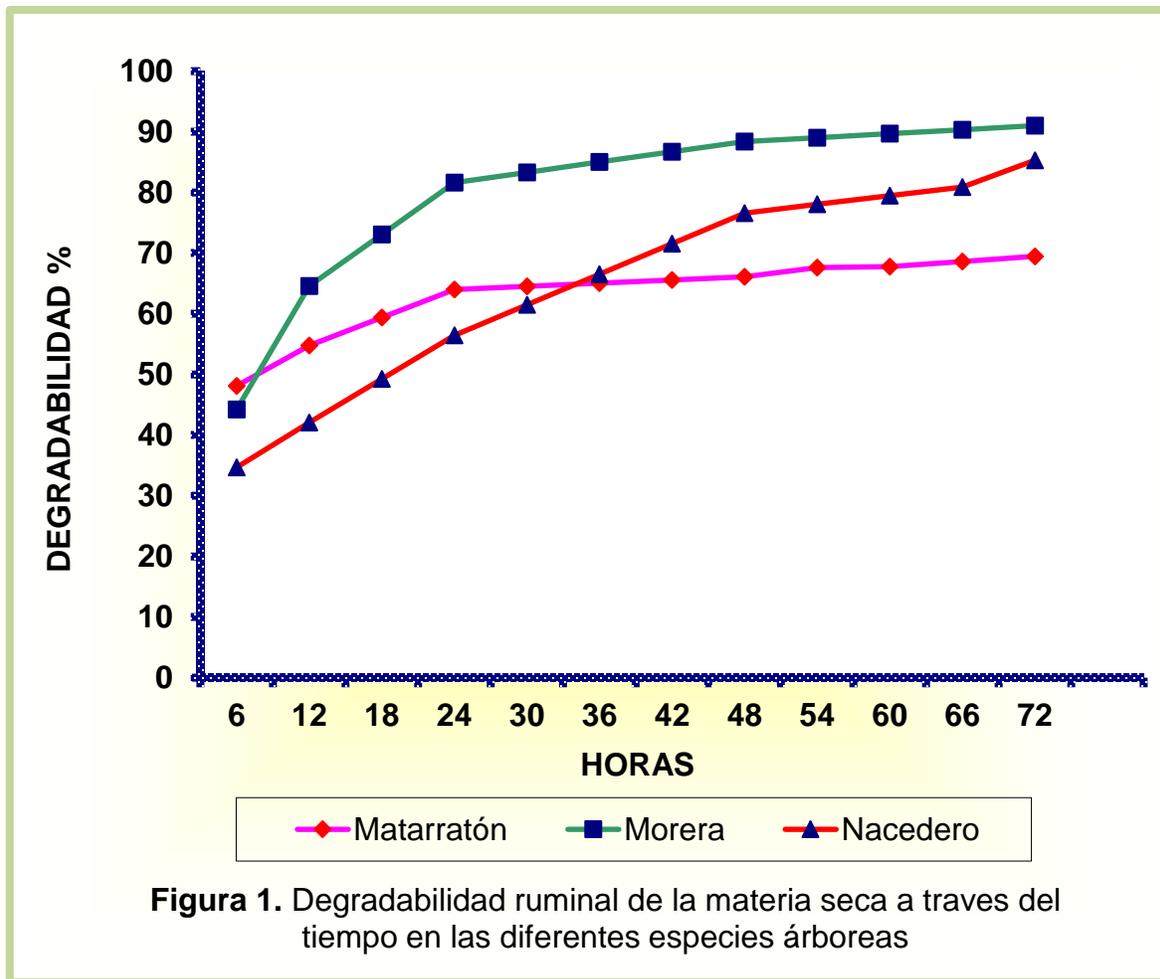
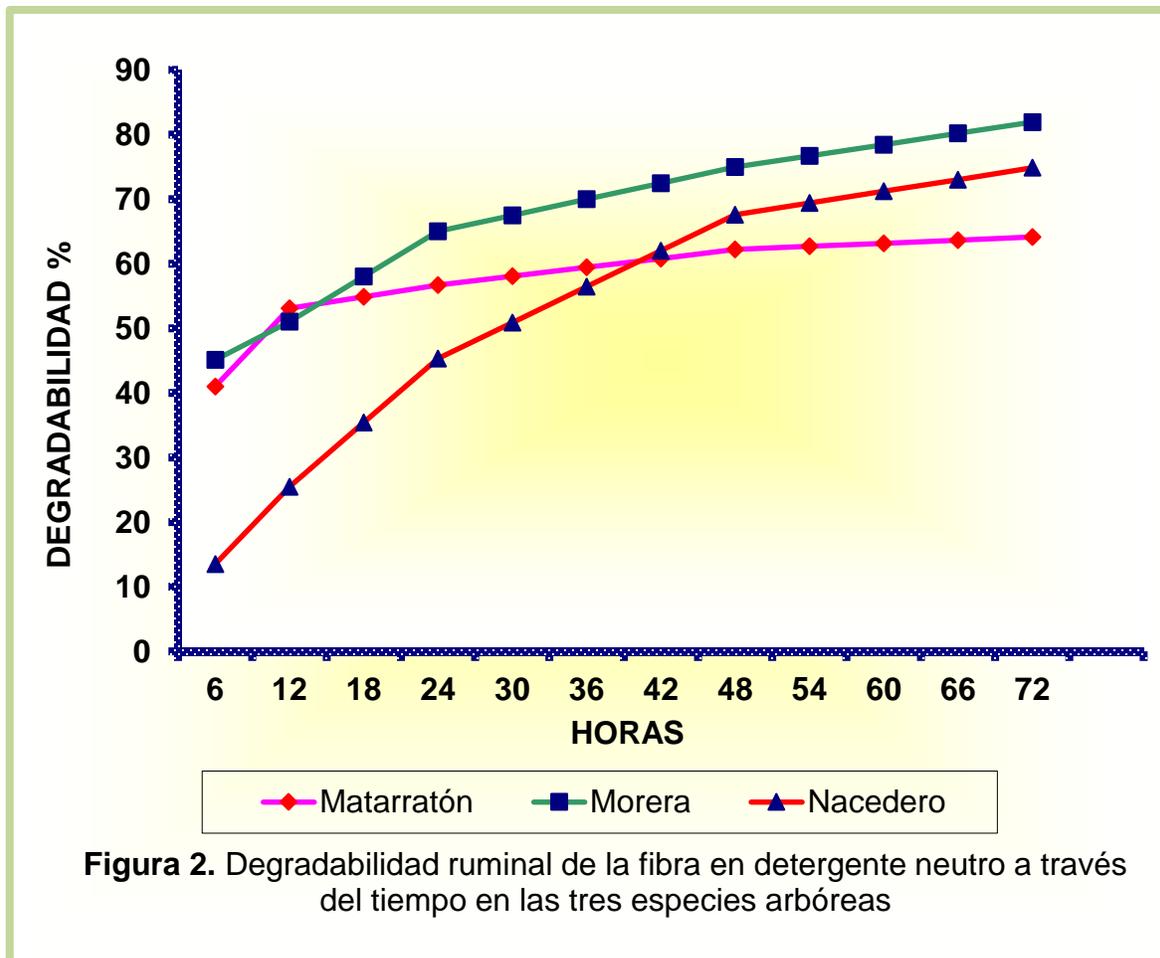


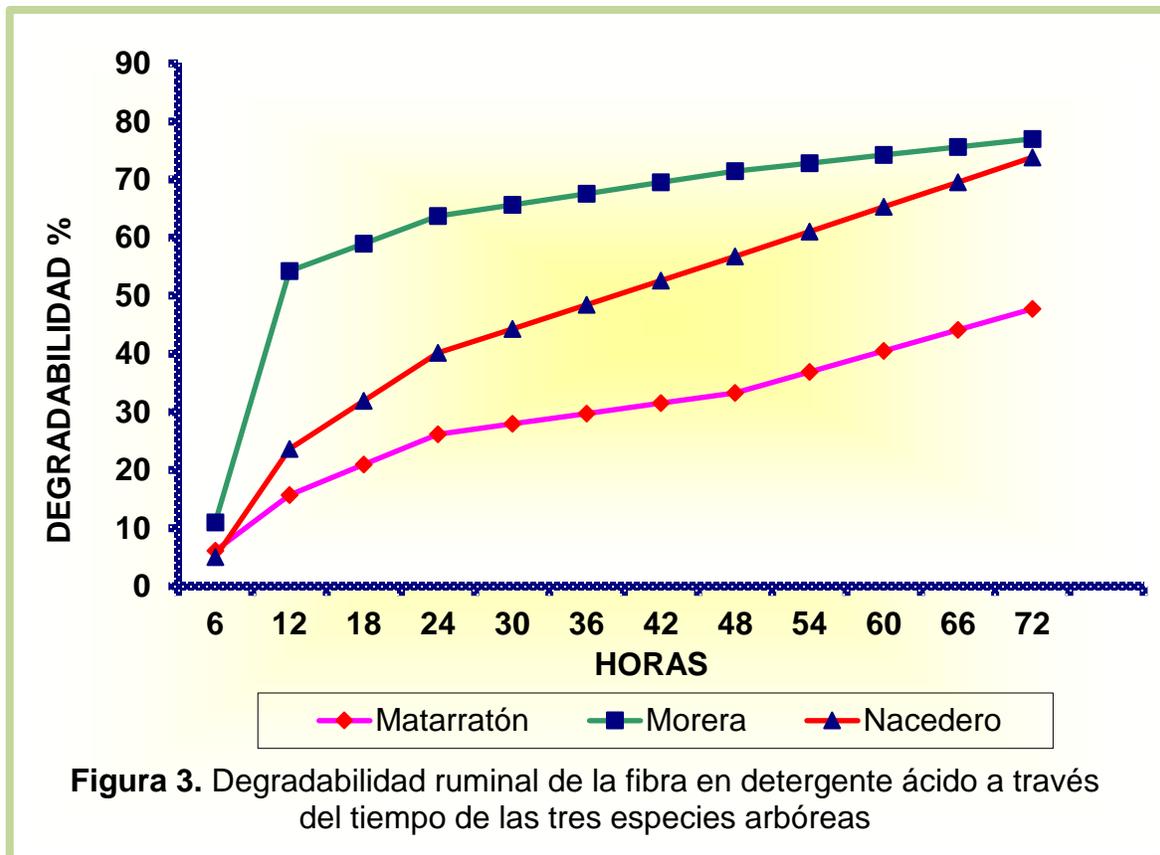
Tabla 2. Tasa de degradación (% de material/hora) de las tres especies arbóreas estudiadas

PARAMETRO	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Morus alba</i>	<i>Trichanthera gigantea</i>
"C" Materia seca	6.5 ^b	7.7 ^a	3.8 ^c
"C" Nitrógeno total	5.7 ^b	7.5 ^a	0.1 ^c
"C" Fibra en detergente neutro	9.4 ^a	3.7 ^b	3.2 ^c
"C" Fibra en detergente ácido	3.3 ^b	10.0 ^a	3.2 ^c

Letras distintas en la misma fila son diferentes ($P < 0.05$)



En la degradabilidad de la fibra detergente neutro, el análisis de varianza muestra que el nacedero tiene inicialmente (6 y 12 horas) la menor degradación ($P < 0.05$) en comparación con las otras dos especies (Figura 2). A las 72 horas el matarratón presentó la más baja degradación de la FDN ($P < 0.05$) con relación a la morera y nacedero (Figura 2), lo que indica una mayor presencia de componentes solubles en la pared celular de estas dos últimas especies lo cual se demuestra en su menor contenido de fibra detergente neutro, 21.3 y 42.8% respectivamente en comparación con la del matarratón (49%). La degradación de la fibra detergente ácido a las 72 horas fue menor ($P < 0.05$) para el matarratón (46.7%) con respecto a la morera y nacedero que obtuvieron valores de 76.9 y 73.8% respectivamente (Figura 3), este nutriente mostró un comportamiento ruminal similar al de la FDN en las diferentes horas de incubación.



La morera mostró la degradabilidad de nitrógeno total más elevada en todas las horas ($P < 0.05$), aunque el matarratón presentó una mayor degradabilidad hasta las 24 horas ($P < 0.05$) en comparación con el nacedero, a las 48 y 72 la de este último fue mayor numéricamente, lo cual se debió a que la FDN incrementó su degradación después de las 24 horas, mientras que el matarratón degradó más del 80% de la FDN a las 12, dejando más cantidad de nitrógeno disponible para las bacterias en las primeras horas (Figura 4). En los parámetros evaluados en el líquido ruminal de nitrógeno amoniacal y pH no se observaron diferencias en casi la totalidad de las horas excepto en nacedero que presentó un pH de 4.7 a las 12 horas siendo más bajo ($P < 0.05$) en comparación con las otras dos especies (Tabla 3).

Tabla 3. Nitrógeno amoniacal (mg/100ml de líquido ruminal) y pH en líquido ruminal

Especie	Horas			
	0	4	8	12
Nitrógeno amoniacal				
Matarratón	27.4a	28.1a	15.9 ^a	18.7a
Morera	38.2a	40.1a	29.3 ^a	25.7a
Nacedero	35.4a	22.2a	16.4 ^a	30.3a
pH				
Matarratón	6.4a	6.0a	5.8 ^a	5.6a
Morera	6.5a	5.8a	5.6 ^a	5.5a
Nacedero	6.3a	5.8a	5.7 ^a	4.7b

Letras distintas en la misma columna son diferentes (P<0.05)

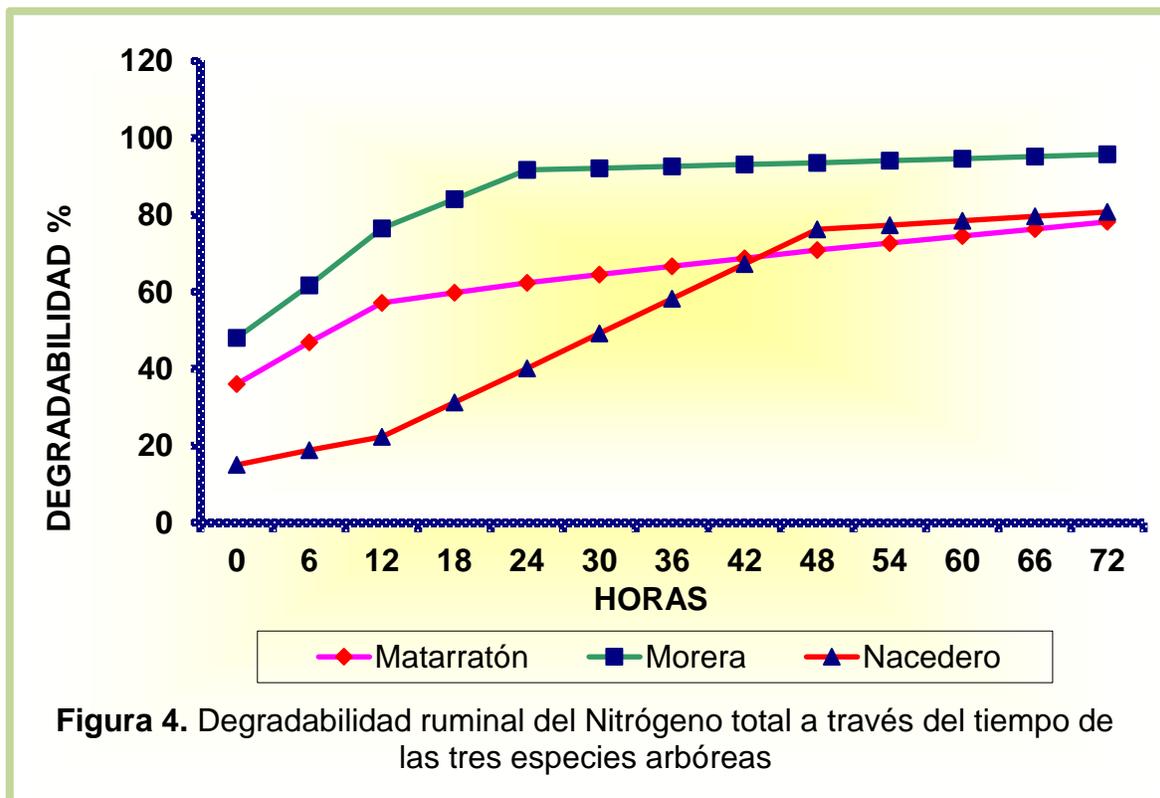


Figura 4. Degradabilidad ruminal del Nitrógeno total a través del tiempo de las tres especies arbóreas

CONCLUSIONES

La mayor degradabilidad ruminal a las 72 horas de la materia seca, fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y nitrógeno total la presentó la morera (*Morus alba*) en comparación con nacedero (*Trichanthera gigantea*) y matarratón (*Gliricidia sepium*).

También se observaron diferencias en las tasas de degradabilidad ruminal de los nutrientes evaluados en la morera (*Morus alba*), nacedero (*Trichanthera gigantea*) y matarratón (*Gliricidia sepium*), siendo mayores en la morera y menores en el nacedero.

La suplementación con las tres especies estudiadas ocasiona un descenso en el pH del líquido ruminal y no se encuentran diferencias entre los efectos de las especies. El nitrógeno amoniacal no se mantuvo constante en las horas evaluadas, presentándose en la morera y el matarratón una mayor concentración a las cuatro horas y en el nacedero a las cero horas, tampoco se observaron diferencias estadísticas entre las tres especies.

RECOMENDACIONES

Se recomienda que estudios posteriores se encaminen a determinar las cantidades que se deben utilizar de estas tres especies forrajeras en dietas para rumiantes para así comprender mejor los procesos que se suceden en el interior del rumen, y su efecto que tienen sobre la producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2006. Official Methods of Analysis. 18th Ed., Washington, D. C.
2. Benavides J. Manejo y utilización de la morera como follaje. Agroforestería de las Américas, 2 (7): 27-30. 1995.
3. Benavides JE. Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 2: 423-721. 1995.
4. Elizondo SJ. Calidad nutricional y consumo de morera (*Morus alba*), ramio (*Bohemeria nivea*) y sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. Agronomía Mesoamericana, 15 (2): 209 – 213. 2004.

5. Flores OI, Bolívar DM, Botero JÁ, Ibrahim MA. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 10 (1): 10-15. 1998.
6. Frioni L. Procesos Microbianos. Ed Fundación Universidad Nacional de Rio Cuarto Argentina. Rio Cuarto Argentina: 330 p. 1999.
7. Gómez ME, Rodríguez L, Murgueitio E, Ríos C, Molina C, Molina H, Molina E, Molina P. Matarratón (*Gliricidia sepium*) y nacedero (*Trichanthera gigantea*). En árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. CIPAV, Cali, Colombia 129 p. 1995.
8. Hurtado DI, Nocua S, Nárvaez W, Vargas J. Valor nutricional de la morera (*Morus sp.*), matarratón (*Gliricidia sepium*), pasto india (*Panicum maximun*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*). *Revista Veterinaria Zootecnia*, 6 (1): 56-65. 2012.
9. Kundu S, Sharma V. Chemical composition and in vitro dry matter digestibility of certain tree leaves. *Journal of Dairy Science* 72 (12): 3233-3239. 1988.
10. Mehrez AL, Orskov ER. A Study of artificial bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. *Journal of Agriculture Science*, 88: 645-650. 1977.
11. Nieves D, Araque H, Terán O, Silva L, González C, Uzcátegui W. Digestibilidad de nutrientes del follaje de Morera (*Morus alba*) en conejos de engorde. *Revista Científica Maracaibo*, 16 (4): 315-324. 2006.
12. Orskov ER. Nutrición proteica de los rumiantes. Ed. Actribia. Zaragoza. 160 p. 1988.
13. Owens FN, Goetsch LA. Ruminant fermentation. In Church. Ruminant animal, digestive physiology and nutrition. Prentice Hall New Jersey, p 195-225. 1988.
14. Roa ML. Efecto de *Sacharomyces cerevisiae* y tres tipos de fibra en la degradabilidad ruminal de nutrientes en bovinos. Tesis MSc. Colegio de Postgraduados, Chapingo México. 105 p. 1992.
15. Rodríguez J., Elizondo JA. Consumo, calidad nutricional y digestibilidad aparente de morera (*Morus alba*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*) en cabras. *Revistas Agronomía Costarricense*, 36 (1): 13-23. 2012.
16. Suárez JC, Carulla JE, Velásquez JE. Composición química y digestibilidad *in vitro* de algunas especies arbóreas establecidas en el piedemonte Amazónico. *Zootecnia Tropical*, 26 (3): 231-234. 2008.
17. Wattix MA, Howard RT. Digestión en la vaca lechera. 2000. Recuperado 5 de Febrero 2013. Disponible En: www.babcock.cals.wisc.edu/bab/des/digest/ch1/dig.html
18. Wilkings RJ. The potential digestibility of cellulose in forage and feces. *Journal of Agriculture Science*, (3): 57-60. 1990.

Evaluación de la calidad del huevo de codornices (*Coturnix coturnix japonica*) utilizando algunos alimentos energéticos

Quality assessment of quail egg (*Coturnix coturnix japonica*) using some energy foods

Acuña Robayo Lady Lorena¹; Hurtado Nery Víctor Libardo² y
Torres Novoa Diana Milena³

¹MVZ. Universidad de los Llanos; ²MVZ. MSc. PhD. Docente Universidad de los Llanos y ³MVZ. MSc. Universidad de los Llanos

vhurtado@unillanos.edu.co

Recibido 25 de Abril 2014, Aceptado 12 de Septiembre 2014

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar algunas características del huevo de codornices japonesas (*Coturnix coturnix japonica*) en fase inicial de postura alimentadas con raciones a base de arroz partido, harina de arroz, harina de plátano y afrecho de yuca se realizó este trabajo, en 450 huevos procedentes de un experimento de 250 codornices de 50 días de edad en un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos, cinco repeticiones con diez aves cada una. Se utilizaron dietas con niveles similares de energía y proteína, para atender los requerimientos nutricionales. Los tratamientos fueron dietas basadas en: maíz y torta de soya (T1), harina de arroz integral sustituyendo 50% de maíz (T2), arroz partido sustituyendo 50% de maíz (T3), afrecho de yuca en sustituyendo 50% de maíz (T4), y harina de plátano sustituyendo 50% de maíz (T5). La fase experimental tuvo una duración de 24 semanas, el agua y las dietas se suministraron diariamente. La harina de plátano aumentó ($P < 0.05$) la proporción de yema, las otras variables no fueron afectadas por la inclusión de alimentos alternativos. Los datos obtenidos no presentaron cambios significativos en las características del huevo. En conclusión las dietas de los diferentes tratamientos son una alternativa más de alimentación en la coturnicultura manteniendo las características más exigidas por los consumidores.

Palabras clave: Codorniz japonesa, fuentes energéticas, calidad del huevo.

ABSTRACT

In order to evaluate some of the egg of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) in early stance phase fed rations based on broken rice, rice flour, banana flour and cassava bran this work was performed in 450 eggs from an experiment of 250 quail 50 days old in a completely randomized experimental design with five treatments, five replicates of ten birds each. Diets with energy and protein levels are similar were used to meet the nutritional requirements. The treatments were based diets: corn and soybean meal (T1), brown rice flour 50% corn substituting (T2), 50% broken rice corn substituting (T3), substituting cassava bran 50% corn (T4) and banana flour replaces 50% corn (T5). The experimental phase lasted 24 weeks the water and diets were provided daily. The banana flour increased ($P<0.05$) the proportion of yolk, the other variables were not affected by the inclusion of alternative foods. The data showed no significant changes in egg characteristics. In conclusion diets of different treatments are an alternative power in maintaining the characteristics quail production most demanded by consumers.

Keywords: Japanese quail, energy sources, egg quality.

INTRODUCCIÓN

La codorniz es un ave de postura muy eficiente, con unos 300 huevos al año, aunque hay ejemplares excepcionales que pueden llegar a poner hasta 500, el huevo alcanza el 8% del peso vivo del ave, por lo tanto se debe suministrar un alimento balanceado que produzca un crecimiento normal, sin excesos de grasa, basado en un balance de aminoácidos, vitaminas y minerales, con el nivel energético justo para obtener crecimiento y producción normales. La codorniz japonesa pone entre dos y tres veces más que la gallina ponedora en relación a su peso vivo, ello en parte es debido a que alcanza la madurez sexual a una edad muy temprana (40-45 días), aunque esto depende mucho del programa de iluminación. El pico de postura se suele alcanzar hacia las 8 - 9 semanas y no es

raro que en ese momento la producción supere el 100% de postura (Lozano, 2005).

La coturnicultura es una actividad que se ha incrementado en el departamento del Meta y en Colombia durante los últimos años (Hurtado *et al.*, 2010), al ser el huevo de codorniz parte de los ingredientes ofrecidos en los productos en el sector de las comidas rápidas. La introducción de raciones para codornices con ingredientes alternativos parece prometedor, al ser una producción rápida, intensiva, con bastante potencial por la alta producción de huevos en un corto periodo de tiempo y en un espacio reducido (Cori *et al.*, 2009) haciéndola una alternativa atractiva para que el productor del campo mejore y diversifique sus ingresos.

En la región de los Llanos de Colombia se cultiva el arroz, la yuca y el plátano, lo cual permite ser utilizados en raciones para las codornices. Entre esas materias primas se encuentra los partidos o quebrados de arroz y su harina integral, que son subproductos del proceso de selección e industrialización de éste cereal para el consumo humano, cuyo costo en algunas regiones y en época de cosecha es menor al del maíz, además son poco utilizados en las raciones de animales no rumiantes (Hurtado *et al.*, 2011).

Según Ordoñez, (2006) la yuca es un cultivo ampliamente desarrollado en el país, principalmente por pequeños agricultores, sus características nutricionales se basan en los carbohidratos presentes en las raíces y en el contenido de proteína del forraje, además de ser rica en almidón (70%). El cultivo de plátano es una actividad económica en zonas tropicales y por tener grandes áreas de siembra, se cosecha durante todo el año, dejando gran disponibilidad de residuos, que son ricos en algunos minerales, especialmente fósforo (28 mg por 100 g porción comestible) y potasio (45 mg por 100 g), contienen vitamina C (10.9 mg por 100 g de porción comestible) e importantes cantidades de otras vitaminas como vitamina A. También se han determinado rastros de los lípidos (0.069 g del total de ácidos grasos saturados y 0.015 g del total de los ácidos grasos mono-insaturados por 100 g porción comestible) con cero colesterol (Satimehin *et al.*, 2010).

ESTADO DEL ARTE

La producción de huevos en la codorniz es de carácter hereditario, influenciado por los factores ambientales (luminosidad, altitud, temperatura y humedad), nutricionales, de manejo y de sanidad (Hurtado *et al.*, 2008). La constitución básica de un huevo de codorniz es 31% de yema, 59.77% de albumen y 8.62% de cáscara, las membranas equivalen al 15 y 5% del peso de la cáscara en el huevo de codorniz y de gallina, respectivamente; el peso medio del huevo de codorniz es 10.3 g y corresponde aproximadamente a 8% del peso vivo del ave, esto indica gran exigencia en la movilización de nutrientes para la síntesis de este producto. En la composición nutricional, los huevos de codorniz se diferencian de los de la gallina por su contenido de vitamina C (Moura *et al.*, 2009).

Existen numerosos métodos de evaluación de la calidad del huevo. para la de la cáscara, se utiliza el método de inmersión en solución salina, para obtención de la gravedad específica y medida de su grosor, para calificar la calidad interna del huevo, los métodos frecuentes son la medida de la altura del albumen con posterior cálculo de la Unidad Haugh y composición proximal de sus constituyentes (Moura *et al.*, 2009).

En investigaciones recientes, las aves que recibieron harina de algas marinas y/o fosfato monoamónico mostraron valores de yema superiores ($P < 0.05$), la presencia del fosfato monoamónico puede haber influenciado el peso de la yema, ya que el fósforo participa expresivamente en la formación de la ésta y tiene alta disponibilidad biológica, además la composición química de la harina de algas pudo haber contribuido para aumentar su peso. Es importante señalar que las aves que recibieron 0.50% de harina de algas presentaron grosor de la cáscara 2.23% superior a los demás tratamientos (Moura *et al.*, 2008).

En un estudio realizado por Moura *et al.*, (2009) se constató mejora en la Unidad Haugh de huevos de gallina suplementadas con lisina y arginina, se observó que el aumento del peso de la cáscara en respuesta a los niveles de lisina, se acompañó del aumento del peso del huevo, sin afectar la proporción porcentual de

esta fracción del huevo. Esta respuesta es deseable, puesto que el aumento de esta proporción de la cáscara reduciría alguna o ambas fracciones comestibles, como la yema o el albumen, porque una exigencia del consumidor es adquirir el producto con la mayor cantidad posible de la fracción comestible y menos cáscara. El albumen es un complejo gelatinoso rico en proteínas y agua sintetizado en el magno. Los valores de proteínas incorporadas en el albumen parece ser independiente de las cantidades de la yema, que es sintetizada en el hígado, esto indicaría que el contenido de albumen producido es fijo y que su relación disminuye cuando el porcentaje de yema aumenta. Los autores concluyen que la suplementación con lisina no afecta el rendimiento de yema y de albumen de huevos de codornices y la elevación de la proteína bruta 20 a 23% aumenta el peso y la relación porcentual de yema y albumen.

Fisiológicamente el pico de postura de codornices japonesas está entre 16 y 19 semanas de edad. El mayor rendimiento de yema y menor de cáscara y albumen se observa que en el tercer periodo de observación coincide con el pico de postura. En este momento la producción está maximizada y el tiempo de permanencia del huevo en el útero (cámara calcífera) disminuye y en consecuencia se reduce la calidad de la cáscara, lo cual está asociada al hecho que las aves producen huevos grandes y con cáscara más a medida que van siendo maduras (Moura *et al.*, 2009).

Las raciones para codornices en postura se han formulado, atendiendo los requerimientos nutricionales con base en maíz y torta de soya obteniendo producción de huevo superior al 70%, y peso promedio del huevo de 9.1 g, con alto y bajo contenido de metionina (Hurtado *et al.*, 2008), donde el contenido proteico y energético de la ración es un factor nutricional que influencia el peso de los huevos (Moura *et al.*, 2009). Costa *et al.*, (2008) obtuvieron 93.3% de postura con raciones elaboradas con base en maíz y torta de soya y 1.03% de lisina digestible, por otro lado, resultados similares con 90% de postura observaron Sucupira *et al.*, (2007) alimentando codornices con dietas elaboradas con maíz, torta de soya y niveles crecientes de levadura de caña de azúcar.

Moura *et al.*, (2009) reportan que la suplementación de lisina aumenta el peso y la fracción comestible del huevo de codornices japonesas y recomiendan el nivel de 1.06% de lisina total en raciones con 18% de proteína cruda (PC) para mejorar la calidad de los huevos de los 63 a 147 días de edad. Costa *et al.*, (2008) utilizando una ración basada en maíz y soya con 19,9% de PC y diferentes niveles de lisina, obtuvieron 90.8% de postura, 12.4 gramos de peso de los huevos y conversión alimenticia de 2.52. Entre tanto, Moura *et al.*, (2008) constataron 93.9% de producción de huevos con 2900 Kcal EM/kg, durante un periodo experimental de 84 días.

Las necesidades de cada uno de los aminoácidos potencialmente limitantes y el consumo de fósforo (P), sodio (Na) y cloro (Cl), igualmente se deben aumentar para satisfacer las necesidades de la formación del huevo. El nivel óptimo en las raciones con alga *Macrocystis pyrifera* para las aves de corral se sitúa, más o menos, en un 6% con un efecto positivo en el color de la yema y en general, satisface las necesidades de vitamina A y al parecer, ayudan a combatir los parásitos intestinales (Lozano, 2005). La harina de algas marinas (MAP) por ser un producto natural y con alto contenido de calcio aumenta la resistencia de la cáscara del huevo. La sustitución de fosfato bicálcico por MAP puede ser realizado sin afectar la calidad de los huevos de las codornices, sobre la utilización de esta fuente mineral. El aumento significativo en el peso de la yema puede ser explicado por la variación en el consumo de ración superior en 8% en las aves suplementadas con harina de algas y MAP. La presencia del fosfato monoamónico puede influenciar el peso de la yema, ya que el fósforo participa expresivamente en la formación de la yema y la MAP tiene alta disponibilidad biológica, además la composición química de la harina de algas puede contribuir para aumentar el peso de la yema (Hurtado *et al.*, 2008).

Evaluando la inclusión de ripio de harina de sangre sobre el peso del huevo, se constató que el mayor peso medio de los tratamientos fue obtenido con un nivel de inclusión de 5% de ripio en la ración y el menor peso medio fue observado cuando

se incluyó el 15% de este alimento en la dieta, aumentando el valor de conversión alimentaria Kg de ración/Kg de huevo (Hurtado *et al.*, 2008).

METODOLOGÍA

Este trabajo fue ejecutado en la Granja de la Universidad de los Llanos en la vereda Barcelona del municipio de Villavicencio Km 12 Vía a Puerto López en el departamento del Meta, con temperatura media de 27°C, humedad relativa de 82%, precipitación anual de 3500 mm y una altitud de 423 msnm (IDEAM, 2014).

Se realizó en un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos, cinco repeticiones y diez aves por unidad experimental para un total de 250 codornices de 50 días de edad, que fueron alojadas en jaulas de alambre galvanizado, con dimensiones de 1 m de largo x 0.25 m de ancho x 0.2 m de altura, que constan de cinco pisos con tres divisiones y capacidad de 10 aves por división, dotados de comederos, bebederos y bandejas estercoleras adaptadas para la recolección de heces por división de cada piso del módulo.

Se utilizaron dietas isoprotéicas e isoenergéticas (Tabla 1), para atender los requerimientos nutricionales de codornices en postura, según lo recomendado por NRC, (1994). La ración basal estuvo constituida de maíz, torta de soya, fosfato bicálcico, carbonato de calcio, aceite vegetal, sal, vitaminas y material inerte.

Los tratamientos fueron dietas basadas en: maíz y torta de soya (T1), harina de arroz integral sustituyendo 50% de maíz (T2), arroz partido sustituyendo 50% de maíz (T3), afrecho de yuca sustituyendo 50% de maíz (T4) y harina de plátano en sustituyendo 50% de maíz (T5). La fase experimental tuvo una duración de 24 semanas, el agua y las dietas se suministraron diariamente.

En la fase experimental se utilizó un programa de luz (natural y artificial) de 16 horas adaptado de acuerdo a la duración de los días en la región. Las condiciones de temperatura y humedad relativa se monitorearon diariamente en horas de la mañana y en la tarde. Las dietas fueron suministradas dos veces al día (8:00 y 16:00 horas) con disponibilidad de agua a voluntad.

Tabla 1. Composición centesimal de las dietas experimentales¹

Ingredientes	Referencia	Arroz partido	Harina de Arroz	Afrecho de yuca	Harina de Plátano
Dieta experimentales²					
Maíz (%)	56,53	28,27	28,27	28,27	28,27
Torta de soya (%)	33,83	33,83	33,83	33,83	33,83
Harina de arroz (%)	0,00	28,27	0,00	0,00	0,00
Arroz partido (%)	0,00	0,00	28,27	0,00	0,00
Afrecho de yuca (%)	0,00	0,00	0,00	28,27	0,00
Harina de plátano (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	28,27
Fosfato bicálcico (%)	1,32	1,35	1,35	1,35	1,35
Carbonato de calcio (%)	5,41	5,41	5,41	5,41	5,41
Aceite vegetal (%)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
Sal (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Premezcla Vitaminas (%)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Lisina (%)	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
Metionina (%)	0,17	0,16	0,166	0,16	0,16
Antioxidante (%)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Inerte (%)	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Datos calculados³					
PB (%)	20,00	20,06	21,41	17,63	18,51
Ca (%)	2,50	2,51	2,52	2,50	2,50
Pd (%)	0,35	0,35	0,42	0,33	0,33
Em (%)	2881.10	2950.07	2641,68	2765.77	2773.40
Na (%)	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21
Lisina (%)	1,00	1,00	1,06	0,93	0,93
Metionina (%)	0,45	0,45	0,46	0,40	0,40
Treonina (%)	0,67	0,66	0,70	0,60	0,60
Fibra (%)	2,81	2,47	4,55	2,32	2,32

¹En el experimento de desempeño con sustitución del 50% del maíz como fuente energética.

²Dieta formulada para codornices en postura según NRC, (1994).

³Datos calculados de las raciones en el laboratorio.

La recolección y el pesaje de huevos se realizaron diariamente en horas de la mañana con su respectivo registro, se tomaron seis colectas para el análisis de las características del huevo y de la cascara utilizando 3 huevos por unidad experimental para un total de 450 huevos. Los parámetros que se evaluaron fueron peso del huevo (g), peso de la yema (g), peso (g) y grosor de la cáscara (μm), altura albumen (mm) y Unidades Haugh. Se establecieron las características

del huevo pesándolos individualmente en balanza digital marca Aventures®, los contenidos internos del huevo fueron retirados manualmente donde se midió la altura del albumen con calibrador pie de rey marca STAINLESS-HARDENED® con lectura de 0-150 mm y precisión de 0.01 mm y posterior pesaje de la yema. Las cáscaras fueron secadas a temperatura ambiente durante 24 horas y luego pesadas en la balanza digital de alta precisión. La relación del peso del huevo y del albumen fue calculada por Unidades Haugh con la fórmula de Dudosola, (2010) en donde: H = altura de la albúmina en centímetros; G = 32,2 y W = peso del huevo en gramos. La calidad de huevo fue adoptada según la clasificación descrita en la Tabla 2.

$$HU = 100 \log \left(H - G^{0.5} \left(\frac{30W^{0.37} - 100}{100 + 1.9} \right) \right)$$

Tabla 2. Calificación de calidad de huevos en Unidades Haugh

Descripción cualitativa	Unidades Haugh
Excelente	90+
Muy bueno	80
Aceptable	70
Regular	65
Punto de resistencia	60
Consumidor	
Pobre	55
Inaceptable	50

Fuente: Periago, (2011).

El grosor de la cáscara fue realizado según la metodología reportada por Moura *et al.*, (2008) retirando cuatro pedazos de aproximadamente 3 a 5 mm² de cáscara seca, de posiciones equidistantes de la región ecuatorial del huevo. El grosor de cada pedazo fue medido con micrómetro externo de marca SOMET®, con curso de 25 mm, lectura de 0.01 mm y exactitud de ± 0.002 mm. Las materias primas, las dietas y las características del huevo fueron analizadas en el Laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad de los Llanos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo del experimento la temperatura máxima y mínima del galpón se mantuvo en 32.2 y 25.4°C respectivamente, con una humedad relativa de 76.7%. La temperatura ideal para codornices después de la tercera semana de vida está entre 18 y 21°C, lo que indica que las codornices durante la fase experimental no se encontraban en condiciones de termo neutralidad (Hurtado *et al.*, 2008). En la Tabla 3 y Gráfica 1 se muestran los resultados de peso del huevo, peso y porcentaje de albumen, yema y cascara, grosor de la cascara, altura del albumen, calidad del huevo y porción comestible.

Los valores absolutos de las variables evaluadas no fueron influenciados ($P>0.05$) por los tratamientos indicando que no presentaron cambios significativos en las características del huevo de codornices alimentadas con estas raciones. En lo referente con los datos obtenidos del peso de los huevos en los tratamientos y en la media de los mismos, fueron mayores que los reportado por Soares *et al.*, (2003) que constataron un peso del huevo entre 8 y 10 gramos en fase de postura de 42 a 98 días de edad con diferentes niveles de proteína; al igual que lo reportado por Hurtado *et al.*, (2008) con un peso promedio de huevo de 9.1 gramos en codornices en postura con raciones a base en maíz y torta de soya; inferiores a lo reportado por Costa *et al.*, (2008) con pesos de huevo de 12.4 gramos utilizando raciones a base de maíz y soya con 19.9% de PC y diferentes niveles de lisina.

El peso del huevo según Manóche, (2006) está determinado por el grosor de la cáscara, por factores hereditarios vinculados al carácter de densidad de la misma, la temperatura y humedad, donde altas temperaturas disminuyen el peso de los huevos; y animales jóvenes y viejos, los que pueden producir huevos con menor peso, sin desconocer que el grosor de la cascara está dada por el contenido proteico y energético de la ración (Moura *et al.*, 2009).

El peso del albumen y de la yema se encontraron en el rango, reportado por Dudosola, (2010) con 6.33 ± 0.59 gramos y 3.25 ± 0.40 gramos respectivamente.

El tratamiento a base de harina de plátano fue el que mostro el mayor peso de yema. El plátano es rico en minerales como fósforo y potasio (Satimehin *et al.*, 2010), lo que sugiere su participación en su formación y peso de esta (Hurtado *et al.*, 2008) (Gráfica 1).

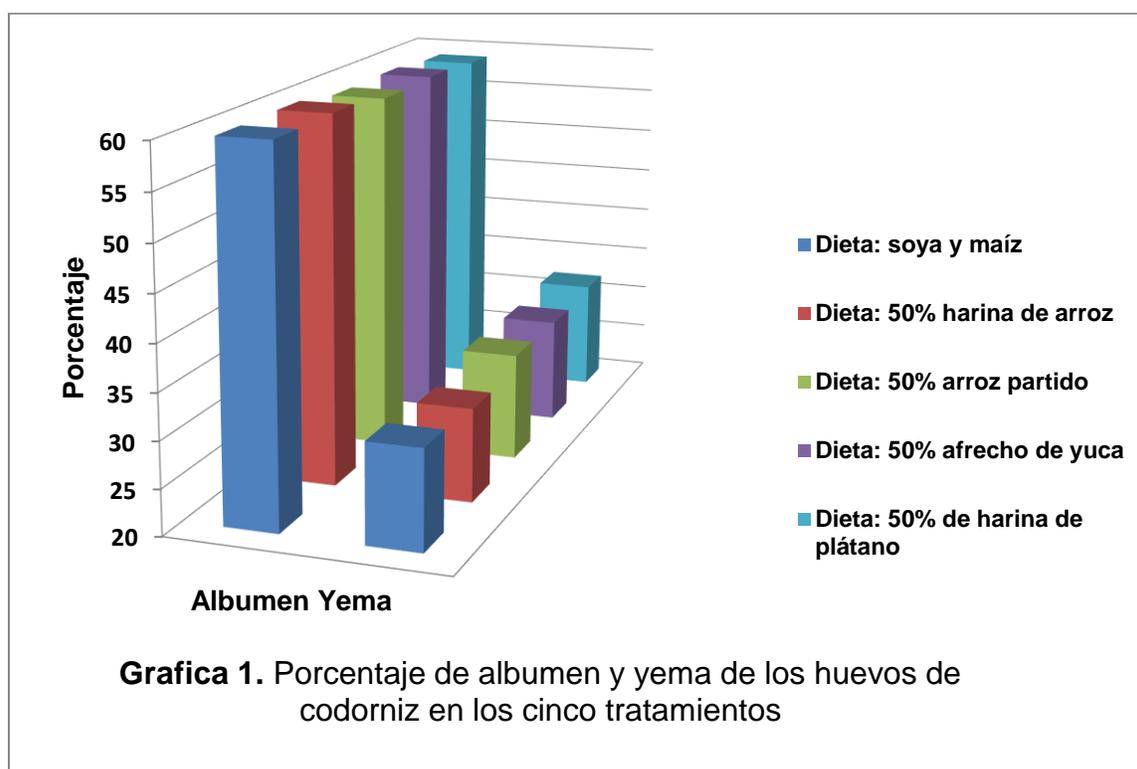
Tabla 3. Evaluación de las características del huevo en cada tratamiento¹

Parámetros evaluados	Ración Basal	Arroz Partido	Harina de Arroz	Afrecho de Yuca	Harina de plátano	Media	Valor p ²	CV ³
Peso huevo (g)	10,84	10,82	10,62	10,46	10,75	10,70	NS	2,39
Peso albumen (g)	6,50	6,53	6,28	6,20	6,33	6,37	NS	3,69
Peso de la yema (g)	3,35	3,27	3,37	3,30	3,45	3,35	NS	4,64
Peso cascara (g)	1,00	1,03	0,97	0,96	0,97	0,98	NS	6,88
% Albumen	59,93 ^{ab}	60,33 ^a	59,16 ^{bc}	59,30 ^{bc}	58,79 ^a	59,50	0,01	1,27
% Yema	30,84 ^b	30,20 ^{bc}	31,70 ^a	31,52 ^{ab}	32,09 ^c	31,27	0,01	2,65
% Cascara	9,23	9,47	9,13	9,18	9,00	8,71	NS	5,38
Grosor cascara (µm)	19,30	19,49	19,29	18,76	19,68	19,30	NS	3,81
Altura albumen (mm)	3,81	3,86	3,57	3,65	3,68	3,71	NS	8,85
Unidades Haugh (%)	0,86	0,87	0,85	0,86	0,85	0,86	NS	2,39
Porción comestible (g)	90,77	90,53	90,86	90,82	90,88	90,77	NS	0,59

¹Evaluación de calidad del huevo estimada por sus características.

²Efecto significativo relativo a los tratamientos por la prueba F (P<0.05).

³Coefficiente de variación.



El peso de la cascara en los tratamientos fue superior a lo reportado por Dudosola, (2010) de 0.76 ± 0.01 gramos, teniendo en cuenta que el aumento del peso de la cáscara está dado por los niveles de calcio y posiblemente por la suplementación de lisina, es de anotar que los componentes del huevo son próximos a los valores reportados por Moura *et al.*, (2009) de 31% de yema, 59.77% de albumen y 8.62% de cáscara. En cuanto a los valores de las proporciones la cantidad de albumen disminuye cuando el porcentaje de yema aumenta y viceversa.

En el tratamiento de harina de plátano fue donde se observó un mayor grosor de la cáscara seguido del tratamiento de afrecho de yuca, arroz partido, ración basal y harina de arroz, la reducción en el grosor de la cáscara está asociada al factor en el cual los huevos son grandes con cáscara más fina y al pasar el tiempo se observa mayor rendimiento de yema y menor de cáscara y albumen, ocurre en el tercer periodo que coincide con el pico de postura (Moura *et al.*, 2009), por lo tanto un alto contenido de calcio en las dietas puede aumentar la resistencia de la cáscara del huevo al rompimiento (Hurtado *et al.*, 2008), así mismo se deben elevar los consumos de fósforo, sodio y cloro para satisfacer las necesidades de la formación del huevo (Lozano, 2005) (Tabla 3).

Referente a la calidad del huevo calculada por Unidades Haugh se encuentra que el tratamiento a base de arroz partido es el que presenta una mejor calidad de huevo respecto a los otros tratamientos sin presentarse cambios significativos ($P > 0.05$), clasificándose como huevo de muy buena calidad. Carvalho *et al.*, (2005) constataron mejora en la Unidad Haugh de los huevos de gallina con suplementación de lisina y arginina, pero algunos autores no recomiendan la suplementación de lisina ya que su principal función es para la producción de huevos, y no para mejora la calidad de estos (Moura *et al.*, 2009).

Se presentó mejor porción comestible en el tratamiento a base de harina de plátano por tener mayor peso de yema y según Satimehin, (2010) se debe posiblemente a que el plátano es rico en minerales como el fosforo, necesario para la formación de la yema (Hurtado *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Las codornices en fase de postura durante 24 semanas alimentadas con raciones a base de arroz partido, harina de arroz, harina de plátano y afrecho de yuca, no presentaron cambios significativos en las características del huevo.

Los ingredientes evaluados se constituyen en una alternativa para los productores de huevo de codorniz al encontrarse con una muy buena calidad de huevo según las Unidades Haugh en aves alimentadas con estas dietas. La inclusión de harina de plátano presentó la mayor porción comestible del huevo de codorniz.

BIBLIOGRAFÍA

1. Carvalho F. B., Stringhini J. H., Matos M. S. *et al.* Qualidade interna de ovos para poedeiras alimentadas com diferentes níveis de lisina e arginina digestível de 24 a 32 semanas de idade. En: Conferência apinco de ciência e tecnologia avícolas. Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2006.
2. Cori M. E., Basilio V. D., Ruiz R. F., Michelangeli C., Galíndez R., García J. Efecto de la edad de la codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) y del aturdimiento eléctrico al momento del beneficio sobre las características de la canal. *Revista Zootecnia Tropical*, 27 (2): 175-185, 2009.
3. Costa F. G. P., Rodrigues V. P., Goulart C. C., Neto R. C. L., Souza J. G., Silva J. H. V. Exigências de lisina digestível para codornas japonesas na fase de postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37 (12): 2136-2140, 2008.
4. Dudosola I. O. Comparative evaluation of internal and external qualities of eggs from quail and guinea fowl. *International Research Journal of Plant Science*. 1 (5): 112-115, 2010.
5. Hurtado V. L., Carreño N. E., Murillo G. J., Granados J. Efectos de la inclusión de ripio de harina de sangre sobre los parámetros productivos de codornices (*Coturnix corturnix japonica*). *Revista Orinoquia*, 12 (1): 57-66, 2008.
6. Hurtado V. L., Corredor L. F., Torres D. M. Grano de soya integral cocido en la alimentación de codornices. *Revista Orinoquia*, 14 (1): 27-32, 2010.
7. Hurtado V. L., Nobre R., Chiquieri J. Rendimiento de cerdos alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz, durante la fase de crecimiento. *Revista MVZ Córdoba*, 16 (1): 2372-2380, 2011.
8. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales, IDEAM. 2014. Disponible En: www.institucional.ideam.gov.co
9. Lozano C. P. Efecto de la adición del alga *Macrocystis pyrifera* en dietas de codornices *Coturnix coturnix japonica* reproductoras en postura – resultados preliminares. Temuco, Chile. Tesis de grado. 2005.
10. Manóche E. V. Evaluación de alimentos concentrados comerciales y densidad de aves en la producción de huevos de codornices (*coturnix coturnix japonica*).

- Universidad de Oriente Núcleo de Monagas, Escuela de Zootecnia Maturín. Tesis de grado. 2006.
11. Moura A., Soares R., Nery V. Calidad del huevo de codornices utilizando harina de algas marinas y fosfato monoamónico. Archivos de Zootecnia, 57 (219): 313-319. 2009.
 12. Moura A., Trindade R., Fonseca J., Mendoza R., Hurtado V. Efecto de diferentes niveles dietéticos de lisina total sobre la calidad del huevo de codornices japonesas (*Coturnix japonica*). Archivos Latinoamericanos de Producción Animal, 17 (3 y 4): 67-75. 2009.
 13. Moura G., Barreto S., Donzele J., Hosoda L., Pena G., Angelini M. Dietas de diferentes densidades energéticas manteniendo constante a relação energia metabolizável-nutrientes para codornas japonesas em postura. Revista Brasileira de Zootecnia, 37 (9): 1628-1633, 2008.
 14. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of poultry. Washington, D.C. p 44-45. 1994.
 15. Ordoñez I. L. Elaboración de suplementos nutricionales con base en el uso integral de las plantas de yuca (*Manihot esculenta Crantz*) y batata (*Ipomoea batatas Lam*), por medio de extrusión, para la alimentación de animales monogástricos. Universidad San Buenaventura. Santiago de Cali. Trabajo de Grado. 2006.
 16. Periago M. P. Higiene, inspección y control de huevos de consumo. Universidad de Murcia. 2011. Disponible En: <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/higiene-inspeccion-y-control-alimentario-1/practicas-1/protocolos-control-de-calidad-huevos.pdf>
 17. Satimehin A. A., Alakali J. S., Alabi O. T. Thin-layer drying characteristics of plantain (musa paradisiaca) chips. Agro Agro-Science Journal of Tropical Agriculture, Food, Environment and Extension, 9 (1): 31-37, 2010.
 18. Soares R. T., Fonseca J. B., Santos A. O., Mercandante M. B. Protein requirement of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) during rearing and laying periods. Revista Brasileira de Ciência. Avícola. 5 (2): 153-156, 2003.
 19. Sucupira F. S., Fuentes M. F. F., Freits E. R., Braz N. M. Alimentação de codornas de postura com rações contendo levedura de cana-de-açúcar. Ciência Rural, 37 (2): 528-532, 2007.

**Efecto de la suplementación con silo de botón de oro (*Tithonia diversifolia*)
en ovinos de ceba en pastoreo con *Brachiaria spp***

**Effect of supplementation with gold button silo (*Tithonia diversifolia*) in
fattening sheep grazing *Brachiaria spp***

Echeverría Jhon Mateo¹; Triana Daniel Eduardo¹ y Roa Vega María Ligia²
¹MVZ. Unillanos y ²Z. MSc Docente Unillanos

mroa@unillanos.edu.co

Recibido 13 de Mayo 2014, Aceptado 12 de Septiembre 2014

RESUMEN

Tithonia diversifolia es una planta forrajera adecuada para la alimentación de rumiantes (bovinos, cabras, ovejas y búfalos), con buen nivel de proteína (18.9 a 28.8), alta degradabilidad en el rumen, bajo contenido de fibra y niveles aceptables de sustancias antinutricionales como fenoles y taninos, atendiendo a lo anterior se realiza la siguiente investigación en Villavicencio, Meta, Colombia. El objetivo principal fue determinar el efecto de la suplementación con silo de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en la dieta de ovinos para ceba, utilizando diferentes porcentajes de materia seca: 0%, 0.5%, 0.75%, y 1% con relación al peso vivo del animal, evaluando ganancia de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y consumo de forraje en ovinos alimentados con *Brachiaria spp* como fuente principal de alimentación. Se utilizaron 12 ovinos destetos con un peso promedio de 19.4 kg, distribuidos al azar en 4 grupos (corrales) denominados los tratamientos así: T1: grupo control, animales sin suplemento, T2, T3 y T4 ovinos suplementos con silo de botón de oro en niveles 0.5%, 0.75% y 1% respectivamente. El aumento de peso total fue menor ($P < 0.05$) para T1 (19.68 kg) en comparación con el T4 (20.76), con lo otros tratamientos no se observaron diferencias, el nivel de suplementación que obtuvo la mayor ganancia de peso al día fue el T4 con una ganancia de 72.2 g/día. El consumo de materia seca (MS) (g/día) fue mayor ($P < 0.05$) para T4 (1149,14) en comparación con T1 y T2 (887.04 y 998.70). No hubo diferencia significativa ($P < 0.05$) en tratamientos T1, T2, T3, T4

para las variables conversión alimenticia, eficiencia alimenticia y coeficiente de eficiencia proteica. En conclusión se puede utilizar el silo botón de oro como complemento en la dieta alimenticia de ovinos en una proporción de 1% de materia seca con relación a su peso vivo.

Palabras clave: *Tithonia diversifolia*, alimentación, ovinos criollos, camuros, ensilaje.

ABSTRACT

Tithonia diversifolia is an acceptable adequate forage plant for feeding ruminants (cattle, goats, sheep and buffaloes), with good level of protein (18.9 to 28.8), high degradability in the rumen, and low fiber levels of anti-nutritional substances such as phenols and tannins, based on the above, the following research, Villavicencio, Meta, Colombia is performed. The main objective is to determine the effect of supplementation with silo (*Tithonia diversifolia*) in the diet of sheep for fattening, using different dry matter percentages: 0%, 0.5%, 0.75% and 1% from the live animal, assessing weight gain, feed conversion, feed efficiency and consumption of forage fed *Brachiaria spp* main power supply sheep. 12 weaned sheep were used with an average weight 19.4 kg the randomly distributed into 4 groups naming treatments as follows: T1: control group, unsupplemented animals; T2, T3 and T4 sheep supplemented with *Tithonia diversifolia* silo levels: 0.5%, 0.75 and 1%, respectively. The total weight gain was lower ($P<0.05$) for T1 (19.68 kg) compared to T4 (20.76), with the other treatments, no differences were observed level of supplementation had the highest weight gain per day was T4 with 72.2 g/day. The intake of dry matter (DM) (g/day) was higher ($P<0.05$) for T4 (1149.14) compared to T1 and T2 (887.04 and 998.70). There was no significant difference ($P<0.05$) in T1, T2, T3, T4 treatments for variable feed conversion, feed efficiency and protein efficiency ratio. In conclusion you can use the silo *Tithonia diversifolia* as a supplement in the diet of sheep at a rate of 1% of the dry weight relative to their body weight.

Keywords: *Tithonia diversifolia*, feeding, crossbred sheep, camuros, silage.

INTRODUCCIÓN

La producción ovino-caprina es relativamente joven en relación con las demás cadenas productivas pecuarias en Colombia, con una producción de 6.950 toneladas para el 2010; organizadamente este sector empieza gremialmente en la Asociación Nacional de caprino cultores y ovino cultores de Colombia (ANCO) en el año 2000 propendiendo por el desarrollo de estos pequeños rumiantes (Martínez *et al.*, 2010). Los ovinos tienen ventajas para desarrollar sistemas productivos; su relativa facilidad de crianza en extensivo, diversidad de razas, rusticidad, adaptabilidad y eficiente uso del recurso forrajero, así como su habilidad materna, hace que sea una especie para tener en cuenta en los diferentes sistemas agroclimáticos.

Este sector productivo en Colombia históricamente ha sido marginal, sin embargo ha mostrado crecimientos en la última década del 6% en producción de carne. Un limitante de la agrocadena ovina es que aunque los mercados internacionales están abiertos, Colombia no tiene la calidad ni los volúmenes para participar en los estándares internacionales de exportación, lo cual hace más interesante la prospectiva investigativa entorno a la cadena dado sus ventajas comparativas de producción. (Álvarez *et al.*, 2006). Es por esto que se deben buscar alternativas distintas de alimentación que sean eficientes y apropiadas para la producción de ovinos. El botón de oro (*Tithonia diversifolia*) hace parte de un recurso forrajero que debe ser utilizado de forma adecuada debido a sus bondades nutricionales y de propagación. Esta planta herbácea melífera resistente los suelos ácidos y de baja fertilidad y tiene una característica alta rusticidad con precoz desarrollo de biomasa al corte y un bajo uso de insumos (Escamilla, 2007).

Mahecha y Rosales, (2005) afirman lo promisorio de esta planta para ser utilizada como alternativa de suplementación animal debido a su alto contenido en sus hojas de proteína (14.8-28.7%), extracto etéreo (1.4 y 2.43%), fibra detergente neutro (35.3 y 41%); con degradabilidades que alcanzan el 90% a las 48 horas de incubación y digestibilidades *in vitro* de la materia seca de 63.3% y 65% para nitrógeno total. Por estas consideraciones bromatológicas y nutricionales los

resultados de una evaluación realizada por Vargas, (1996) valorando la aceptación de *Tithonia diversifolia* por ovinos de pelo, a los cuales se le suministraron dos dietas con el 50 y 100% de con esta arbustiva picada durante cinco días indican que el consumo fue de 0.868 kg/d y 1.668 kg/d en base fresca, equivalentes a 0.369 kg/d y 0.712 kg/d en base seca, respectivamente. Del mismo modo reportan Premaratne *et al.*, (1998) al comparar el uso de *T. diversifolia* con *Leucaena leucocephala* y *Gliricidia sepium* en la alimentación de ovejas, encontró que *Tithonia* tuvo la mejor respuesta en términos de consumo: 54.9, 55.5 y 55.0 g/kg respectivamente. Wambui *et al.*, (2006) al suplementar cabras con follaje de *T. diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* y *Sesbania sesban*, encontraron los mayores consumos de forraje con *Tithonia* (154, 146, 145 g respectivamente). Álvarez *et al.*, (2006) determinaron la diferencia de ganancia de peso en cabras estabuladas en dos tratamientos encontrando que *T. diversifolia* fue la más aceptada con consumos promedios diarios de 2.94 kg/día, que equivalen a 5.9% del peso vivo, en contraste con morera (*Morus sp*), que arrojó un consumo promedio diario 2.41 kg/día, que equivalen a 4.72% del peso vivo.

METODOLOGÍA

La investigación se llevó cabo en la Granja Barcelona en el área experimental de ciencias animales perteneciente a Universidad de los Llanos en el departamento del Meta, ubicada a una altitud de 465 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio de 25.6 grados centígrados y una precipitación promedio anual entre 1830 a 3568 mm y una humedad relativa del 85% (IDEAM, 2014).

En cuanto a la alimentación de los ovinos se realizó durante 10 días un acompañamiento y acostumbamiento a las dietas con el propósito que los animales se adaptaran a ella, y demostraran un consumo normal disminuyendo de este modo el error experimental. Así mismo se llevó un control del consumo diario de forraje (*Brachiaria spp*) y se tomaron pesos de los animales cada 10 días con el fin evaluar su ganancia de peso, durante 80 días. Para el análisis del porcentaje de materia seca de forraje (*Brachiaria spp*) se tomó una muestra y se llevó al

laboratorio de Nutrición Animal, donde se realizó el procedimiento, con el resultado obtenido se determinó el consumo de materia seca de los animales.

Los animales fueron suplementados con silo de botón de oro de 28 días de maduración, el cual se almacenó bajo el sistema silobolsas, además se manejó pastoreo restringido en las horas de la mañana con pasto (*Brachiaria spp.*), el resto de tiempo fueron restringidos en 4 corrales de 6 metros cuadrados, con pasto a voluntad previamente cortado y pesado, determinándose la composición nutricional del ensilaje (AOAC, 2006) (Tabla1). Siendo los tratamientos siguientes: T1: testigo en pastoreo en *Brachiaria spp.* y T2, T3 y T4 recibieron suplementación de ensilaje de botón de oro en niveles de 0.5, 0.75 y 1% de materia seca con relación al peso vivo del animal. Fueron utilizados 12 ovinos machos (ovino criollo) destetos con un peso promedio de 19.4 kg provenientes de la granja de la Universidad, haciendo una selección de los animales en campo teniendo en cuenta el peso y tamaño corporal de los animales, de igual forma fueron identificados y se llevó un registro de su peso.

Tabla 1. Análisis nutricionales del ensilaje de botón de oro y de *Braquiaria*.

Nutrientes (%)	Materia seca	Proteína	Grasa	Fibra Cruda	Extracto no nitrogenado	Cenizas
Botón de Oro fresco	19	15,63	0.74	17,39	50.62	15,48
Ensilaje de botón de oro	22,0	16,24	2,93	8,99	52,81	14,03
Braquiaria	21,6	8,1	2,5	26,3	47,6	12,0

Fuente: Análisis promedio de 3 muestras. Laboratorio de nutrición animal de UNILLANOS. (2010).

Los ovinos en crecimiento, fueron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar, el cual contuvo doce (12) animales de similar peso, igual sexo y origen, previa desparasitación. Estos animales fueron distribuidos en cuatro (4) lotes o corrales de tres (3) animales alojados de manera independiente conformando una unidad experimental, cada tratamiento tenía tres replicaciones mencionados anteriormente, a cada animal se le suministró adicionalmente 30 gramos de sal mineralizada al 6%, se monitorearan variables productivas como:

consumo de forraje, ganancia de peso, conversión alimenticia, coeficiente de eficiencia proteica, el análisis estadístico se realizó aplicando el programa SSPS versión 15, con prueba de Tukey para la comparación de medias, siendo su modelo estadístico asociado para el análisis de varianza el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} : Variable respuesta de la ij -ésima unidad experimental

μ : Efecto de la media general

τ_i : Efecto del i -ésimo tratamiento (T1, T2, T3 y T4)

ε_{ij} : Efecto del error experimental asociado a la i -ésima unidad experimental (3 repeticiones).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El aumento de peso total fue menor ($P < 0.05$) para T1 (19.68 kg) en comparación con el T4 (20.76), con los otros tratamientos no se observaron diferencias. El aumento diario de peso fue mayor ($P < 0.05$) para T4 (721.88 g/día) en comparación con los demás tratamientos que se comportaron similar y no presentaron cambios (Tabla 2, Gráficas 1 y 2).

En cuanto el aumento de peso si se compara con otros estudios en Buga (Valle del Cauca), Ríos, (1997) reporta los resultados de una evaluación realizada por Vargas, (1996) en la aceptación de *Tithonia diversifolia* por ovinos de pelo, a los cuales se le suministraron dos dietas con el 50% y 100% de la dieta básica a partir de *Tithonia diversifolia* picado durante cinco días. Las plantas se encontraban en floración cuando se cosechó. Ambas dietas recibieron bloque multinutricional (10% de urea) a voluntad y follaje de matarratón (3% peso vivo, base fresca); la dieta con 50% se completó con cogollo de caña picado. El consumo de *Tithonia diversifolia* en la dieta del 50% fue de 0.868 kg/d en base fresca, que correspondieron a 0.369 kg/d en base seca. En la dieta del 100% consumieron 1.668 kg/d en base fresca equivalentes a 0.712 kg/d en base seca.

Olmedo, (2009) cita a Sujatha-Premaratne *et al.*, (1998) quienes evaluaron los efectos del tipo y nivel de suplementación forrajera en el consumo voluntario,

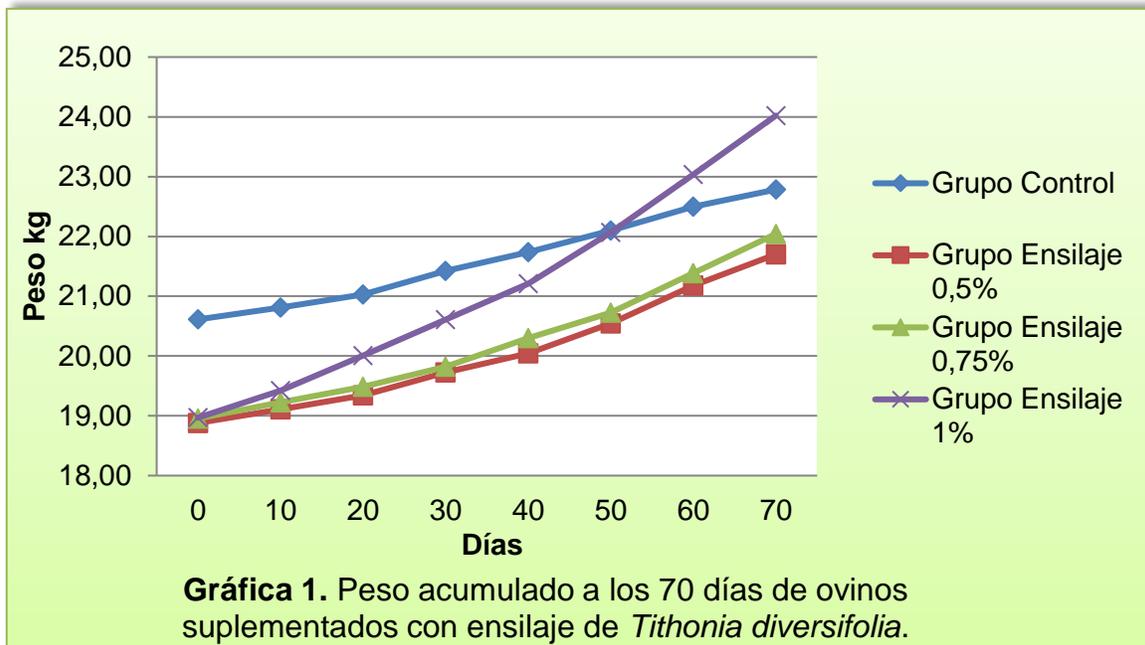
digestión, síntesis de proteína microbial y crecimiento de ovejas alimentadas con una dieta basal de paja de arroz y yuca. La evaluación se llevó a cabo durante 30 días en ovejas Dorset X South Down en crecimiento. El peso promedio inicial fue de 20.6 kg y el final de 23.7 kg (Gráfica 1), los animales suplementados con silo al 1%, tuvieron un aumento significativo en el peso ($P>0.05$) desde su inicial (18.96 kg) y un final de (42.02 kg), al comparar las ganancias de pesos con las reportadas por dichos autores se observó que los animales suplementados al 1% tuvieron una similitud al día 30 con respecto a la ganancia de peso.

Tabla 2. Efecto de la suplementación con silo de *Tithonia Diversifolia* en ovinos de ceba sometidos a pastoreo restringido con *Brachiaria Spp*

Variables	Tratamientos			
	T1 100% <i>Brachiaria</i>	T2 (0.5% de Bo MS/PV)*	T3 (0.75% de Bo MS/PV)*	T4 (1% de Bo MS/PV)*
Días de experimento	70 días	70 días	70 días	70 días
Peso inicial (kg)	20.61	18,88	18,96	18,97
Peso final (kg)	22,78	21,70	22,04	24,02
Aumento de peso día (gr)	310.27 ^a	402,85 ^a	440.98 ^a	721,77 ^b
Peso total (kg)	19,68 ^a	19,83 ^{ab}	19,98 ^{ab}	20.76 ^b
Consumo MS día (gr)	887,04 ^a	998,70 ^{ab}	1055,15 ^c	1149,14 ^d
Conversión alimenticia	50.52 ^a	3,740 ^a	4,377 ^a	2,406 ^a
Eficiencia alimenticia	35,49 ^a	40.03 ^a	40.98 ^a	61,20 ^a
CEP	1:0.22 ^a	1:0.29 ^a	1:0.29 ^a	1:0.18 ^a

Letras diferentes en misma fila indican que fueron estadísticamente diferentes. ($P>0.05$). *Animales suplementados con: 0.5, 0.75 y 1% de materia seca (MS) de botón de oro con relación a su peso vivo. CEP: coeficiente de eficiencia proteica: relacionando consumo de proteína con aumento de peso

Lauser *et al.*, (2006) evaluaron la ganancia diaria de peso en animales de raza cebuina en crecimiento sometidos a una dieta que incluía *Tithonia diversifolia* encontrando ganancias de peso media: 21.18 kg por 38 días, con un consumo inicial de 3.5 kg por animal al día, el cual fue incrementando de manera progresiva hasta llegar a 4.18 kg, con un consumo intermedio de 3.84 kg. En la Gráfica 2 se observa q el T4 obtuvo una ganancia de peso máxima de 98.6 g/día en comparación con la ganancia de peso encontrada por Lauser *et al.*, (2006) de 557 g/día en bovinos, lo cual indica la mejor asimilación y conversión por parte del silo por los ovinos.

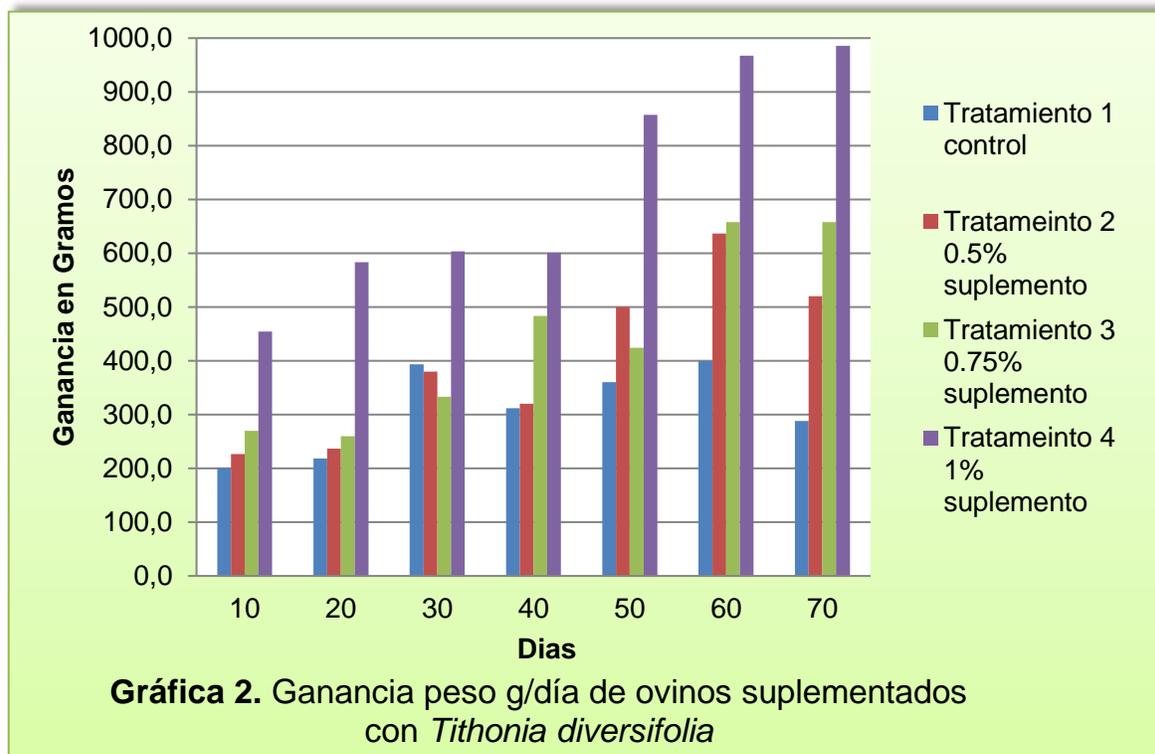


El consumo total de materia seca fue superior en los cuatro tratamientos, T1: 887.04 g, T2: 998.70 g, T3: 1055.15 g y T4: 1149.14 g, sí se compara con otros estudios en Buga (Valle del Cauca), Ríos, (1997) reporta resultados de una evaluación de consumo de dos dietas con 50 y 100% de *Tithonia diversifolia* en ovinos de pelo siendo 0.369 kg/día y 0.712 kg/d en base seca, respectivamente, se puede observar que en este trabajo los ovinos consumieron mayor cantidad de materia seca, aunque los niveles de suplementación no fueron tan elevados (Tabla 2 y Gráfica 3).

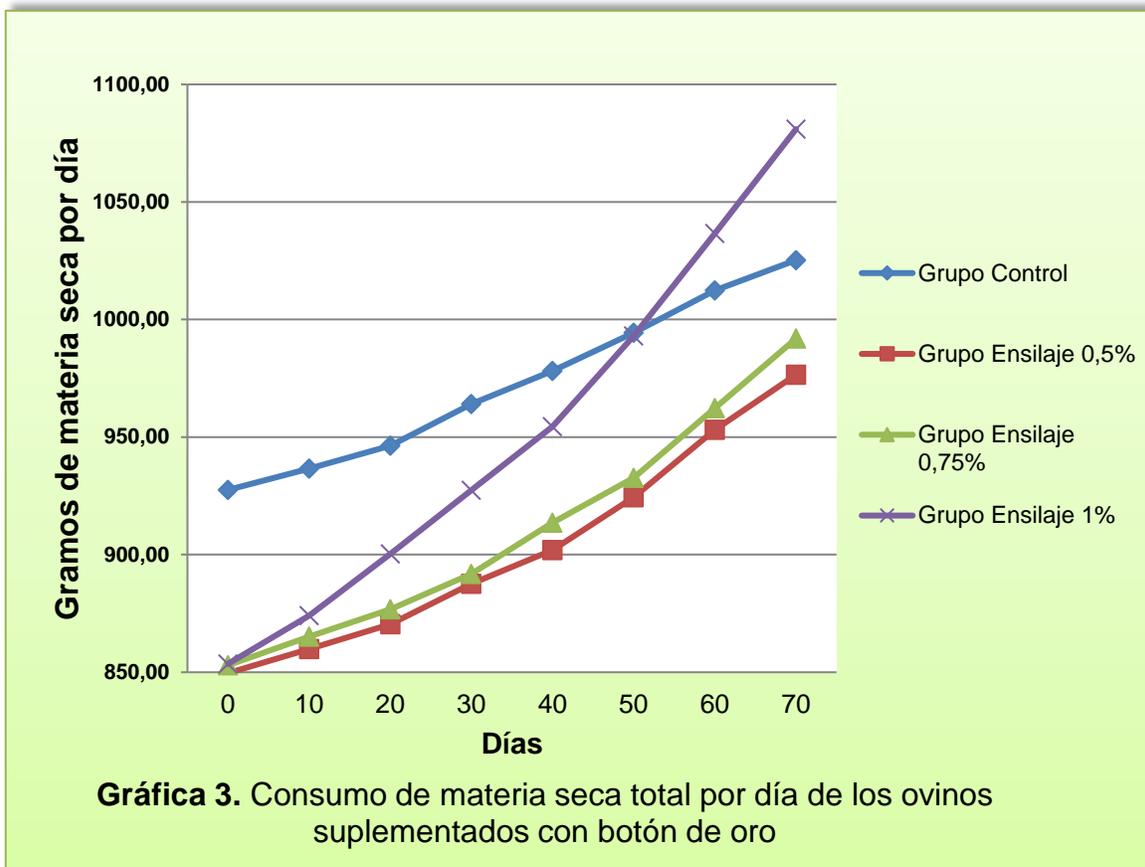
En estudios que realizaron Rojas *et al.*, (2006) donde también se evaluó el suministro de *Tithonia diversifolia* fresco y la respuesta en cabras con o sin suplementación de jugo de caña, obteniendo como resultado final consumo similar para las formas de suministro: picado vs ramoneo (591 vs 597 g/día de materia seca), consumos inferiores a los observados en esta investigación los cuales estuvieron en un rango de 998.70 a 1149.14 g materia seca (Tabla 2, Gráfico 3).

Se presentó un mayor consumo de forraje ($P > 0.05$) los animales suplementados con silo al 1%, aunque en los primeros días el consumo de forraje fue similar entre los cuatro grupos, cabe destacar que la diferencia se da en el día 50 donde el

consumo se incrementa para el grupo 1%, ya que según Rojas *et al.*, (2006) el suplemento de *Tithonia diversifolia* en los animales aumenta el consumo de alimento y da mejor palatabilidad y digestibilidad, por lo tanto queda demostrado que los ovinos suplementados al 0.5% y 0.75% mantuvieron un comportamiento similar y mejor ($P>0.05$) que el control (Gráfica 3).



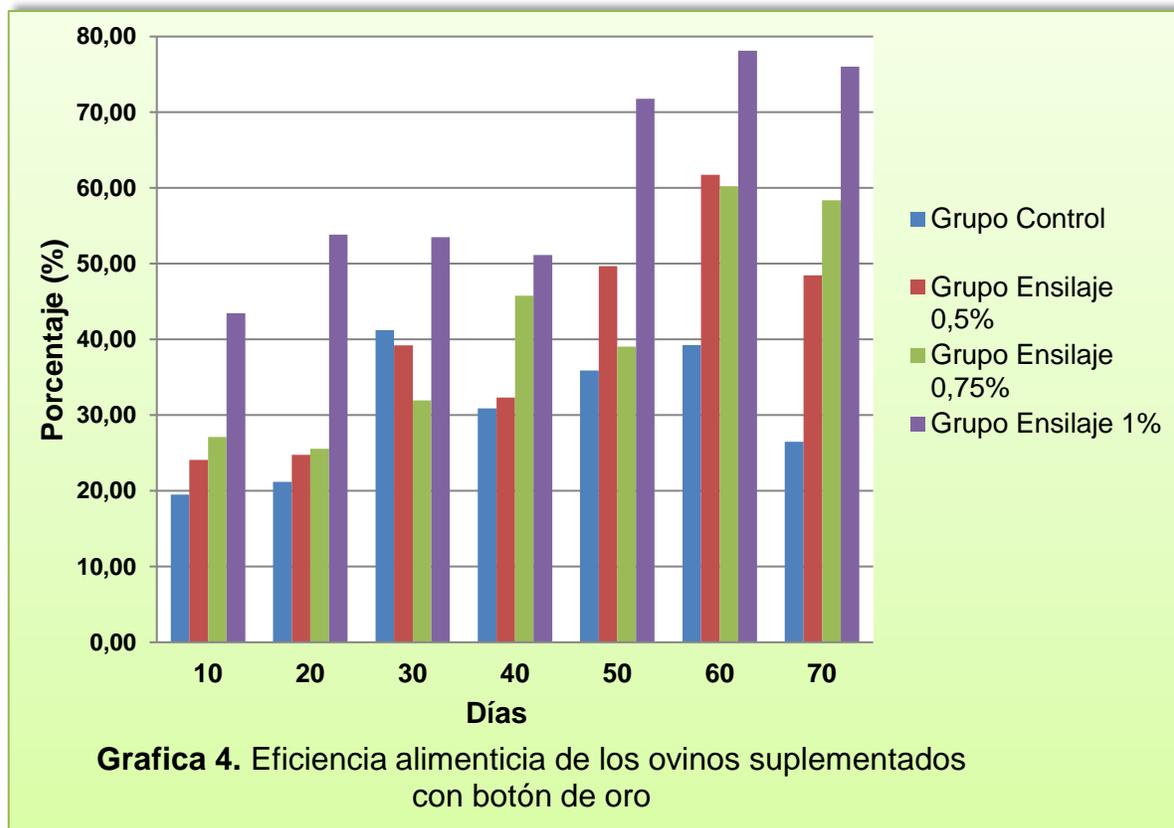
En el consumo de MS total por día, que corresponde al forraje y silo en MS, se evidencia que el grupo silo 1% fue el que tuvo mayor valor ($P>0.05$), seguido por los grupos 0.75%, grupo 0.5% y por último grupo sin suplementación (Gráfica 3). La razón de este comportamiento se debe a que el consumo de forraje era igual para todos pero el porcentaje de suplemento era variable para cada grupo, siendo mayor para animales suplementados con el 1%. Wambui *et al.*, (2006) observaron el incremento del consumo de la dieta base de forraje al suplementar cabras con follaje de *Tithonia diversifolia*, *Calliandra calothyrsus* y *Sesbania sesban*, y encontraron los mayores consumos de forraje con *Tithonia* (154, 146, 145, respectivamente).



El grupo con 1% de suplementación de ensilaje de botón fue el que tuvo una mejor eficiencia alimenticia ($P>0.05$), ya que del total de alimento consumido destinó el 76.01% para aumentar de peso, a comparación del grupo control que, del alimento consumido destinó 20.47% para aumentar de peso. Los otros dos grupos 0.5% y 0.75% destinaron el 26,47% y 48,47% para dicha actividad productiva (Gráfica 4), lo cual concuerda con lo investigado por Nieves *et al.*, (2012) en trabajos con recursos forrajeros empleados en dietas para conejos demostrando que influyen en el proceso de utilización y aprovechamiento de nutrientes y eficiencia biológica debido a cambios que se producen en su digestibilidad, por lo que es necesario acompañar los trabajos de evaluación con pruebas de digestibilidad.

En lo referente al consumo de proteína total (Gráfica 5) se observa que el mayor consumo de proteína fue hecho por el grupo 1% de suplementación ($P>0.05$) con un valor de máximo de (112.00 g) seguido por los grupos: 0.75% (95.60 g), 0.5% (85.67 g) y por último el control (75.32 g), lo que representa el mayor consumo de

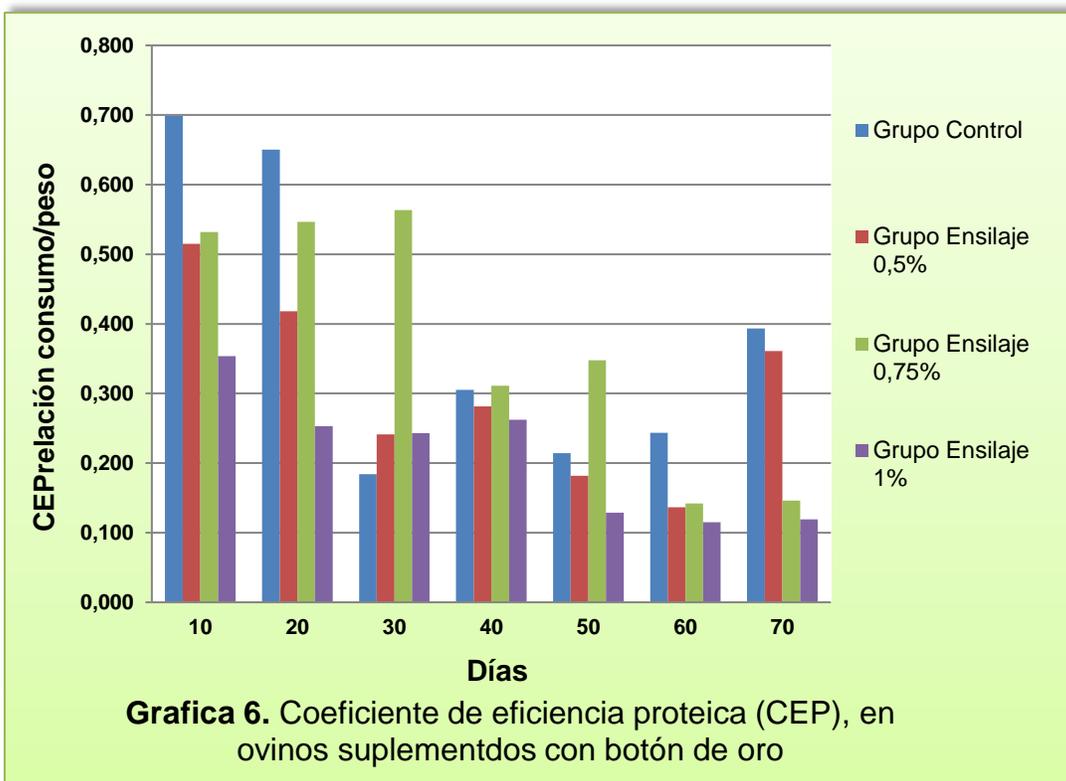
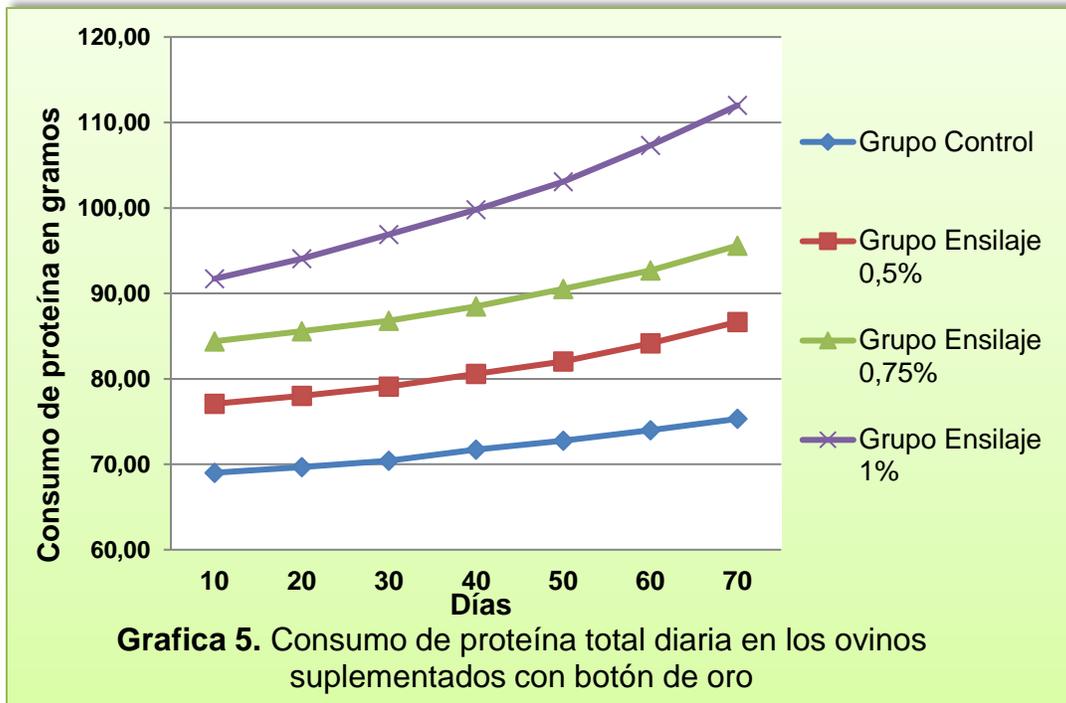
proteína en la fase experimental explicando así que T4 fue el que mayor peso ganó.



Se observa que el coeficiente de eficiencia proteica (CEP) fue mejor para el grupo 1% de suplementación ($P>0.05$), ya que este nutriente se asimiló mejor y fue más eficiente al convertir proteína en peso, al final el CEP para este grupo se situó en 0.119 lo que quiere decir que por cada kg de peso ganado requirió 0.119 g de proteína diaria, el siguiente grupo con mejor CEP fue 0.75% con (0.146) seguido del grupo 0.5 (0.361) y control con (0.393) que se comportaron similares.

Premaratne *et al.*, (1998) atribuyen los mejores resultados de ganancia de peso en ovejas suplementadas con *Tithonia diversifolia*, comparada con otras forrajeras arbóreas, a una mayor tasa de crecimiento y eficiencia en la producción de biomasa microbial y a un aporte extra de proteína para el rumiante, debido a que *Tithonia diversifolia* provee tanto proteína degradable al rumen, como proteína

no degradable que puede estar disponible para la digestión en el intestino delgado (Gráfica 6).



Tithonia diversifolia es una de las plantas no leguminosas considerada como promisorias para su utilización en alimentación de diferentes especies animales (Mahecha, 2002) y en especial en rumiantes. Se reporta su uso en vacas (Mahecha y Rosales, 2005), ovejas (Vargas, 1992; Premaratne *et al.*, 1998), búfalos (Premaratne, 1990) y cabras (Wambui *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Al evaluar los distintos tratamientos en campo se pudo observar que el tratamiento que desarrolló mejores resultados fue el tratamiento número 4 suplementando al 1% de su peso vivo con silo de botón de oro, puesto que obtuvo los mayores valores en: ganancia de peso con 24.02 kg, consumo total de materia seca con 1149.14 g/día, consumo de proteína con 112.00 g/día, eficiencia alimenticia con 76.01%, y finalmente con un menor coeficiente de eficiencia proteica con 0.110. Los otros tratamientos suplementados 0.5% y 0.75% se comportaron similarmente durante el proceso en las variables evaluadas.

El suplemento con botón de oro en animales alimentados con forraje aumenta significativamente el peso y da mejor conversión alimenticia en comparación con animales que son alimentados solo con forraje. De los tres tratamientos el más adecuado y recomendado para observar resultados positivos respecto a las variables evaluadas, es el suplementado con el 1% de silo de botón de oro como se evidencia en los mejores resultados que se observaron en este trabajo.

Se recomienda evaluar dietas con suplementos mayores al 1% del peso vivo de silo de botón de oro, con el fin de analizar los datos y determinar a partir de qué porcentaje de silo se mantienen mejores rendimientos en cuanto a la relación costo/benéfico para los productores.

BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez M. G., Delgadillo D., Preston T., Rodríguez L. y Martino G. Arreglo alimenticio con especies forrajeras alternativas *tithonia diversifolia* (botón de oro) y *Morus sp* (morera) en cabras. En: XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. 2006. Disponible En:

- http://www.avpa.ula.ve/congresos/memorias_xiiicongreso/pdfs/09-trabajos-estudiantiles/alvarez_arreglo.pdf
2. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Methods of Analysis. 18th ed., Washington, DC. 2006.
 3. Escamilla P. *Tithonia diversifolia*, especie promisoras en la alimentación animal. 2007. Disponible En: <http://www.engormix.com/MA-agricultura/pasturas/foros/tithonia-diversifolia-especie-promisoria/9137/089p0.htm>
 4. Godden S., Lissemore K., Kelton D., Lumsden J., Leslie K., Walton J. Analytic validation of an infrared milk urea assay and effects of sample acquisition factors on milk urea results. *Journal of Dairy Science*, 83 (3): 435-442. 2000.
 5. Institute of Laboratory Animal Resources, Commission on Life Sciences, National Research Council (NRC). Guía para el cuidado y uso de los animales de laboratorio. Edición Mexicana Auspiciada por la Academia Nacional de Medicina. México, D.F. 150 p. 2002.
 6. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM. 2014. Disponible En: www.institucional.ideam.gov.co
 7. Lauser D., Rivas K., Torres M. Evaluar la ganancia diaria de peso en animales de raza cebuina en crecimiento sometidos a una dieta que incluye botón de oro (*Tithonia diversifolia*). En: XIII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Universidad Nacional Experimental "Rómulo Gallegos". San Juan de los Morros. Guárico, Venezuela. Septiembre, p. 280. 2006.
 8. Leguizamón A., Pérez C., Roa M. Utilización de *Leucaena leucocephala* en el levante de ovinos africanos en el Piedemonte Llanero, Colombia. *Revista Electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos*, 1 (1): 14-31. 2010.
 9. Mahecha L. y Rosales M. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 17 (9): Art. 100. 2005. Disponible En: <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd17/9/mahe17100.htm>
 10. Martínez R. Bloques multinutricionales elaborados con follaje de árboles como suplemento alimenticio de ovinos. Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. México, Tesis de Grado para optar al título de Maestro en Ciencias, Colegio de Postgraduados, México, 52 p. 2010.
 11. Navarro C., Díaz J., Roa M., Cuellar E. Comparación de la técnica de digestibilidad in vitro con la in situ de diez forrajes en bovinos rumino-fistulados en el piedemonte llanero del Meta. *Revista Electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos*. 2 (2): 2-24. 2011.
 12. Nieves D., Pérez J., Jiménez N., Calles H., Pineda T., Viloria W. Uso de follaje fresco de árnica (*Tithonia diversifolia*) y morera (*Morus alba*) en la alimentación de conejos. *Revista ACADEMIA*, XI (22): 113-123. 2012.
 13. Olmedo A. Influencia de las fases lunares, (menguante y luna llena) sobre la propagación vegetativa del botón de oro *Tithonia diversifolia* para la formación de un banco de proteína. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agrónomo, Escuela Politécnica del Ejército, Ecuador. 116 p. 2009.
 14. Pallas E. El efecto de la naloxona sobre la liberación de LH, fertilidad y prolificidad en la borrega pelibuey. Tesis de posgrado interinstitucional en ciencias pecuarias. México: Colima, Universidad de Colima, 66 p. 2000.

15. Plazas C. Evaluación agronómica a nivel de finca, de bancos forrajeros asociados con *Tithonia diversifolia*, *Verbena* sp. *Tournefortia* sp., *Cratylia argentea*, y *Acalypha macrostachia*. Experiencias con pequeños productores del Piedemonte del Meta, Municipios de Restrepo y Cumaral. Departamento del Meta. Colombia. *Revista Electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos*, 1 (1): 74-94. 2010.
16. Premaratne S., Bruchem J., Chen X. B., Perera H. G. D., Oosting S. J., Van-Bruchem J., Premaratne S Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, digestion, rumen microbial protein synthesis and growth in sheep fed a basal diet of rice straw and cassava. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 11 (6): 692-696. 1998.
17. Rojas N., Rodríguez L., Preston T. Evaluation of the provision of gold button (*Tithonia diversifolia*) and the answer in goats with or without supplementation of cane juice. Universidad Nacional Experimental Rómulo Gallegos – Instituto para el Desarrollo Sustentable de los Sistemas Agroambientales (IDESSA) San Juan de los Morros, Guárico-Venezuela, 2006.
18. Ríos C. "Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray" en árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da edición. Colciencias - CIPAV. Cali, Colombia. p. 115-126. 1997.
19. Ríos C. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Convenio CETEC - IMCA - CIPAV. Informe de avance. Cali. p 81-83. 1993.
20. Torrescano G. R., Sanchez A. E., Puñuñuri F. J., Velázquez J., Sierra T. Características de la canal y calidad de la carne de ovinos pelibuey, engordados en Hermosillo, Sonora. *Biotecnia. México: Sonora. XI (1): 41-50. 2009.*
21. Vargas J. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. Tesis Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana - IMCA - CIPAV. Cali, Colombia. 104 p. 1996.
22. Quintero V., García G., Peláez A. Evaluación de harina de botón de oro en dietas para conejos en etapa de crecimiento. *Revista Acta Agronómica*, 56 (4): 203-206, 2007.
23. Wambui C. C., Abdulrazak S. A., Noordin Q. The effect of supplementing urea treated maize stover with *Tithonia*, *Calliandra* and *Sesbania* to growing goats. *Livestock Research for Rural Development*. 18 (2): Art. 64. 2006. Disponible En: <http://www.lrrd.org/lrrd18/5/abdu18064.htm>

Dinámica de la germinación y agrotecnia para un eficiente desarrollo del botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

Dynamics of germination and agrotechnics for efficient development of *Tithonia diversifolia*

Sánchez Núñez Lina Marcela¹; Hernández Bernal Diana Marcela¹ y Sánchez Moreno Hugo Vladimir²

¹MVZ. Universidad de los Llanos y

²MVZ. MSc Docente Universidad de los Llanos

vladimirsanchez@unillanos.edu.co

Recibido 11 de Abril 2014, Aceptado 12 de Septiembre 2014

RESUMEN

Se realizaron algunos trabajos con *Tithonia diversifolia* (botón de oro) y se compararon con los resultados reportados en la literatura en todo lo relacionado con su comportamiento agronómico en vivero, establecimiento en campo y sus diferentes usos. Los experimentos se basaron en la dinámica de germinación y la agrotecnia para un eficiente desarrollo del botón de oro. En las semanas 4, 6 y 8 las plantas presentaron un crecimiento inferior al 1%, en comparación con las semanas 3, 5 y 7; se observó el papel benéfico funcional del incremento de las precipitaciones en el aumento exponencial del crecimiento de las plantas, así mismo, se observó un mayor crecimiento cuando el botón de oro se sembró con una estaca de 50 cm, sus tallos brotaron más rápido, y el número de hojas y ramas siempre fue superior en comparación a las plantas que fueron sembradas con material vegetativo de 30 cm, además soportaron mejor las épocas secas. Se concluye que en el piedemonte llanero la dinámica de germinación del botón de oro es más efectiva, si hay presencia de precipitaciones o disponibilidad de riego, como lo fue en este caso.

Palabras clave: *Thitonia diversifolia*, germinación, arbustiva forrajera.

ABSTRACT

A review of literature on *Tithonia diversifolia* (buttercup) plant is done, everything related to studies and research around it. Experimental work based on the dynamics of germination and agrotechnics for efficient development of buttercup explained. At weeks 4, 6 and 8 presented plant growth below 1% compared to weeks 3, 5 and 7; the beneficial functional role of increased rainfall in the exponential rise in plant growth was observed, likewise, greater growth was observed when the buttercup was planted with a 50 cm stake, its stems sprouted faster, and the number of leaves and branches was always higher compared to the plants that were planted with vegetative material to 30 cm, also withstood the dry seasons better. It is concluded that the germination dynamics of the buttercup is more effective, if there is the presence of rainfall or availability of irrigation, as it was in this case.

Keywords: *Tithonia diversifolia*, germination, forage shrub.

INTRODUCCIÓN

Tithonia diversifolia es una planta herbácea de la familia *Asteracea*, originaria de Centro América. Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, además tiene buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal (Ríos, 1997).

En Colombia, se utiliza en apicultura y alimentación de vacas, conejos (Ríos, 1993), curíes, ovejas vacas, y cerdos. También se siembra como cerca viva para rodear sitios donde se ubican colmenas y áreas de bosque para protección de fuentes de agua (Ríos, 1997), también Se utiliza como especie ornamental y en parcelas de producción agrícola con alta diversidad para atraer insectos benéficos.

Desde hace un tiempo se ha venido hablando acerca de las bondades de la *Tithonia diversifolia* (botón de oro, árnica, margaritón, girasol mexicano, falso

girasol) como fuente de suplementación de bajo costo para ganaderías del trópico bajo y medio (Soto *et al.*, 2012), siendo además de fácil establecimiento en zonas como las del piedemonte llanero (Estrada, 2002).



Fotografía 1. *Tithonia diversifolia* en países como México se le conoce al botón de oro como falso girasol por el color y forma de sus flores

A pesar de las ventajas para la alimentación animal, atracción de insectos, propiedades medicinales, cerca viva, abono verde y mejorador de suelos, la información acerca de la reproducción de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en condiciones de piedemonte llanero es mínima, limitando así su producción al método asexual o por estacas. Observaciones de campo han evidenciado que la propagación de *T. diversifolia* ocurre principalmente por vía asexual, mientras que la reproducción sexual es escasa o casi nula, esto sugiere problemas en alguna de las fases meióticas (Guerra *et al.*, 2007). Es importante resaltar que el botón de oro es una planta rústica que no requiere muchos cuidados para su crecimiento y

producción, lo cual facilita el manejo en plantación, creciendo bien en diferentes climas y sobre varias clases de suelos, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad, no obstante, se desarrolla mejor en clima medio con abundantes lluvias.

***Tithonia diversifolia* COMO ESPECIE PROMISORIA PARA BANCOS FORRAJEROS**

T. diversifolia es una planta herbácea de 1.5 a 4.0 m de altura, con ramas fuertes subtomentosas, a menudo glabras, hojas alternas, pecioladas de 7 a 20 cm de largo y 4 a 20 cm de ancho, presenta 3 a 5 lóbulos profundos cuneados hasta subtruncados en la base, decurrentes en su mayoría en la base del pecíolo, bordes aserrados, pedúnculos de 4 a 20 cm de largo, lígulas amarillas a naranja de 3 a 6 cm y corolas amarillas de 8 mm de longitud (Guerra *et al.*, 2007).

En China se realizó un estudio sobre sus dos nuevos compuestos 6-O- β -d-apiofuranosyl-trichocarpin y 1-heptade-4,6-diino-3,10.16,17-tetraol-3-O- β -d-glucopiranosido, y otros catorce compuestos conocidos que se obtuvieron de *Tithonia diversifolia*. Los nuevos compuestos pueden ser un marcador taxonómico que puede ser útil para diferenciarla de otras especies de *Tithonia* (Zhao *et al.*, 2012). Lo anterior podría estar relacionado con la palatabilidad de accesiones que se dan en diferentes regiones en Colombia ya que productores de la zona norte del país reportan que esta especie no es consumida por los bovinos ante lo cual habría la necesidad de ampliar la investigación.

La inflorescencia se presenta en capítulos y está formada por pequeñas flores sésiles, dispuestas sobre un receptáculo convexo, provisto en su superficie de brácteas (páleas) rígidas, puntiagudas, de hasta 11 mm de largo (con algunos pelillos en su superficie), que abrazan las flores del disco, que está rodeado por fuera por el involucro, que esta con acampanado ancho (hasta 4 cm), constituido por numerosas brácteas (dispuestas en cuatro series), ovals y generalmente con el ápice redondeado, o bien las brácteas exteriores ovadas a redondeadas y con el ápice más o menos agudo, a veces cubiertas de pelillos (Pérez *et al.*, 2009).

Su hoja y tallo se han estudiado, en Brasil se investigaron caracteres microscópicos de esta planta medicinal, sus muestras de las hojas maduras y tallos jóvenes fueron seccionados y teñidos, también se realizaron pruebas histoquímicas y de microscopía electrónica de barrido. La hoja tiene estomas anomocíticos en ambos lados, mesófilo dorsiventral y varios haces vasculares colaterales organizados como un anillo en el nervio central, se observa un colénquima angular-tangencial, una endodermis evidente y tapas esclerenquimáticas adyacentes al floema (Duarte y Bonissoni, 2012).

La *Tithonia diversifolia*, es un arbusto que crece desde el nivel del mar hasta las tierras alto andinas, que tiene un enorme valor en sistemas ganaderos de todo tipo, es una planta herbácea muy ramificada que alcanza alturas hasta de cinco metros (Díaz y Murgueitio, 2008).

El bajo porcentaje de germinación (20%) de los aquenios colectados en las diferentes plantas de *Tithonia diversifolia*, puede ser atribuido al alto porcentaje de polen estéril (65%) carente de núcleos espermáticos, lo que puede estar asociado a la baja reproducción sexual que presenta. Otras razones de la esterilidad del polen son las observadas en la división meiótica, donde se observan cromosomas rezagados en la anafase I, ocasionados por la falta de tensión sobre las fuerzas del huso, que ejercen las enzimas sensitivas del cinetocoro, evitando así el arrastre de los cromosomas hacia los polos, lo que puede desalinearse un cromosoma, generando señales negativas que identifica la célula (Alcorcés *et al.*, 2007).

La familia *Asteracea* posee unas 15.000 especies distribuidas por todo el mundo, el género *Tithonia* comprende diez especies originarias en Centro América, *Tithonia diversifolia* fue introducida a Filipinas, la India y Ceilán, también se registra en el Sur de México, Guatemala, Honduras, Salvador, Costa Rica, Panamá, Cuba, Venezuela y Colombia (Ríos, 1993; Chukwuka *et al.*, 2007).

En Guatemala se registra su adaptación entre los 200 y 2300 msnm, en matorrales húmedos o secos. En Venezuela se encuentra en los estados de

Carabobo, Aragua, Portuguesa y Trujillo entre los 300 y 1700 msnm (Ayeni *et al.*, 1997). En Colombia esta planta crece en diferentes condiciones agroecológicas, desde el nivel del mar hasta 2700 metros en La Cocha, Nariño (Ríos, 1993), con precipitaciones que fluctúan entre 800 a 5000 mm y en distintos tipos de suelo, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad (Ríos, 1997). Se encuentra creciendo espontáneamente a orillas de caminos y ríos, observándose buen estado y producción desde el nivel del mar (cerca de Buenaventura, Valle), hasta los 2400 msnm en Rionegro, Antioquia, en suelos pobres y de mediana fertilidad.

La propagación de la especie se realiza principalmente con material vegetativo, porque no se ha tenido éxito de establecerla cuando se ha utilizado semilla, por falta de protocolos para obtener semillas viables, se ha utilizado material vegetativo proveniente de plantas jóvenes sin florecer, tomando tallos de aproximadamente 50 cm de longitud, 2.0 a 3.5 cm de diámetro y que posean de 4 o 5 yemas, estos son sembrados de manera horizontal o inclinada sin cubrirlos totalmente de tierra. La propagación por semilla obtenida en algunos cultivos, fue encontrada de forma natural en sitios donde existen plantas adultas, cuyas semillas caen al suelo en el momento propicio y encuentran las condiciones necesarias de humedad y luminosidad para germinar (Uribe *et al.*, 2011).

En un ensayo en el cual se evaluó el número de raíces y porcentaje de prendimiento 15 días después de la siembra, de estacas procedentes de diferentes partes del tallo, se encontró un 94% de prendimiento en estacas tomadas de la parte más leñosa y 58% en las procedentes de la parte media. El número de raíces fue de 4.25 y 3.5 respectivamente (Salazar, 1992).

En un estudio sobre la caracterización agronómica durante la fase de establecimiento de seis especies con potencial forrajero: *Tithonia diversifolia* (Td), *Cratylia argentea* (Ca), *Acalypha macrostachia* (Am), *Acalypha diversifolia* (Ad), *Gmelina arborea* (Gm) y *Moringa oleífera* (Mo) en el piedemonte del Meta, Colombia, como resultados indicaron que a los 100 días, la sobrevivencia promedio fue de 82%, siendo mayor para Td, Ca y Ga con valores de 100. 100 y

99%, respectivamente, seguida de Ad con el 76%, Am con 34% y Mo con 0%. El mayor vigor fue para Td y el menor para Am y Mo (Plazas y Sánchez, 2013).

PRODUCCIÓN DE BIOMASA

Se evaluó la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia* en Buga (Colombia), a 1000 msnm con una precipitación bimodal de 1200 mm/año, en suelos de textura arcillosa y con pH de 6.5 (Ríos 1997; Hernández, 2008). El cultivo se estableció a partir de estacas tomadas del primero (parte más leñosa) y segundo tercio del tallo. Se aplicó riego después de la siembra y luego se colocó cobertura de bagazo de caña, hojarasca y pasto seco con el fin de conservar la humedad del suelo y evitar la competencia con otras especies de plantas, no se realizó ninguna labor de fertilización ni limpieza del cultivo y los riegos fueron escasos, tampoco se presentaron problemas fitosanitarios. Los tratamientos consistieron en tres densidades de siembra: 2.66, 1.77 y 1.33 plantas/m², evaluadas en dos alturas de corte sobre el nivel del suelo, el cultivo se encontraba en floración cuando se realizó el corte y contaba con 110 días de edad en ese momento (Ríos, 1997).

No se evidenció un efecto marcado de la densidad de siembra ni la altura de corte sobre la mayoría de las variables evaluadas, siendo mayor el número de tallos/planta en densidades de siembra menores, debido posiblemente a la disponibilidad de más espacio por planta, lo que permitió el desarrollo de una mayor cantidad de yemas, sin embargo este hecho no se vio reflejado en la producción de biomasa, debido a que los tallos eran más delgados. La planta parece guardar las proporciones entre sus diferentes partes: la relación tallo: hoja: flor de 5:3:2 se conservó en las tres densidades de siembra evaluadas y la producción potencial de biomasa en el primer corte fue de 2.66, 1.77 y 1.33 plantas/m², o de 82, 57 y 46 Ton/ha, respectivamente (Ríos, 1997; Ramírez, 2006).

Al someter el cultivo a cortes frecuentes se encontró una mayor producción de biomasa comestible por planta en las densidades menores (1.33 y 1.77 plantas/m²), debido probablemente a la menor competencia por recursos. Sin

embargo, si se establece la especie en monocultivo, es posible obtener mayor rendimiento por unidad de área en la densidad de 2.66 plantas/ha, aunque se podrían correr los riesgos fitosanitarios inherentes a esta forma de cultivo. La altura de corte o poda (10 y 50 cm) solo afectó la altura de plantas en siete semanas con promedios de 135 vs 109 cm (Ríos, 1997).

La altura y frecuencia de corte o poda, y sus interacciones afectaron la producción de materia seca de *T. diversifolia*, mostrando una mayor altura y producción de biomasa cuando se dejan intervalos de tiempo de dos meses y se poda a 50 cm de altura, la producción de materia seca podría ser tan alta como 7.2 Ton/ha/año cantidad suficiente para mejorar la productividad del suelo en sistemas de transferencia de biomasa (Partey, 2011).

CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES Y SU USO EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL

Navarro y Rodríguez, (1990) realizaron análisis bromatológicos de *T. diversifolia* en cinco estados de desarrollo, después de un corte de uniformización a nivel del suelo: 1) crecimiento avanzado (30 días después del corte), 2) prefloración (50 días), 3) floración media (60 días), 4) floración completa (74 días) y 5) pasada la floración (89 días). Se tomaron muestras de hojas, peciolo, flores y tallos hasta 1.5 cm de diámetro, se encontraron diferencias para el porcentaje de proteína en los diferentes estados de desarrollo de la planta, puesto que a medida que avanzaba el desarrollo de la planta los datos de proteína disminuían, por lo tanto es importante tener en cuenta frecuencia de cortes para mantener la producción adecuada de biomasa comestibles, capacidad de recuperación sin detrimento del contenido de proteína, niveles superiores al 18%.

Su contenido de proteína bruta varía desde 28.51% a los 30 días de edad hasta 14.84 de la materia seca, cuando se evaluó a los 89 días, se comprobó que la fibra cruda aumenta a través del tiempo, con valores de 1.63 y 3.83%., variando su humedad de 85.9 (a los 30 días) hasta 76.75 (a los 89 días). Los contenidos de calcio y fosforo, expresados como porcentaje de la materia seca, disminuyeron a

medida que se desarrollaba la planta, de 2.25 % a 1.65% y de 0.39 a 0.32 respectivamente mientras que el magnesio aumentó de 0.046 y 0.069% (Guerra *et al.*, 2007).

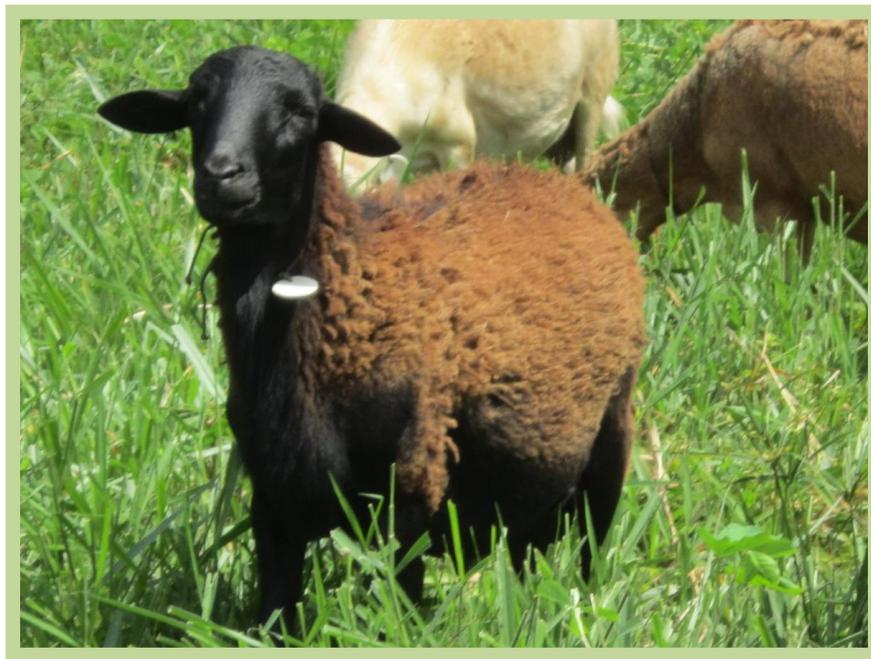
Una caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico (30 y 60 días) fue realizada en Cuba, en los períodos lluvioso (PLL) y poco lluvioso (PPLL), donde se establecieron seis tratamientos derivados de la relación entre las fracciones comestibles (hojas, tallos tiernos y hojas más tallos tiernos) y los momentos del ciclo fisiológico de la planta. Para el PLL y el PPLL, el follaje de *Tithonia* presentó los mejores valores de proteína a los 30 días (29.79% y 28.69%), Mg (0.094% y 0.210%) y ceniza (16.32% y 20.59%) respectivamente, con resultados similares entre las fracciones comestibles para las dos etapas del ciclo fisiológico, en los dos períodos evaluados. El contenido de FB en los tallos tiernos a los 60 días fue el más representativo en ambos períodos (5.29 y 5.27%, respectivamente). Integralmente, la fracción hoja más tallo tierno alcanzó los mejores valores nutricionales (Lezcano *et al.*, 2012).

En Colombia se evaluó una dieta para ovinos de pelo con 50 y 100% de *T. diversifolia* fresca, bloque multinutricional (10% de urea) a voluntad y follaje de matarratón (*Gliricidia sepium* 3% del peso vivo en base fresca), complementando la dieta de 50% con cogollo de caña de azúcar, en la dieta de 50% los animales consumieron 868 g/día en base fresca, lo que equivale a 369 g/día en base seca, en la de 100% el consumo fresco fue de 1668 g/día, correspondiente a 712 g/día en base seca (Ríos, 1997).

Eslava *et al.*, (2013) en los Llanos Orientales de Colombia, evaluaron la selectividad y palatabilidad de cuatro especies arbustivas con potencial en alimentación animal, establecidas en bancos forrajeros, se eligieron 12 animales homogéneos al azar, de 220 kg en promedio, los cuales tuvieron acceso de manera individual a forraje (60 días de edad) de *Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala*, *Moringa oleifera* y *Tithonia diversifolia* (2 kg por tratamiento). Se realizó análisis bromatológico a las cuatro arbustivas para evaluar proteína cruda (PC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), fibra detergente neutro

(FDN) y fibra detergente ácido (FDA). La especie que mayor consumo presentó fue *C. argentea* (754.1 g), seguida de *L. leucocephala* (678.3 g), *T. diversifolia* (597.5 g) y *M. oleifera* (28.3 g). Con respecto al tiempo de consumo, se presentaron diferencias significativas entre las cuatro especies 7.4 ± 0.14 ; 6.0 ± 0.14 ; 0.13 ± 0.03 y 4.5 ± 0.13 (*C. argentea*, *L. leucocephala*, *M. oleifera* y *T. diversifolia*, respectivamente).

En otro estudio, el consumo de alimento y digestibilidad fueron evaluados con cuatro ovinos en jaulas metabólicas alimentados con pasto Taiwán de baja calidad suplementados con *Tithonia diversifolia* en niveles: 20, 35 y 50%, se compararon con un control alimentado con concentrado de 20% de proteína en un diseño cuadrado latino (Ramírez *et al.*, 2010). Así mismo Rosales, (1996) ha encontrado una alta degradabilidad de la materia seca, especialmente a las 48 horas (33, 50, 83 y 90% a las 0, 12, 24 y 48 horas respectivamente).



Fotografía 2. Se ha demostrado en la alimentación de ovinos que al utilizar botón de oro como componente de su dieta se eleva el consumo y por tanto su peso de los animales

Cairns, (1997) afirma que *T. diversifolia* es apreciada por los apicultores como fuente de néctar en Luzon, Filipinas y en la zona cafetera de Colombia, los

apiarios se rodean con una franja ancha de *T. diversifolia*, sembrada a partir de estacas a 1 m de distancia, es importante determinar tres anillos de corte, los cuales se cosechan en forma escalonada con un intervalo de 4 meses entre ellos, estableciendo una frecuencia anual de corte en las plantas, de esta manera hay disponibilidad de flores todo el año para la alimentación de las abejas. Este cultivo cumple también con las funciones de rompevientos y protección del apiario, la biomasa producida por las plantas se deja en el sitio, para su descomposición e incorporación lenta al suelo. En Restrepo, Valle del Cauca, Colombia, existe un cultivo con diez años de edad, en buen estado, bajo este sistema de mínimo manejo y sin aplicación de agroquímicos (Ríos y Salazar, 1995).

En Colombia, se ha observado un excelente consumo de sus hojas por vacas Holstein en ramoneo a 2400 msnm (Ríos, 1997), campesinos de Dagua y El Dovio ofrecen para alimentación de vacas *T. diversifolia* picada en mezcla con otros forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), chachafruto (*Erythrina edulis*), morera (*Morus alba*) y cogollo de caña (*Sacharum officinarum*) (Iglesias, 2003). Solarte, (1994) reporta que *Tithonia* se utiliza como parte de la dieta de cerdos en mezcla con otros forrajes como nacedero (*Trichanthera gigantea*), plátano (*Musa spp.*), cidra (*Chayota edulis*) y otros recursos locales, también se ha visto en fincas como componente de la dieta de conejos, curíes (*Cavia porcellus*) cerdos y vacas, suministrándola también a búfalos.

Como otra forma de alimentación, se evaluó la harina de botón de oro en dietas para 24 conejos Nueva Zelanda blancos destetos en etapa de crecimiento (35 días y 900 g de peso promedio) incluyendo tres niveles de harina de botón de oro (T1=15%, T2=30% y T3=45%) y un testigo (T4) con concentrado comercial. Las dietas fueron isocalóricas (2.400 Kcal) e isoproteicas (16%). El consumo de materia seca fue similar ($P < 0.05$), fueron mejor la ganancia de peso y conversión alimentaria ($P < 0.05$) en comparación con el testigo (27.3 g.d⁻¹ y 3,0 respectivamente), T1 y T2 emplearon menor número de días para alcanzar 2.000 g (44,3 y 52,1 días respectivamente), T2 presentó la mayor tasa de retorno marginal (Quintero *et al.*, 2007).

Es un recurso forrajero importante en producción animal, como ensilaje para alimentación de ovinos de carne en el Piedemonte del Meta en Colombia, debido a sus bondades nutricionales y de propagación, por lo tanto se evaluó la dinámica de fermentación y digestibilidad *in vitro* de ensilaje de *Tithonia* considerando cuatro períodos de maduración: UNO (botón sin ensilar), DOS (1, 3, 7 y 15 días), TRES (28, 42, 63 y 91 días) y CUATRO (119 días) (Roa *et al.*, 2013). La degradación de la materia seca *in vitro* fue menor ($P < 0.05$) en el periodo CUATRO. La digestibilidad de la fibra detergente ácido se incrementó ($P < 0.05$) con el proceso de ensilado, entre uno a 15 días, disminuyendo a los 119 días, quedando demostrado que la pared celular del botón de oro es aprovechada con mayor intensidad, cuando el tiempo de ensilaje está entre 1 a 92 días de conservación, decreciendo a los 119, cuando se disminuye la concentración de ácido láctico. Otro estudio, también en el piedemonte llanero de Colombia fue la evaluación agronómica a nivel de finca, de bancos forrajeros asociados con *Tithonia diversifolia*, *Verbesina sp.*, *Tournefortia sp.*, *Cratylia argentea*, y *Acalypha macrostachia*, donde se obtuvo un promedio de producción de MS de 510.5 kg/MS/Ha con una relación hoja: tallo de 66.5: 33.5% y una altura de planta promedio de 58.05 cm, y un desplazamiento lateral promedio de 73.2 cm, el corte se realizó a 20 cm del suelo (Plazas, 2010).

Ríos, (1997) afirma que se utiliza para alimentación de cabras en un sistema de corte y acarreo en Mindanao, Filipinas, aplicando el estiércol de los animales en los callejones del cultivo, se combina en este sistema los beneficios de la producción pecuaria, el reciclaje eficiente de nutrientes y la conservación de suelos. También se aprovecha para el ramoneo de ovejas y, en Luzón (Filipinas), algunos agricultores esparcen hojas de *T. diversifolia* en los estanques para ser consumida por tilapias. Adicionalmente en Indonesia se han realizado ensayos con resultados promisorios, al incorporar hojas de esta especie en raciones para alimentación de gallinas.

Un sistema de producción en Venezuela utiliza *Tithonia* como forraje fresco sin picar, este se ofrece colgado para el consumo de ovejas y cabras, como parte de

una dieta con cogollo de caña y pasto elefante, en la tarde se ofrece a los animales, nacedero (*Trichanthera gigantea*), matarratón (*Gliricidia sepium*) y cañafístola (*Cassia moschata*) (Savón, 2006). En Nigeria, se utilizaron 24 cerdos machos para determinar el efecto del ensilaje de *Tithonia diversifolia* secada al sol. Se evaluó su desempeño en el crecimiento y la utilización de nitrógeno en la inclusión en la dieta de 10, 20 y 30%, considerando como recurso novedoso el valor potencial de *Tithonia diversifolia* secada al sol con niveles de hasta un 10% de proteína cruda siendo compatibles para un rendimiento, crecimiento óptimo y la utilización de nitrógeno (Pedroso, 2008).

Respecto a su uso en aplicaciones agroindustriales, se realizó una investigación en Colombia sobre sus potencialidades para la conservación postcosecha: un análisis de calidad de 44 introducciones utilizando la colección de *T. diversifolia* de la Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira) con una edad de 60 días, donde se evaluó materia seca, peso de la planta, peso de las hojas, peso de los tallos frescos (preciolos) y altura, con el fin de estimar relación hoja tallo y producción de biomasa comestible. Los resultados de las 10 mejores introducciones indican una altura promedio de las plantas de 2.61 ± 0.62 m, MS promedio de 16.8%; relación hoja: tallo de 1.81 ± 0.49 , con una producción anual de 74 Ton/ha. Se puede concluir que las introducciones poseen las características adecuadas para producir un alto rendimiento de forraje por hectárea para ser usado como alimento en fresco (Velasco *et al.*, 2013).

En pruebas biológicas de crecimiento de pollitos a partir de siete días de edad, alimentados durante siete días con una dieta en la cual se sustituyó el 20% de concentrado comercial por follaje seco y molido de *T. diversifolia*, se obtuvo un alto consumo y ganancia de peso, de igual manera, la conversión fue eficiente, entre 25 a 50% frente al testigo. Estos resultados se explican por el buen contenido de proteína de la especie, su alta digestibilidad de la materia seca y bajo contenido de fenoles y saponinas (Vargas, 1996).

CERCA VIVA Y ROMPE VIENTOS

En Colombia (Rio Frío, Valle del Cauca) en el aislamiento de fragmentos de bosque que cumplen funciones de protección y conservación de fuentes de agua, se estableció *T. diversifolia* como cerca viva (Ríos, 1997), en reemplazo de cercas con alambre de púas. En fincas de la zona de ladera del Valle del Cauca, se siembra *T. diversifolia*, asociada con otras especies forrajeras como *Trichanthera gigantea*, sembrando franjas de cada especie, también alrededor de parcelas de policultivo o en las cercas, se cosecha antes de floración para alimentar animales y se fertiliza con estiércol fresco de bovino o con lombricompost, también se siembra como rompevientos alrededor de apiarios en la zona cafetera colombiana.

ABONO VERDE Y MEJORADOR DE SUELOS

En Luzón (Filipinas), algunos agricultores consideran las parcelas con *T. diversifolia* como bancos de fertilizante. En la provincia de Mountain (Filipinas), es cosechada e incorporada como abono verde en campos de cultivo de arroz con inundación, debido a su rápido crecimiento, eficiente depuración de nutrientes del suelo, abundante producción de hojas y rápida descomposición, esta especie parece acelerar el reciclaje de nutrientes y permite la rehabilitación del suelo en un período corto de barbecho (Ríos, 1997).

En Costa Rica, al evaluar especies identificadas por agricultores entre ellas *T. diversifolia*, como favorables para la producción de frijol bajo el sistema tapado, se encontró en sus hojas altos contenidos de fósforo, calcio y potasio (más de 2500 ppm). Al comparar la producción de frijol en barbechos mejorados con diferentes especies se obtuvieron los siguientes resultados: en barbecho natural, 628 kg/ha; en barbecho con *T. diversifolia*, 749 kg/ha y mayor producción de biomasa y fósforo (Ríos, 1997).

T. diversifolia ayuda a la depuración de nutrientes lábiles del suelo que se pierden por lixiviación, en el caso del fósforo, la asociación con micorrizas puede estar cumpliendo un rol importante en su movilización. En la provincia de Bukidnon, Filipinas, *T. diversifolia* es utilizada para recuperar y mejorar áreas invadidas por el

pasto *Imperata cylindrica*, la sombra de *T. diversifolia* controla el pasto en un año, al final del segundo año, se cortan las plantas de *Tithonia* y se siembra un nuevo cultivo sin necesidad de aplicar fertilizantes ni arar, porque se mejoran las propiedades físicas del suelo, es así como se puede cambiar el concepto de barbechos con malezas al de abono verde o cultivo de cobertura (Cairns, 1997).

En Nigeria, se estudiaron las propiedades de coberturas de *Chromolaena* y *Tithonia* evaluando: rendimiento, composición y crecimiento del tubérculo de yam blanco (*Dioscorea rotundata*), se observó que los abonos de *Chromolaena* y *Tithonia* reducen la densidad aparente del suelo y la temperatura, también se incrementaron las concentraciones de materia orgánica, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en el suelo, y N, P, K, Ca y Mg en las hojas (Agbede *et al.*, 2013).



Fotografía 3. El botón de oro es una buena alternativa para la alimentación de ganado en pastoreo con gramíneas de baja calidad nutricional

Se compararon la descomposición y los patrones de liberación de nutrientes de *T. diversifolia* con *Senna spectabilis*, *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *auriculiformis*, que se utilizan comúnmente en los sistemas de transferencia de biomasa. Los resultados del estudio confirmaron altas concentraciones de N, P, K en *T. diversifolia* comparables con los niveles registrados en las cuatro especies de leguminosas, además *Tithonia* registró el mayor porcentaje de descomposición y tasa de liberación de nutrientes ($P < 0.05$). Era evidente a partir del estudio, que la descomposición y la velocidad de liberación de nutrientes de estas especies, están

relacionadas con la calidad del material de la hoja, siendo el P y Mg los más influyentes para estos procesos de liberación de nutrientes. Por esta razón, sería imprescindible tener en cuenta las concentraciones de P y Mg en la selección de materiales de plantas para abono verde (Partey *et al.*, 2011).

Los metabolitos secundarios como taninos, oxalatos, glucosinolatos, saponinas, alcaloides, fenoles y demás, provenientes de forrajes como: sauco, botón de oro y morera, son una alternativa para reducir las emisiones de metano entérico en los rumiantes, estos metabolitos secundarios se extraen usando dos solventes (agua y etanol 95/100 mL), seguido de la identificación de los componentes de los dos tipos de extractos, acuoso (EAC) y alcohólico (EAL) (Vásquez *et al.*, 2013).

En Colombia, se aplicaron técnicas analíticas e instrumentales de la AOAC, (2006) para detectar el efecto de las condiciones de conductividad eléctrica a muestras de dos hojas con peciolo de *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*, en diferentes condiciones edáficas (departamentos del Valle del Cauca y Cesar), para determinar contenido de metabolitos que se producen en sus células como: polifenoles, taninos totales, taninos condensados y saponinas. Los resultados obtenidos para cada variable se sometieron a un análisis de varianza en doble vía, Se concluyó que el contenido de polifenoles, taninos totales, taninos condensados y saponinas fueron similares para las tres zonas muestreadas presentándose una alta correlación entre el valor de la conductividad eléctrica del suelo y el contenido de metabolitos secundarios (Santacoloma y Granados, 2012).

Estudios más recientes como el que se llevó a cabo en Brasil donde se ha utilizado *Tithonia diversifolia* en la medicina popular para el tratamiento de abscesos, infecciones microbiológicas, picaduras de serpientes, la malaria y la diabetes. Ambas propiedades anti-inflamatorias y anti-malaria han sido identificadas utilizando ensayos apropiados, pero las dosis eficaces han demostrado efectos tóxicos para los animales de experimentación, la mayor parte de las actividades farmacológicas se han atribuido a lactonas sesquiterpénicas (STL) y algunos derivados del ácido clorogénico (AC) en las hojas de esta especie. Se evaluó la toxicidad de dosis repetidas de un extracto acuoso (AE) de

Tithonia diversifolia de las hojas comparándolo con un extracto rico en STL (LRE) y un extracto polar (PE) sin STL pero rico en AC. El AE causó alteraciones en los parámetros hematológicos, pero pocas alteraciones en los parámetros bioquímicos y era relativamente segura en dosis inferiores a 100 mg/kg. Sin embargo, el PE y LRE demostraron varios efectos adversos al dañar el hígado y los riñones, respectivamente (Donaire *et al.*, 2013).

T. diversifolia tiene compuestos tóxicos en sus hojas como lo afirman Elufioye *et al.*, (2009) quienes investigaron la toxicidad de un extracto etanólico de las hojas, que en Nigeria son usados para tratar la malaria, se demostró una relación dosis-efecto tóxica lo cual dependía del tiempo, siendo reversible en el riñón e hígado, no se observó alteraciones en la morfología del corazón, el bazo y el cerebro. Se ha demostrado que el extracto de etanol al 70% de las hojas de *Tithonia diversifolia*, reducen la parasitemia en ratones infectados con *Plasmodium*, sin embargo, se observó daños en el riñón e hígado a la dosis más baja en que fueron sometidos los animales.

Fueron encontradas mayores concentraciones de oxalato libre y aluminio (Al) en las raíces, en comparación con las hojas de *Tithonia diversifolia* en suelos de cultivo y no alterado (Reserva Ecológica en Venezuela), ambos tipos de suelo mostraron concentraciones similares de calcio (Ca), manganeso (Mn) y níquel (Ni), mientras que las concentraciones de Al, hierro (Fe), cobre (Cu) y zinc (Zn) del campo de cultivo eran más altos que los del suelo no alterado. Se encontró en las plantas de suelos no alterados un mayor valor de oxalato libre concluyendo que el oxalato está actuando en *T. diversifolia* como quelante del Al, evitando de este modo el efecto tóxico de este metal (Otusanya, *et al.*, 2007).

Existe la posibilidad de remediar los suelos contaminados por el sector industrial a través del uso de ciertas plantas. En Ibadan (Nigeria), se investigó la capacidad de remediar con *Helianthus annuus* y *Tithonia diversifolia* el suelo contaminado con efluentes de la industria de la pintura, comparándolos con un tratamiento control, con dos niveles de fertilidad: minerales (MF); fertilizantes minerales orgánicos (OMF); se plantaron semillas *Helianthus annuus* a una distancia de 60 x 30 cm²,

siendo el porcentaje de eliminación de metales pesados con MF y la OMF así: Cu 32.5 y 41.6, 30.3 y 42.8 Pb y Cd 44.5 y 56.7, respectivamente con *Tithonia diversifolia*, del mismo modo, eliminó: cobre (Cu) 16.9 y 23.4, 36.9 y 43.7 plomo (Pb) y cadmio (Cd) 20.1 y 35.1 respectivamente, se demostró que los testigos, donde no se aplicó fertilizante presentaron los porcentajes más bajos de eliminación, de acuerdo a los resultados se recomienda el uso de plantas de girasol y botón de oro, junto con la aplicación de OMF para remediar efectivamente los suelos contaminados con metales pesados, en particular en clima tropical (Jemutai *et al.*, 2012).

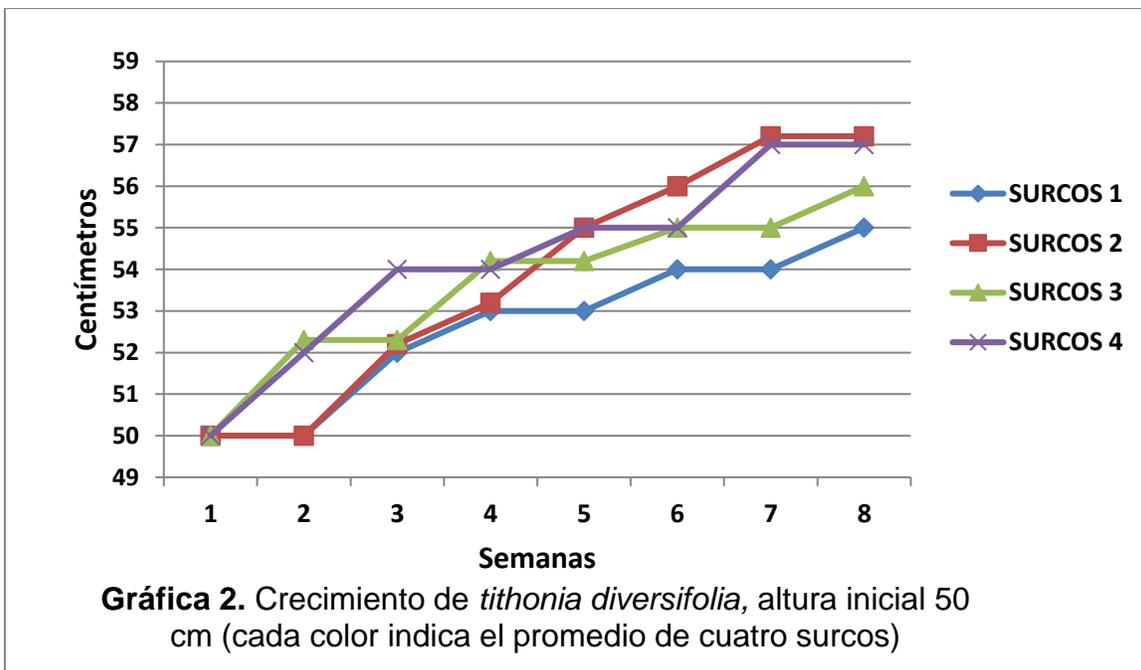
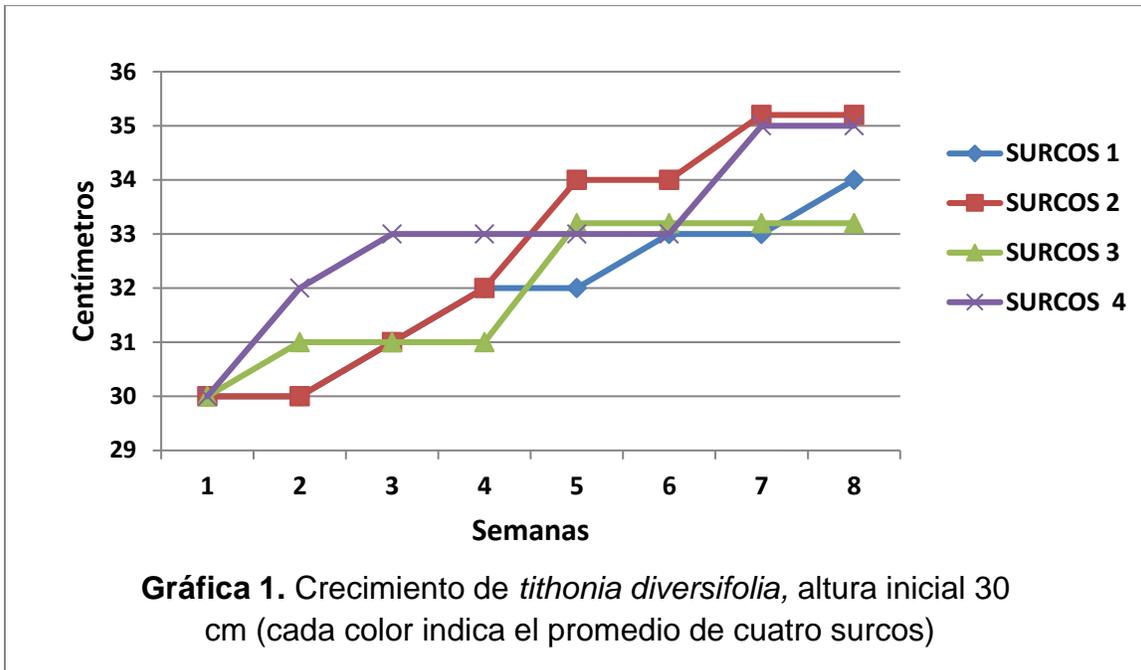
EXPERIENCIAS PERSONALES

En base a sus virtudes reportadas en diferentes estudios, como la facilidad de propagación, resistencia, adaptabilidad en los diferentes ecosistemas, ventajas como suplemento alimenticio animal, usos en el campo medicinal, y como planta conservadora y recuperadora de la calidad del suelo, entre otros; se decidió desarrollar un estudio fundamentado en la revisión literaria sobre *Tithonia diversifolia*, el cual se llevó a cabo en la Finca Iriqué, en la vereda Los Andes, ubicada en Granada (Meta, Colombia), con una altitud de 372 msnm., temperatura promedio de 25.6-28°C, precipitación promedio anual entre 1830 a 2800 mm y humedad relativa del 80%.

En un terreno de 360 m² se procedió a realizar la siembra asexual de *Tithonia diversifolia* a partir de estacas tomadas de otro cultivo que ya tenía 24 meses de establecido, ubicado en la Universidad de los Llanos, no se aplicó ningún tipo de fertilizante utilizando dos (2) alturas de estaca (30 y 50 cm), se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con dos repeticiones por tratamiento.

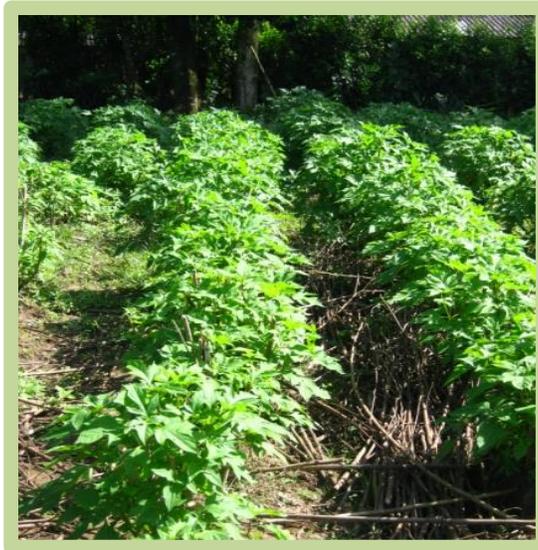
Se inició con la toma de datos semanales que incluyó: número de ramas, número de hojas por tallo, altura de las plantas, porcentaje de supervivencia. En las Gráficas 1 y 2, en las semanas 4, 6 y 8 se presentó un menor crecimiento de las plantas en comparación con las semanas 3, 5 y 7, se puede observar el papel benéfico funcional del incremento de las precipitaciones en el aumento

exponencial del crecimiento de las plantas, teniendo en cuenta que el agua es fundamental en procesos vitales de la planta, como por ejemplo la fotosíntesis.



Así mismo, se observó un mayor crecimiento cuando el botón de oro se sembró con una estaca de 50 cm, sus tallos brotaron más rápido, y el número de hojas y ramas, siempre fue superior en comparación a las plantas que fueron sembradas

con material vegetativo de 30 cm, lo cual se evidencio posteriormente puesto que las plantas (50cm de estaca) soportaron mejor las épocas secas.



Fotografía 4. Se observó mayor crecimiento cuando el botón de oro se sembró con estacas de 50 cm.

CONCLUSIONES

Tithonia diversifolia es una planta promisoría por sus múltiples usos, facilidad de propagación y adaptación a varios de los ecosistemas con los que cuenta la geografía Colombiana.

Existe una deficiencia en registros literarios sobre la propagación mediante material vegetativo, factor que incrementa el margen de error (método ensayo-error), aumentando la necesidad de material para la implementación con semillas sea más alto y menos productivo, por lo cual la propagación de esta planta se realiza casi en un 100% mediante el uso de estacas, que son fáciles de adquirir de otros cultivos, pero cabe resaltar que este tipo de propagación presenta algunas dificultades como el transporte y almacenamiento que solo se puede realizar durante periodos cortos, sin afectar la calidad de las estacas.

En algunas zonas de Colombia cuando la flor de la planta ya se encuentra seca la cortan y la colocan en la tierra, tapándola superficialmente hasta que germinan las

primeras plántulas, se retiran los restos de la flor, siendo una de las pocas evidencias con las que se cuenta de reproducción con semilla.

Las plantas sembradas de 50 cm de altura y de un grosor de 2.5 cm, crecen más rápido y soportan mejor las épocas secas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Agbede, T., Adekiya, O., Ogeh, J. Effects of Chromolaena and Tithonia Mulches on Soil Properties, Leaf Nutrient Composition, Growth and Yam yield. *West African Journal of Applied Ecology*, 21 (1): 15-29. 2013.
2. Alcorcés N., Lárez A., Mayz, J. Adiciones al conocimiento citogenético de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae). *Acta botánica Venezolana*, 30 (2): 267-275. 2007.
3. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis*. 18th Ed., Washington, D.C. 2006.
4. Ayeni A., Lordbanjou D., Majek B. *Tithonia diversifolia* (Mexican sunflower) in southwestern Nigeria: occurrence and growth habit. *Weed Research*, 37 (6): 443-449. 1997.
5. Cairns M. A Property Rights Dimension of Indigenous Fallow Management (IFM). Asia-Pacific Resource Tenure Network, (ARTN) Indonesia. 1997.
6. Chukwuka K., Ogunyemi S., Fawole I. Ecological distribution of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray-A New exotic weed in Nigeria. *Journal of Biological Sciences*, 7 (5): 709-719. 2007.
7. Díaz Z., Murgueitio E. El botón de oro: arbusto de gran utilidad para sistemas ganaderos de tierra caliente y de montaña. *Carta Fedegan* N. 108, p 54-63. 2008.
8. Donaire F., Oliveira R., Aparecida D., Gobbo-Neto L., Batista Da Costa, F. Repeated-dose toxicological studies of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray and identification of the toxic compounds. *Journal of Ethnopharmacology*, 147 (2): 389-394. 2013.
9. Duarte M., Bonissoni C. Leaf and stem microscopic identification of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray (Asteraceae). *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 48 (1): 109-116. 2012.
10. Elufioye A., Alatise O., Fakoya F., Agbedahunsi J., Houghton P. Toxicity studies of *Tithonia diversifolia* A. Gray (Asteraceae) in rats. *Journal of Ethnopharmacology*, 122 (2) 410-415. 2009.
11. Eslava A., Gómez L., Navas A., Calvache I., y Ardila A. Evaluación de la selectividad y palatabilidad de especies arbustivas forrajeras por bovinos en los llanos orientales de Colombia. En: IV Seminario Internacional de Agroforestería. Quibdó, Chocó, Colombia, 2013.
12. Estrada, J. *Pastos y forrajes para el trópico colombiano*. Manizales: Ed Universidad de Caldas. 511 p. 2002.
13. Guerra N., Lárez A., Mayz J. Adiciones al conocimiento citogenético de *Tithonia diversifolia* (HEMSL.) A. Gray (Asteraceae). *Acta Botánica Venezolana*, 30 (2): 267-275. 2007.
14. Hernández, A. Factores agronómicos que influyen en la producción de *Tithonia diversifolia* en la provincia de Matanzas. Trabajo de Curso. EEPF Indio Hatuey. Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba. 2008.

15. Iglesias J. Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajos insumos. La Habana, Cuba. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. ICA, 110 p. 2003.
16. Jemutai K., Orata F., Getenga Z. The influence of filter mud compost and *Tithonia diversifolia* leaves on the dissipation of diuron in soils within the nzoia river drainage basin, Kenya. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89 (2): 328-333. 2012.
17. Lezcano Y., Soca M., Ojeda F., Roque E., Fontes D., Montejo I., Santana H., Martínez J., Cubillas N. Caracterización bromatológica de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray en dos etapas de su ciclo fisiológico. *Pastos y Forrajes*, 35 (3): 275-282. 2012.
18. Navarro F., Rodríguez E. Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima. Colombia. 86 p. 1990.
19. Otusanya O., Ilori O., Adelusi A. Allelopathic effects of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) A. Gray on germination and growth of *Amaranthus cruentus*. *Research Journal of Environmental Sciences*, 1 (6): 285-293. 2007.
20. Partey S., Quashie S., Thevathasan N., Gordon A. Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforestry Systems*, 81 (2): 123-134. 2011.
21. Pedroso A. Empleo de la *Tithonia* en la preceba de cerdos en la EEPF "Indio Hatuey": Trabajo de Curso. EEPF "Indio Hatuey"- Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba. 38 p. 2008.
22. Pérez A., Montejo I., Iglesias J., López O., Martín G., García D., Idolkis M., Hernández A. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. *Pastos y Forrajes*, 32 (1): 1-15. 2009.
23. Plazas C. Evaluación agronómica a nivel de finca, de bancos forrajeros asociados con *Tithonia diversifolia*, *Verbesina* sp. *Tournefortia* sp., *Cratylia argentea*, y *Acalypha macrostachia*. Experiencias con pequeños productores del Piedemonte del Meta. *Revista Electrónica Sistemas de Producción Agroecológicos*, 1 (1): 74-94. 2010.
24. Plazas C., Sánchez V. Caracterización agronómica durante la fase de establecimiento de seis especies con potencial forrajero en el piedemonte del Meta, Colombia. *Memorias IV Seminario Internacional de Agroforestería*. Quibdó, Chocó, Colombia, 2013.
25. Quintero V., García G., Peláez A. Evaluación de harina de botón de oro en dietas para conejos en etapa de crecimiento. *Acta Agronómica (Palmira)*, 56 (4): 203-206. 2007.
26. Ramírez U. Productividad agronómica del arbusto forrajero *Tithonia diversifolia* en Yucatán, México. Matanzas, Cuba. En: IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba. 35 p. 2006.
27. Ramírez U., Sanginés J., Escobedo J., Cen F., Rivera J., Lara P. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry Systems*, 80 (2): 295-302. 2010.
28. Ríos C. Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Convenio CETEC-IMCA-CIPAV. Informe de avance. Cali. 81 p. 1993.

29. Ríos C. *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. *Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica*, p 217-230. 1997.
30. Ríos C., Salazar A. Botón de oro (*Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray) una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development*, 6 (3): p 75-87. 1995.
31. Roa M., Céspedes D., Lozada C. P. Maduración del ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en diferentes periodos y su efecto en la digestibilidad in vitro e in vivo en ovinos de carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 26 (Suplemento): p 454. 2013.
32. Rosales M. In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. Tesis de Doctorado D.Phil. Department of Plant Sciences, Oxford University. Oxford, UK. p. 214. 1996.
33. Salazar A. Evaluación agronómica del botón de oro (*Tithonia diversifolia* - familia compuesta) y el pinocho (*Malvaviscus penduliflorus* - familia malvaceae). Informe de becarios de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria, Cali. p 27-31. 1992.
34. Santacoloma L., Granados J. Interrelación entre el contenido de metabolitos secundarios de las especies *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* y algunas propiedades físicoquímicas del suelo. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3 (1): 53-62. 2012.
35. Savón L. Alimentación no convencional de especies monogástricas: utilización de alimentos altos en fibras. Conferencia Magistral. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 2006.
36. Solarte A. Experiencias de investigación participativa en sistemas de Producción Animal en dos zonas del Valle del Cauca. En: III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios, p 49-72. 1994.
37. Soto M., Molina F., González I., González J., Sánchez E. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción de materia. *Zootecnia Tropical*, 30 (4): 315-325. 2012.
38. Uribe F., Zuluaga A., Murgueitio E., Valencia L., Zapata A., Solarte L., *et al.* Establecimiento y manejo de sistemas silvopastoriles. Proyecto ganadería colombiana sostenible. 78 p. 2011.
39. Vargas J. Caracterización de recursos forrajeros disponibles en tres agroecosistemas del Valle del Cauca. Tesis Maestría en Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Universidad Javeriana - IMCA - CIPAV. p 135-152. 1996.
40. Vásquez D., Rodríguez T., Mestra L., Mancipe E., Ariza C., Mayorga O. Extracción e identificación de metabolitos secundarios de sauco (*Sambucus nigra*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y morera (*Morus alba*), como potenciales inhibidores de la metanogénesis ruminal bajo condiciones anaeróbicas in vitro. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuaria*, 26 (Suplemento), p 450. 2013.
41. Velasco A., Vilma H., Ortiz S. Potencialidades de *Tithonia diversifolia* para la conservación postcosecha: un análisis de calidad de 44 introducciones y sus aplicaciones agroindustriales. *Memorias IV Seminario Internacional de Agroforestería*, Quibdó, Chocó, Colombia, Vol. 1, p 65. 2013.
42. Zhao G., Xin X, Chen W., Li X., Sun L., Sun L. Chemical constituents from *Tithonia diversifolia* and their chemotaxonomic significance. *Biochemical Systematics and Ecology*, 44: 250-254. 2012.

Visión estratégica sobre el desarrollo de la ganadería en Brasil

Strategic vision for the development of livestock in Brazil

Bernardino de Carvalho Thiago¹, Hurtado Nery Víctor Libardo² y

Torres Novoa Diana Milena³

¹Investigador CEPEA/ESALQ/USP, Brasil; ²MVZ. MSc. PhD. Docente Unillanos y

³MVZ, MSc, Profesor Universidad de los Llanos, Colombia

vhurtado@unillanos.edu.co

Recibido 16 de Mayo 2014, Aceptado 03 de Septiembre 2014

RESUMEN

En este texto se presenta como ha sido el mercado de carnes, el impacto en la economía brasilera y se compara la situación a nivel mundial. Dado el peso económico de la producción bovina en el mercado internacional se hace énfasis en el desarrollo de la ganadería en Brasil, a partir de políticas públicas relacionadas con la producción pecuaria y apoyo a la industria frigorífica. En conclusión, el futuro del mercado de carnes y el agronegocio brasileiro es promisorio dada la disponibilidad de tierras y agua existentes en el país, haciendo inversión en capital humano, tecnologías e infraestructura.

Palabras clave: Costo de producción, industria cárnica, producción bovina.

ABSTRACT

This text is presented as it was the meat market, the impact on the Brazilian economy and the situation is compared globally. Given the economic importance of livestock productions in the international market whit emphasis on livestock development in Brazil, from public policies related to livestock production and support the meat industry. In conclusion, the future of the meat market and agribusiness in Brazil is promising given the availability of land and water existing in the country, making investment in human capital, technology and infrastructure.

Keywords: Cost of production, meat industry, beef production.

INTRODUCCIÓN

Al analizar el sector pecuario, en el mercado de la carne se debe revisar con cuidado lo referente a los indicadores económicos locales y mundiales, puesto que, en los últimos años, principalmente a partir del segundo semestre de 2008, la economía global atraviesa por una grave crisis financiera que causa estragos en los mercados globalizados, unos con más fuerza y otros como Brasil con menor relevancia. Esa crisis hace que los flujos de dinero disminuyan, lo que impacta negativamente en el comercio y la producción de riqueza del país. La Figura 1 muestra la evolución del producto interno bruto (PIB) en los países emergentes y en desarrollo, en los de economías avanzadas y el promedio mundial.

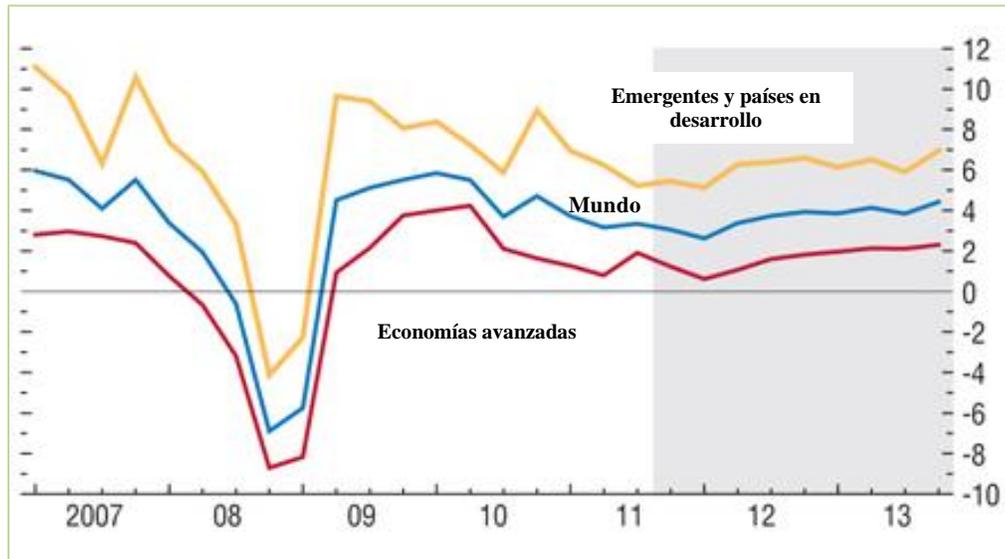


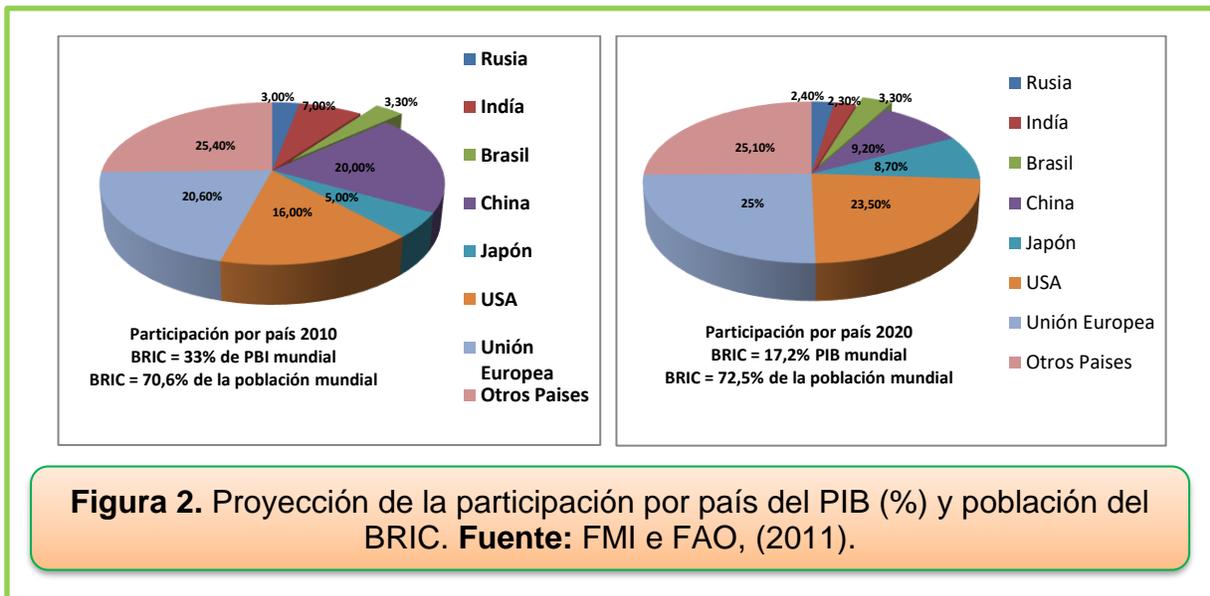
Figura 1. Proyección del Producto Interno Bruto (PIB) por bloque de países. **Fuente:** Fondo Monetario Internacional (FMI), (2012).

Se puede observar que hubo impacto de la crisis en todo el mundo, sin embargo, los países que consiguieron mantener un nivel positivo de producción fueron los que están en desarrollo, lo contrario sucedió con los países ricos como USA, Japón y la Zona Europea que pasan por una situación financiera caótica demostrada por las tasas de deuda pública y por el desempleo que aumenta

mensualmente, principalmente en los dos últimos años, lo que obliga a la necesidad de solicitar créditos financieros de otros países.

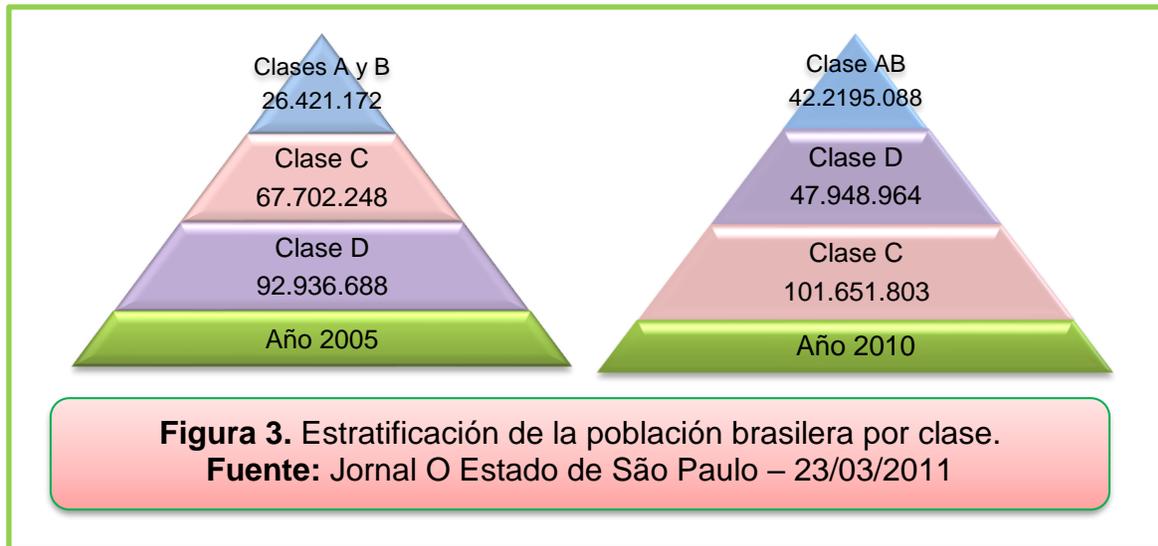
A mediano y largo plazo la expectativa mundial es que el incremento económico sea liderado por los países emergentes, entre ellas el grupo BRIC (Brasil, Rusia, India y China) como se muestra en la Figura 2, puesto que el crecimiento de la riqueza del BRIC impulsará el aumento del consumo.

Como se mencionó anteriormente, en los últimos años la economía brasileira ha estado en el pico más alto aplicando políticas fuertes, lo que favorece el crecimiento del país, en indicadores socioeconómicos mostrando esa tendencia, con el menor nivel de desempleo en los últimos años, cerca de 6%. El PIB, es creciente en aproximadamente cuatro trillones de reales (R\$) que aunado a la inflación controlada, impulsan la economía, el crecimiento y consumo doméstico de Brasil.



Un hecho importante de los últimos años es la disminución de la pobreza y el surgimiento de la nueva clase media, lo que ocasiona un incremento de la demanda de proteína animal, principalmente por carne bovina. En los últimos cinco años la proporción de personas en la clase social C subió más de 60% (Figura 3), lo que implica una mayor demanda, entre tanto las clases A y B

exigirán productos de mejor calidad, lo que ratifica el momento favorable de la economía brasilera.



Después del 2004, el volumen de consumo de carne (Figura 4) creció fuertemente superando los R\$ 40 billones por año, cifra que muestra la importancia del sector para la economía y la producción, que fue posible por el “plano real” y medidas de control de la inflación, intereses y crédito a la población. Después del plan económico en 1994, hubo crecimiento en el consumo interno de alimentos, con el aumento de la población y de la renta, lo que propició un incremento sustancial en la producción nacional de carnes, es importante destacar que es directamente proporcional al PIB de un país, porque lleva a un aumento de la demanda de carne y viceversa. Por eso, el impacto de la crisis produjo inestabilidad para este mercado en el ambiente mundial, que al contrario en Brasil, por la solidez de la economía fue amenizado posibilitando el desarrollo del sector productivo de proteína animal.

EL MERCADO BRASILEÑO DE CARNES

A pesar de ser considerado un país en desarrollo, el consumo de carnes en Brasil se ubica en niveles observados en las naciones más ricas, superando la cifra de 100 kg / habitante / año.

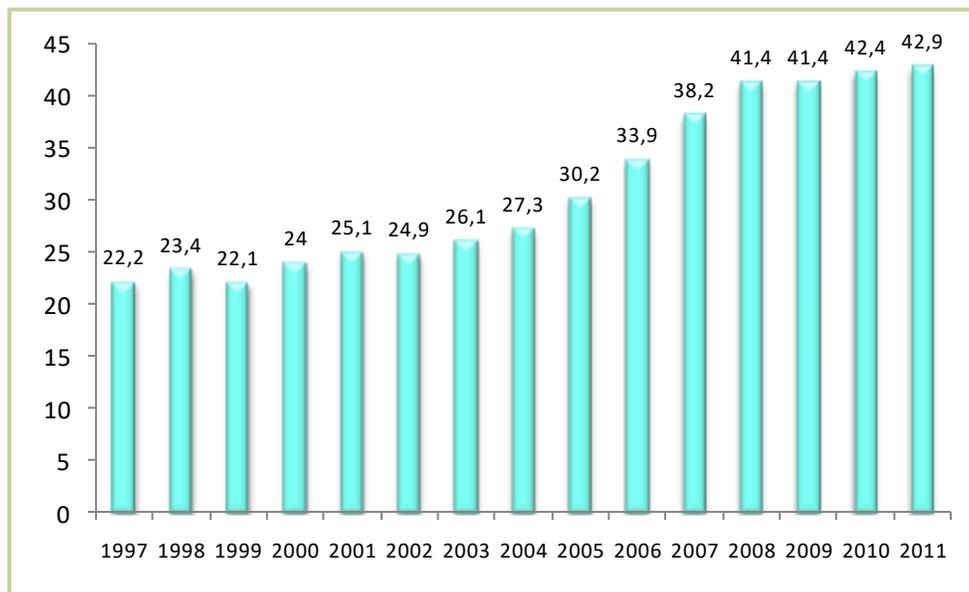


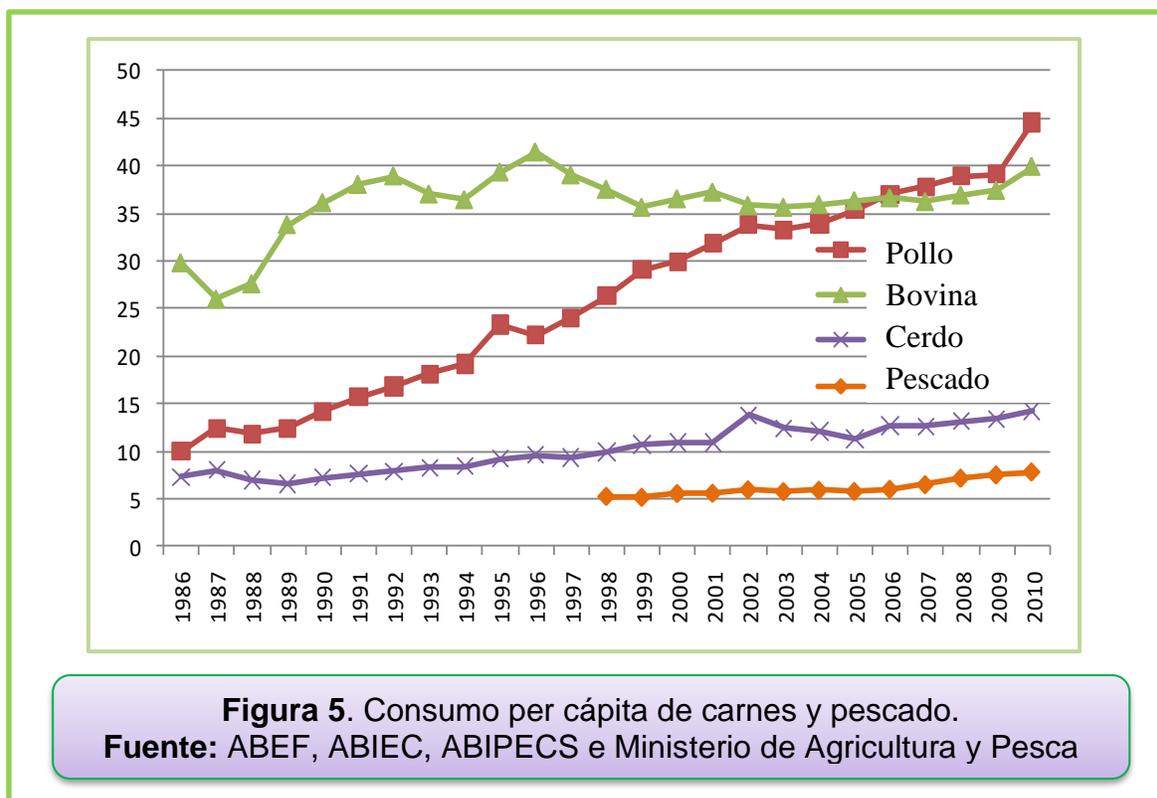
Figura 4. Gastos de las familias brasileiras en carnes.
Fuente: IBGE/POF, (2009).

Hasta los años 70, la carne bovina representaba más del 50% del total de carnes consumido por los brasileiros, en segundo lugar la carne de cerdo y el pollo en tercera posición. A partir de los años 80, la búsqueda de alimentación saludable, hace que el consumo de carnes consideradas blancas aumente. En la década actual, la carne de pollo superó a la bovina en la dieta de los brasileiros, consumiendo en promedio 44 kg de pollo y la carne de cerdo fue relegada al tercer lugar con 14 kg/año por persona (Figura 5). El aumento del consumo de pollo en relación con las otras está asociado al precio relativamente menor.

Brasil posee un potencial grande en el mercado interno del consumo de carne, ejemplo, la de cerdo, la menos consumida, aun así, tiene un mercado para ser conquistado y expandido, puesto que se busca igualar al consumo de los países desarrollados, aproximadamente 70 kg/habitante/año.

El ingreso real de los brasileiros creció entre 1960 y 1990, según Barros y Mendoça, (1995) posibilitando el aumento del consumo de alimentos, en los últimos años, con este mismo escenario con dificultades para conquistar e

incrementar ventas en el mercado exterior por barreras sanitarias, el desarrollo del mercado interno es considerado de primordial importancia para el crecimiento del comercio de carnes.



Martins, (1998) reitera que el consumo de alimentos y de otros bienes está determinado por factores económicos, sociales, culturales y sus interrelaciones, siendo el primero el más importante por precios de los propios bienes, de los complementarios y sustitutos, que se relaciona con el nivel de ingreso de la población. Otro factor que puede influenciar, es lo que destacan Pinazza y Araújo, (1993) afirmando que el aumento del ingreso hace que la participación de cereales en la dieta disminuya mientras el consumo carnes aumenta.

Un coeficiente de elasticidad es importante en el análisis del aumento del ingreso y demanda, observando un menor valor en el comportamiento de mercado de pescado en los diferentes estratos, en comparación al caso de la carne bovina de primera, con una elasticidad media, lo que quiere decir que en caso de que el ingreso aumente 10%, hay un incremento en los gastos de 6.23% para adquirir

carne bovina de primera, con lo que demuestra que este tipo de carne producto sufre fuerte influencia de una buena economía y consecuentemente ingresos altos por parte de los brasileros (Tabla 1).

Tabla 1. Coeficientes de elasticidad-ingreso del gasto *per cápita* con diferentes tipos de carne (POF 2008/09)

Tipo de carne	Elasticidad – estrato			Elasticidad media
	I	II	III	
Bovina de primera	0,726	0,535	0,064	0,623
Bovina de segunda	0,323	0,114	-0,034	0,169
Cerdo	0,623	1,088	-0,157	0,627
Pollo	0,139	-0,005	0,304	0,128
Pescado	0,006	-0,206	0,498	0,125
Leche	0,540	0,530	0,378	0,486

Fuente: Carvalho, (2011)

El aumento de la demanda por carnes beneficia toda la cadena, lo cual se comprueba mediante el valor bruto de la producción (VBP) en 2010 donde se observa la importancia que el sector cárnico tiene para la economía nacional, cuando la carne bovina generó un VBP de R\$ 43.170 millones, la de pollo R\$ 20.903 millones y la de cerdo R\$ 8.361 millones, para un total de los tres sectores de R\$ 72.435 millones para la economía brasilera (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - CNA, 2011).

CADENA DE PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA

La ganadería bovina de carne está presente en el escenario económico nacional, desde la época colonial, en las últimas décadas, se desarrolló a través de la expansión de la frontera agrícola, con la incorporación de nuevas tierras, siendo la mayoría desprovista de infraestructura y con degradación del suelo por el sistema intensivo de producción de granos, caracterizándose la producción nacional siempre por el sistema extensivo, cambiando este panorama en los últimos años, con la incorporación de nuevas tecnologías que buscan el aumento de la productividad de los sistemas intensivos en algunas regiones, llamados de confinamiento o semiconfinamiento.

En los años 90 e inicio del nuevo siglo, se observa una ganadería nacional con altos índices de productividad y una industria nacionalizada concentrada en grupos de acción interregional con una producción de carne dispersa por todo el territorio nacional, con la mayor concentración en la región centro-sur del país, siendo el 45% del hato nacional, donde se ubican los mejores rebaños en los estados de Mato Grosso, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul y Goiás. En relación a los precios pagados al productor, durante muchos años, el bovino gordo en Brasil fue considerado como reserva de valor, debido a la alta liquidez y por la ociosidad del precio (Figura 6), pero en 1994, después del Plan Real (control de la inflación) los precios de los animal han permanecido constantes, lo que obligó a todos los agentes del mercado a trabajar con márgenes más restringidos, es decir a profesionalizar y a trabajar mejor la gestión de la actividad.

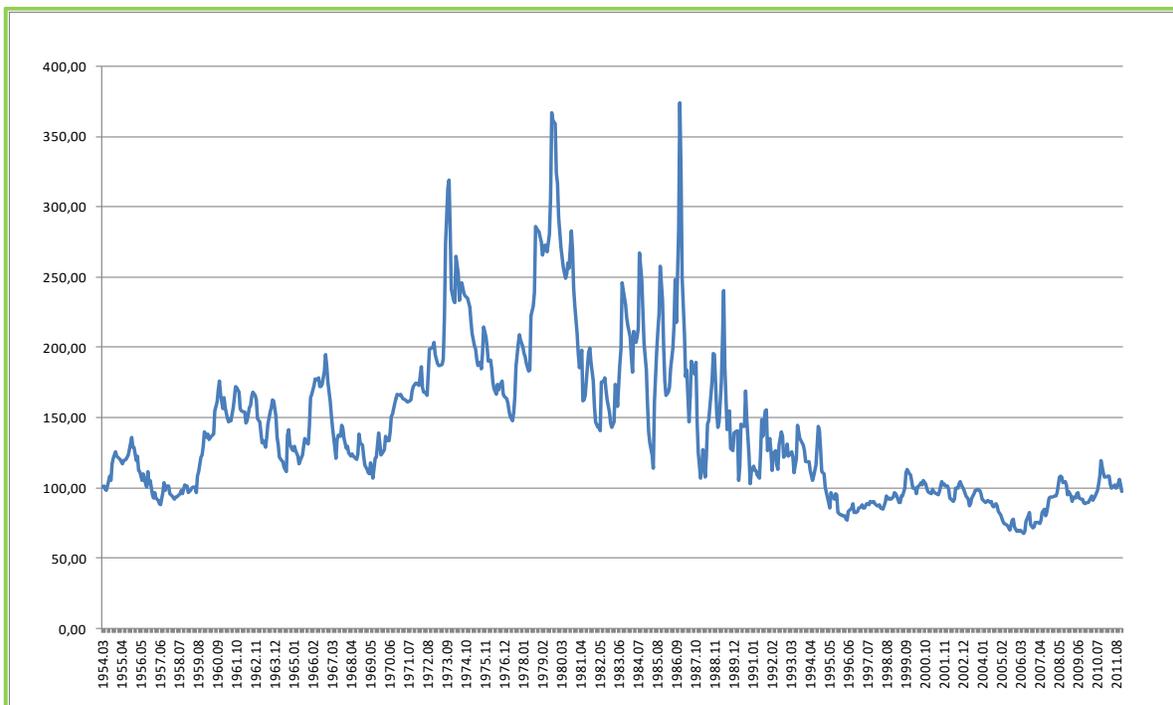


Figura 6. Fluctuación del precio anual de la carne de bovino gordo en R\$/15kg en Brasil de 1954 a 2011. **Fuente:** CEPEA, (2012).

En el mercado internacional es notorio el crecimiento de la participación brasilera con carne bovina, a partir del final de los 90, en función de la profesionalización de la actividad, rígido control de enfermedades, bajo costo, calidad del producto y desvalorización cambiaria, se puede observar en el 2004, que Brasil se convierte en el mayor exportador de esta carne, posición que se mantiene en la actualidad.

El mayor mercado de carne nacional era la Unión Europea, hasta el año 2007, por la crisis de la fiebre aftosa de 2005 en Brasil y por las barreras impuestas por la comunidad a las haciendas brasileiras en los años siguientes, hicieron que otros países ganaran importancia para las ventas de la carne brasilera, como Rusia, Hong Kong, Egipto e Irán recientemente. El mercado europeo, es muy importante para la carne brasilera (Figura 7) debido a los buenos precios que se pagan por ella. Sin embargo, en este momento de escasez de dinero hay preocupación por la cantidad comprada por los europeos, siendo en 2011 Rusia el principal destino de la carne nacional, otros mercados como Hong Kong, Egipto e Irán tuvieron un importante crecimiento.

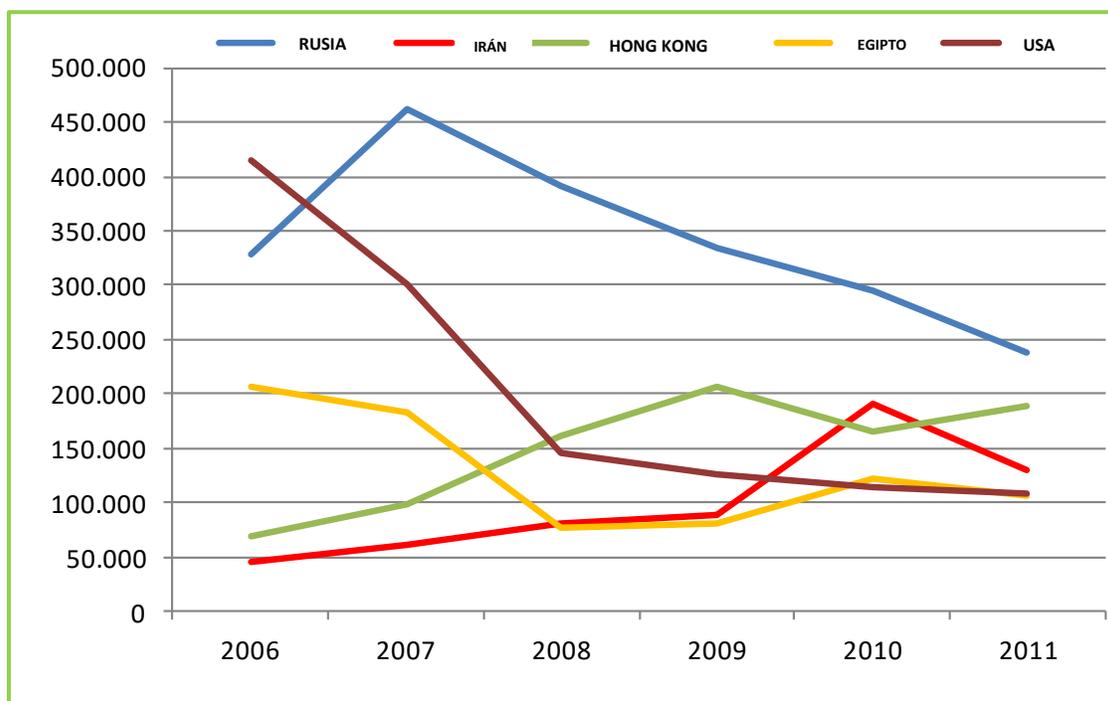


Figura 7. Evolución de las exportaciones de carne bovina (toneladas) para los principales compradores. **Fuente:** Abiec, (2012).

El mercado externo fue muy importante para el desarrollo de la industria nacional, siendo el potencial productivo un factor esencial para atraer inversionistas internacionales, en los años recientes, las crecientes barreras comerciales hicieron que esos grupos perdieran interés por Brasil y la industria se nacionalizó, pero el patrón internacional de la industria permaneció.

La industria brasilera en los últimos años trabaja con márgenes reducidas de mercado en comparación a veinte años atrás (Figura 8), lo que muestra la necesidad de la eficiencia en la producción y comercialización, puesto que se requiere que el sector industrial trabaje con el sacrificio y deshuesado, ya que la carne consigue más valor agregado para la empresa.

Con la crisis financiera de 2008, hubo reducción del crédito internacional y el encarecimiento del dinero prestado por el mercado, ocasionó que varios grupos solicitaran su recuperación por la vía judicial y hasta reconocer su estado de quiebra y ser comprados por otras empresas, el gobierno afrontó dicha situación a través de préstamos del Banco Nacional de Desarrollo (BNDES), lo que jugó un papel fundamental en la ayuda a algunas industrias. A finales de 2010 había en el país cerca de 180 frigoríficos habilitados para vender carne al mercado internacional, de los cuales 39% estaban en manos de cuatro grandes grupos, siendo responsables del 33% del sacrificio de animales con un total de 80.773 animales sacrificados por día.

Estos cuatro grandes grupos de la industria frigorífica, poseían unidades de sacrificio en Uruguay, Argentina, Paraguay, USA y Australia, principalmente con el objetivo de expandir nuevos mercados y buscar alternativas para aumentar sus negocios, la cual tuvo como principal pilar, al gobierno brasilero a través del BNDES y los Fondos de Pensión. Estas organizaciones tienen acciones de esos frigoríficos (Tabla 2), en total el gobierno Brasilero posee cerca de US\$ 7 billones de esas empresas, sin ese dinero la industria cárnica no tendría condiciones de expansión y consolidación en el mercado local e global.

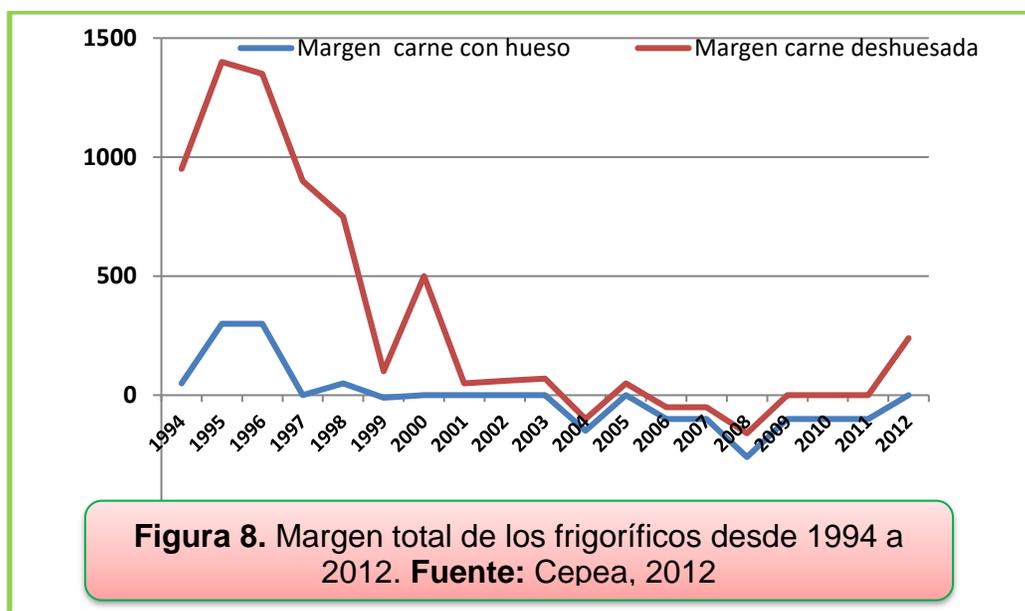


Tabla 2. Participación del gobierno brasileiro en las acciones de los grupos frigoríficos en 2012

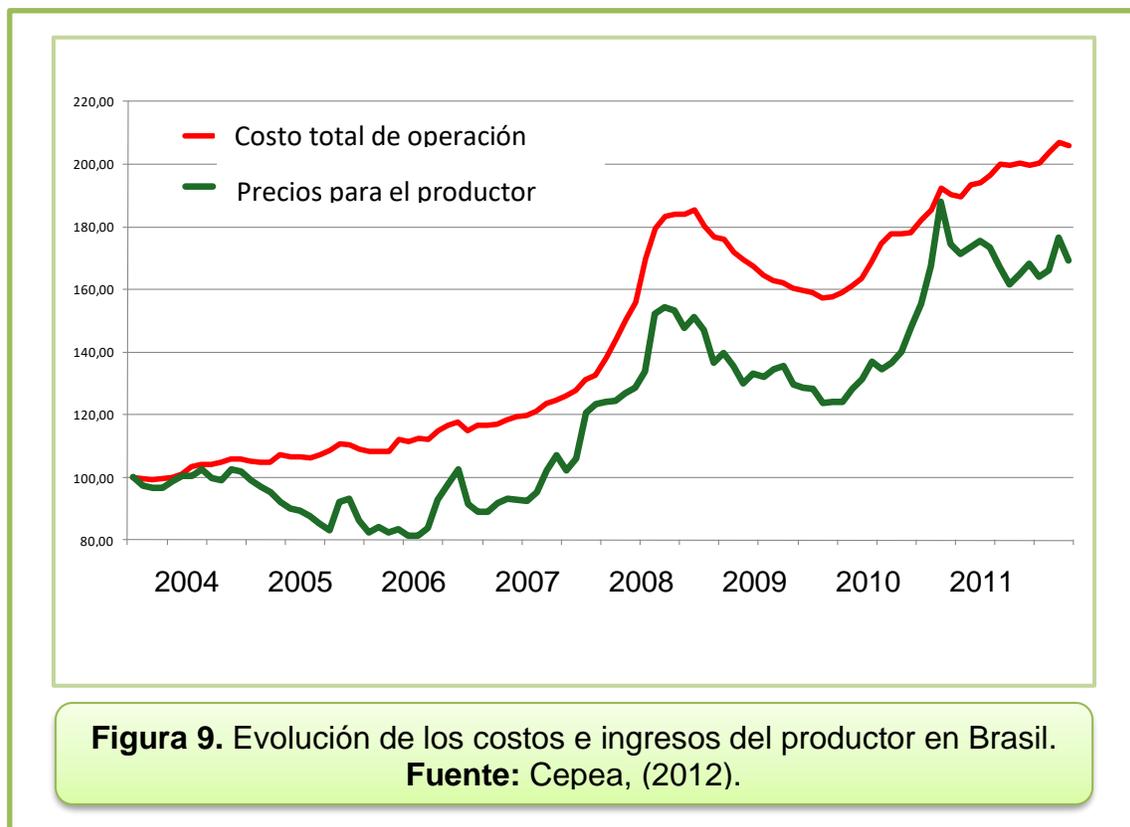
Empresa	Gobierno %	Inversionistas	Número de acciones	Valor R\$	Total R\$
JBS	31,4	BNDESPAR	931.069.588	7.25	6.750.254.513
MINERVA	12,7	Previ – BB	110.846.320	33.81	3.747.714.079
BRFOODS	10,04	Petros	87.560.126	33.81	2.960.407.860
MARFRIG	13,9	BNDES*	48.200.827	9.85	474.778.146
Total					13.933.154.598

Fuente: JBS, MINERVA, MARFRIG, BRFOODS, 2012.

*Banco Nacional de Desarrollo

COSTO DE PRODUCCIÓN

El gran desafío de la ganadería en los últimos años ha cobrado importancia debido a los gastos en alimentación y mano de obra, porque se ha aumentado la productividad del hato principalmente controlando y optimizando sus gastos, así compitiendo con cultivos, como caña de azúcar. Se observa la evolución del costo de producción y de ingresos del ganadero brasileiro desde 2004 en los cuales, durante siete años, fueron superiores (106.8%) a los ingresos (69.3%), lo que indica descapitalización de la mayoría de los productores, cerca del 28% de los gastos están relacionados con la mano de obra y 23% de sal mineral (Figuras 8 y 9).



Comparando el costo de producción con el de otros países, la situación brasilera es mejor, donde se comparan 20 países, el nombre de los hatos es definido por la combinación del país y el número de animales vendidos por año, ejemplo, BR-140, hato de Brasil, que vende 140 bovinos por año, siendo Brasil y Argentina los de menor costo de producción de ganado de carne en el mundo, lo que muestra la competitividad del sector en América del Sur. En este aspecto hay mucho por mejorar en Brasil y América del sur, el indicador, ternero destetado / vaca, en Sur América, principalmente Brasil tiene un bajo índice, debido al poco uso de suplementación mineral y al alto costo de pastaje, observándose que los hatos de Argentina, Brasil, Colombia y Australia poseen los peores índices en procesos de producción, mercado externo e interno (Agribenchmark, 2011) (Tabla, 3).

PERSPECTIVAS

El futuro del mercado de las carnes y el agronegocio brasilero es promisorio, debido principalmente a la disponibilidad de tierra y agua en su territorio, también se suma a este hecho la estabilidad económica y política que favorece la inversión

extranjera y nacional. Brasil tiene abundante disponibilidad de tierra cultivable (Figura 10), considerando la Unión Europea, Rusia y Congo, donde en las dos primeras naciones el clima impide la producción de granos en dos cosechas y la tercera tiene bajo volumen hídrico. En Brasil hay dos caminos a seguir, acelerar la inversión en capital humano, en nuevas tecnologías y principalmente en infraestructura (puertos, depósitos de almacenamiento y carreteras), además de trabajar en asuntos tributarios, que en muchos casos hace que los productos nacionales pierdan competitividad. Se observa perspectiva de crecimiento de la producción, consumo y excedentes en los próximos años para carnes y pescado (Tabla 4).

Tabla 3. Producción, exportación, importación, consumo interno y consumo *per cápita* de carne bovina en Brasil en los años de 1999-2011.

Año	Producción (Toneladas)	Exportaciones (Toneladas)	Importaciones (Toneladas)	Consumo Interno (Toneladas)	Consumo Per capita (kg)
1999	6.270.00	559.90	83.20	5.793.30	34.33
2000	6.650.00	591.90	99.90	6.158.00	35.95
2001	6.900.00	858.30	49.30	6.091.00	35.04
2002	7.300.00	1.006.00	100.70	6.394.70	36.25
2003	7.700.00	1.300.80	63.70	6.462.90	36.11
2004	8.350.00	1.854.40	53.30	6.548.90	36.06
2005	8.775.86	2.197.60	49.20	6.627.46	35.98
2006	9.052.68	2.200.00	28.50	6.881.18	36.84
2007	9.296.73	2.350.00	28.00	6.974.73	36.84
2008	9.011.30	2.163.31	25.80	6.873.79	36.14
2009	9.180.00	1.924.40	25.00	7.280.60	37.77
2010	9.445.40	1.863.14	27.50	7.609.76	39.90
2011	9.964.90	1.913.37	27.00	7.879.32	14.42

Fuente: (Agribenchmark, 2011).

La tasa de crecimiento en la producción de carne bovina del PIB fue establecida por el Banco central de Brasil, en los últimos años en 3,57%, se nota que habrá excedentes de producción, en el caso que la misma permanezca en ese nivel y el consumo crezca correlacionado con el PIB estimado, lo que implicará una búsqueda de mercado para la venta de carne, o los precios nacionales sufrirán presión hacia la baja.

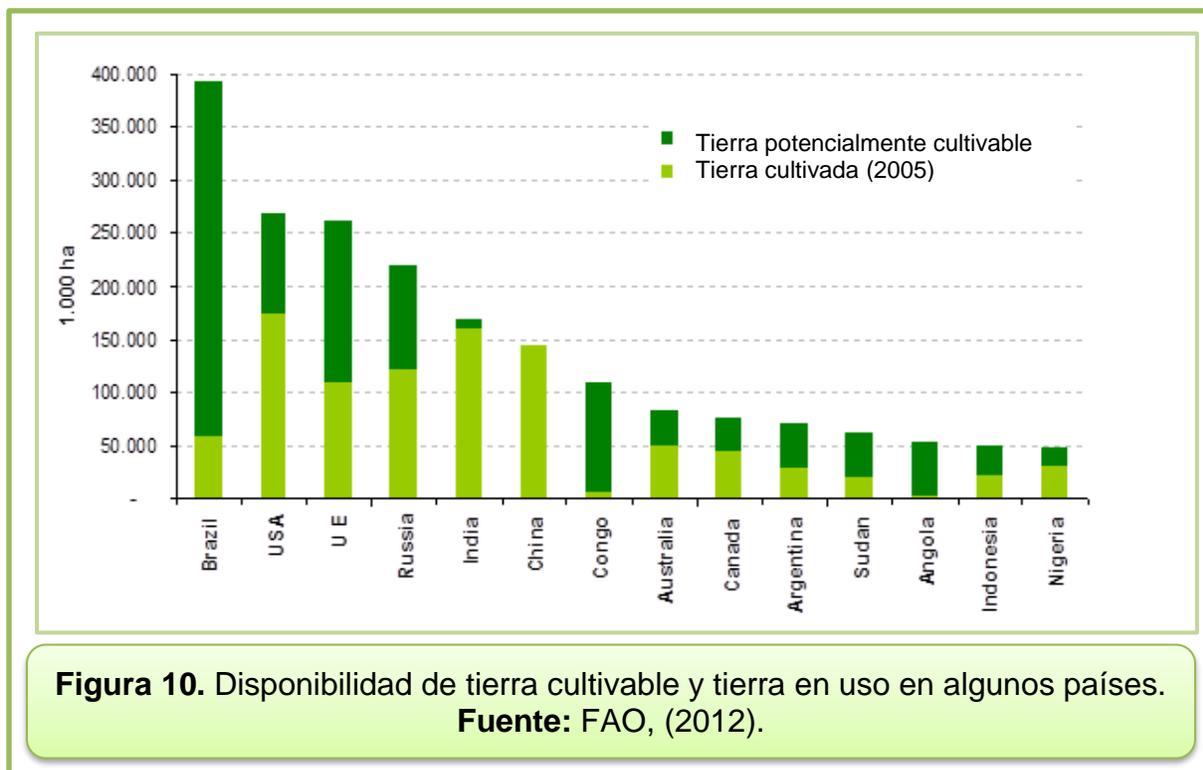


Tabla 4. Estimativa de producción, consumo y excedentes de carne bovina para los años de 2012 a 2016

Años	Tasa de crecimiento PIB %	Tasa de crecimiento de la Producción		
		Producción (toneladas)	Consumo (toneladas)	Excedentes (toneladas)
2012	3.22	10.436.751,44	8.245.139,44	2.191.612,52
2013	4.30	10.868.833,50	8.489.962,33	2.378.871,17
2014	4.00	11.318.803,20	8.733.470,34	2.585.333,00
2015	4.00	11.787.401,66	8.983.962,34	2.803.439,31
2016	4.00	12.275.400,09	9.241.639,06	3.033.761,03

Fuente: Autores

BIBLIOGRAFÍA

1. AgriBenchmark. Beef Report 2011. Recuperado Acceso 20 abril 2012. Disponible En: <http://www.agribenchmark.org>
2. Andrade D.R.; Yasui G.S. O manejo da reprodução natural e artificial e sua importância na produção de peixes no Brasil. Revista Brasileira de Reprodução Animal. 27 (2): 166-172, 2003.
3. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. Estatísticas. Recuperado 19 abril 2012. Disponible En: <http://www.abiec.com.br/>

4. Barros R. P.; Mendonça R. A evolução do bem-estar, pobreza e desigualdade no Brasil ao longo das últimas três décadas: 1960/90. Pesquisa e Planejamento Econômico, Rio de Janeiro, 25 (1): 115-164, 1995.
5. Brasil Foods - BRFoods. Investidores. Recuperado 05 mayo 2012. Disponible En: <http://www.brasilfoods.com/ri/>
6. Carvalho T. B. de. Estudo da elasticidade-renda da demanda de carne bovina, suína e de frango no Brasil. Dissertação de Mestrado ESALQ/USP. 88 p. 2007.
7. Carvalho T. B. de. Elasticidade-renda da demanda de carne bovina, suína e de frango no Brasil. En: XLIX Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, 2011, Belo Horizonte. 2011.
8. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Indicadores de preços. Recuperado 02 mayo 2012. Disponible En: <http://www.cepea.esalq.usp.br/>
9. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. Publicações: indicadores rurais. Recuperado 02 abril 2012. Disponible En: <http://www.canaldoprodutor.com.br/instituto-cna>
10. Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO. Estatísticas. Recuperado 19 abril 2012. Disponible En: <http://www.fao.org/>
11. Fundo Monetário Internacional – FMI. World Economic Outlook (WEO). Recuperado 26 abril 2012. Disponible En: <http://www.imf.org/external/index.htm>
12. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de orçamentos familiares 2008 - 2009. Recuperado 15 abril 2012. Disponible En: <http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pof/>
13. JBS – Grupo JBS Friboi. Relação com Investidores. Recuperado 05 mayo 2012. Disponible En: <http://www.jbs.com.br/ri/>
14. Jornal O Estado de São Paulo. Edição 23 abr. 2012.
15. GRUPO MARFRIG. Investidores. Recuperado 05 mayo 2012. Disponible En: <http://ri.marfrig.com.br/port/governanca/composicao.asp>
16. Martins E. Variações no consumo de alimentos no Brasil de 1974/75 a 1987/88. 1998. Dissertação Mestrado em Economia Aplicada – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 117 p. 1998.
17. MINERVA. Relação com Investidores. Recuperado 05 mayo 2012. Disponible En: <http://www.minerva.ind.br/ri/index.htm>
18. Pinazza L. A., Araújo N. B. Agricultura na virada do século XX: visão agribusiness. São Paulo: Globo S.A., 166 p. 1993.

Leptospirosis bovina como causa de enfermedad reproductiva

Bovine leptospirosis as a cause of reproductive failure

Romero Becerra Liseth Rocio¹ y Veloza Luis Carlos²

¹MVZ. Universidad de los Llanos y ²MV. Esp Docente Universidad de los Llanos

lirobe_2408@hotmail.com

Recibido 27 de Junio 2014, Aceptado 03 de Octubre 2014

RESUMEN

La leptospirosis es una enfermedad infecciosa de carácter zoonótico y de distribución mundial, es causada por espiroquetas del género *Leptospira*, especies: *L. interrogans* y *L. biflexa* (según clasificación fenotípica) o *L. interrogans*, *L. biflexa* y *L. kirschneri* (según clasificación genotípica). Los factores de virulencia asociados a Leptospiras patógenas son endotoxinas, hemolisinas esfingomielinasa, fosfolipasa y proteínas superficiales de adherencia. En los bovinos se ha encontrado *Leptospira borgpetersenii* Serovar *hardjo*, tipo *hardjo bovis* como un serovar adaptado, y *Leptospira interrogans* Serovar *hardjo*, tipo *hardjo prajitmo* de la especie *interrogans*, *L. icterohaemorrhagiae*, *L. canicola* y *L. grippityphosa* como un serovares no adaptados. A nivel mundial *Leptospira hardjo* no es el único agente patógeno asociado a las fallas reproductivas y tampoco es la única serovariedad de *Leptospira* encontrada en bovinos. La inmunidad presentada frente a la leptospirosis es de tipo humoral, con un periodo de incubación de 4 a 10 días, se disemina en hígado, riñones, pulmones, tracto reproductor (placenta) y líquido cefalorraquídeo, produciendo daño al endotelio de los vasos sanguíneos, isquemia localizada en los órganos, necrosis tubular renal, daño hepatocelular y pulmonar, meningitis, miositis y placentitis. Las sustancias tóxicas causan lisis de los eritrocitos y atraviesan la barrera placentaria produciendo la muerte fetal por anoxia terminando en aborto 1 o 2 días después.

Palabras clave: Aborto, leptospirosis, *L. hardjo*, *L. prajitmo*, placentitis.

ABSTRACT

Leptospirosis is a zoonotic infectious disease with global distribution, this disease is caudate *spirochetal* genus *Leptospira* species: *L. interrogans* and *L. biflexa* (as phenotypic classification) or *L. interrogans*, *L. biflexa* and *L. kirschneri* (based genotypic classification). The virulence factors associated with pathogenic *Leptospira* are endotoxins, hemolysins sphingomyelinase, phospholipase and surface adhesion proteins. In cattle found *Leptospira borgpetersenii* Serovar *hardjo* type *hardjo bovis* as an adapted serovar, and *Leptospira interrogans* serovar *hardjo* type *hardjo prajitmo* the species *interrogans*, *L. icterohaemorrhagiae*, *L. canicola* and *L. grippityphosa* as a non-adapted serovars. Globally *Leptospira hardjo* is not the only pathogen associated with reproductive failure and it is not the only serovar of *Leptospira* found in cattle. The immunity presented against Leptospirosis is of humoral type. The microorganism has an incubation period of 4-10 days, spreads on liver, kidneys, lungs, reproductive tract (placenta) and cerebrospinal fluid, causing damage to the endothelium of blood vessels, organs localized ischemia, renal tubular necrosis, hepatocellular and lung damage, meningitis, myositis and placentitis. Toxic substances cause lysis of erythrocytes and cross the placenta causing fetal death by anoxia ending in 1-2 days after abortion.

Keywords: Abortion, leptospirosis, *L. hardjo*, *L. prajitmo*, placentitis.

INTRODUCCIÓN

Las Leptospiras son espiroquetas causantes de la enfermedad conocida como leptospirosis, asociada a falla reproductiva en bovinos presentando síntomas como infertilidad, aparición de mortinatos, abortos en el último tercio de la gestación y nacimiento de terneros débiles, pertenecen a la familia *Leptospiraceae*, se conocen alrededor de 220 serovares, la gran importancia de estos radica en que pueden estar presentes en muchas especies de mamíferos silvestres y domésticos. El diagnóstico rutinario de leptospirosis se hace mediante

pruebas serológicas, la prueba oficial recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es la prueba de microaglutinación (MAT).

Esta enfermedad es considerada prevalente y en ocasiones poco o mal diagnosticada, de impacto y estudio mundial, además de disminuir ostensiblemente los sistemas de producción, por lo cual es importante realizar una revisión y recopilación de literatura actualizada sobre las características etiológicas, epidemiológicas y fisiopatológicas causantes de problemas reproductivos en bovinos, con el fin de generar una base conceptual que ayude a los profesionales del sector pecuario involucrados en el manejo sanitario y productivo, y de esta manera obtener una producción eficiente y rentable, respetando las normas sanitarias y productivas nacionales, brindando productos alimenticios inocuos que protejan la salud humana.

La Leptospirosis es una enfermedad infecciosa aguda de carácter zoonótico, descrita por primera vez por Weil en 1886 (Pedraza *et al.*, 2012), caracterizada por un amplio espectro de signos clínicos variando desde la infección inaparente a la enfermedad hasta el desarrollo mortal (Rodríguez, 2000), actualmente se distribuye en todo el mundo, presentándose principalmente en zonas tropicales con altos índices de precipitación (Rivera *et al.*, 2012). En 1962 la subcomisión de Taxonomía de las Leptospiras de la Organización Mundial de la Salud acordó dividir a estas bacterias en dos especies: *interrogans* y *biflexa*, basándose en su comportamiento bioquímico, en la capacidad de infectar animales, resistencia a la acción de los iones de cobre bivalentes, en sus características biológicas y en las exigencias de cultivo (Araujo *et al.*, 2010; Alonso *et al.*, 2001; Zunino y Pizarro, 2007; Pedraza *et al.*, 2012), pero dicha clasificación taxonómica está siendo reemplazada por la clasificación genómica, la cual se realiza en base al estudio de hibridación del ADN bacteriano e identifica 20 genomoespecies (Levett, 2001; Alonso *et al.*, 2001; Rivera *et al.*, 2012).

DESCRIPCIÓN DEL AGENTE ETIOLÓGICO

El término *Leptospira* proviene del griego “Lepto” que significa fino y “spira” que significa espiral (Jiménez, 2006), son bacterias helicoidales, aerobias obligadas con la siguiente clasificación taxonómica: División *Procariones*, clase *Schizomycetes*, orden *Spirochaetales*, familia *Leptospiraceae*, género *Leptospira*, especies: *L. interrogans*, *L. biflexa* (Laguna, 2000), miden de 20 a 30 μm de largo por 0.2 a 0.3 μm de ancho, son oxidasas positivas, no crecen en medios ordinarios de cultivo, pero sí lo hacen en medios suplementados con suero de conejo o en medio Tween 80-Albumina a un pH de 7.2-7.4 (Rodríguez, 2000), también crecen fácilmente en medios con Vitamina B₁ y B₁₂, ácidos grasos de cadena larga y sales de amonio, donde los ácidos grasos son utilizados como única fuente de carbono y metabolizados por β -oxidación; su temperatura óptima de crecimiento es de 28 a 30°C (Adler y de la Peña, 2010). No sobreviven en el agua salada, al contrario de los largos períodos que pueden permanecer en el agua dulce principalmente si se encuentra almacenada (hasta 180 días); tampoco sobreviven en la leche salvo que ésta esté diluida en agua a la razón de 1:20 o más (Araujo *et al.*, 2010). Son sensibles a la desecación, a la exposición directa, a los rayos solares, a pH menores de 5.8 o mayores de 8 y también se ven afectadas por las temperaturas extremas (Rodríguez, 2000). Se pueden almacenar por largos plazos en nitrógeno líquido, lo cual da buenos resultados y es considerado el medio perfecto de almacenamiento para mantener la virulencia (Adler y De la Peña, 2010).

Las Leptospiras son microorganismos que están constituidos por un cuerpo citoplasmático, un axostilo que se dispone en forma espiral y una membrana envolvente que recubre ambas estructuras. El axostilo consiste en dos filamentos axiales que se insertan en la extremidad del cuerpo citoplasmático, por medio de botones terminales, éste organelo es el encargado de la motilidad de la *Leptospira*. Al microscopio de campo oscuro puede observarse que una de las extremidades termina en gancho (Araujo *et al.*, 2010) (Figura 1). Se ha descrito que este gancho es aerobio, diferenciado de otras espiroquetas patógenas y

permite cultivarlas en medios artificiales (Acosta *et al.*, 1994). Tienen dos flagelos periplásmicos con inserciones polares que son localizados en el espacio periplásmico y son responsables de la motilidad, estos contienen las proteínas FlaA y FlaB que constituyen la envoltura y el núcleo flagelar respectivamente (Adler y De la Peña, 2010). Puede sobrevivir por semanas o hasta 6 meses, dependiendo de las condiciones ambientales (Rodning, 2012).



Figura 1. Microfotografía de *Leptospira spp.* Fuente: Adler y De la Peña, (2010)

Las Leptospiras tienen una estructura de doble membrana en la cual la membrana citoplasmática y los peptidoglicanos de la pared celular están estrechamente asociados y son superpuestos por una membrana externa, que contiene Lipopolisacáridos (LPS), proteínas estructurales y funcionales. Una gran proporción de estas proteínas son LPS con relativa abundancia en la superficie celular: LipL32, LipL21, LipL41; también contiene proteínas integrales de membrana tales como la porina OMP L1 y el sistema de secreción tipo 2 (T2SS), secretina GspD, de los cuales se ha demostrado que son antigénicos (Adler *et al.*, 2011) (Figura 2). Las LipL21 y LipL41 están ubicadas en la superficie de la membrana exterior, y la LipL36 en el interior de la misma membrana. Las OMPL1 y LipL41 exhiben un sinergismo inmunosupresor según lo indican estudios realizados en hámster (Dey *et al.*, 2004, Haake *et al.*, 2004; Jiménez, 2006).

Se ha descrito que las OMPs en general que están expuestas en la superficie celular y en condiciones de interactuar con el medio ambiente contribuyendo a la patogénesis mediante la interacción con el hospedero, aunque se cree que la

OMP L1 participa en la patogénesis sus funciones todavía no se han determinado (Cullen *et al.*, 2004), así como la secuencia de la diversidad genómica y reactividad inmune cruzada entre diferentes serovares de *Leptospiras* patógenas sigue siendo desconocida (Dong *et al.*, 2008).

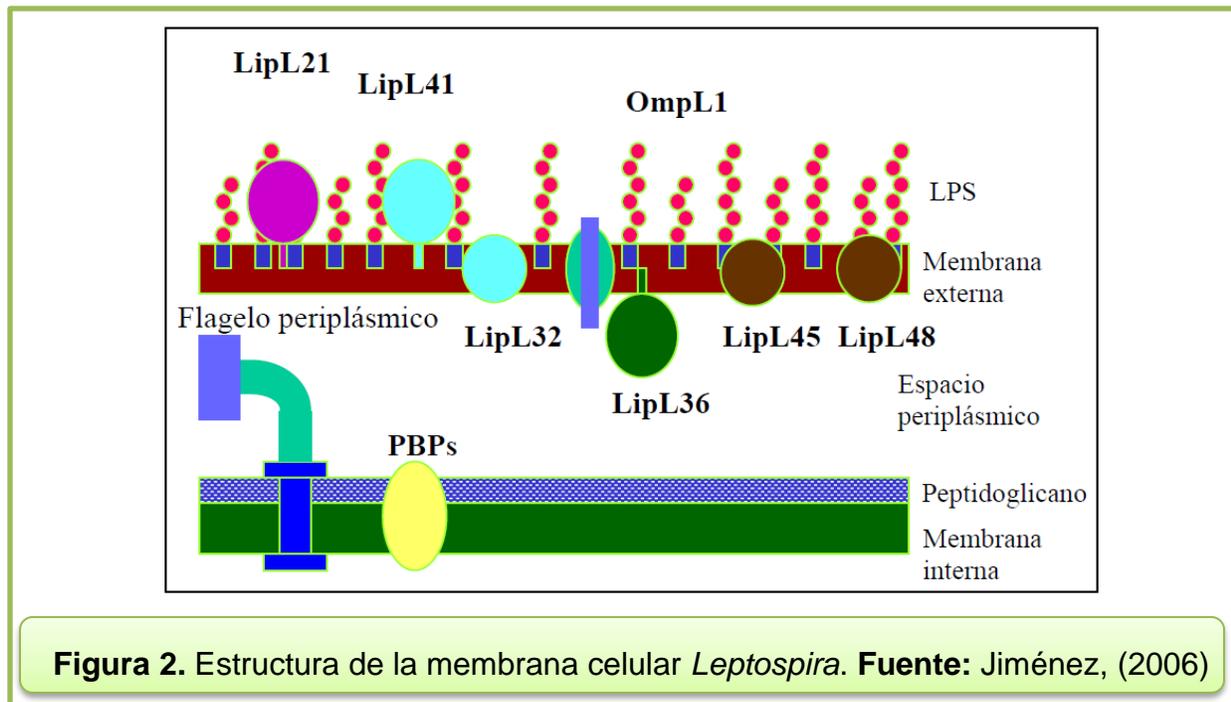


Figura 2. Estructura de la membrana celular *Leptospira*. Fuente: Jiménez, (2006)

En cuanto a la composición genómica de las *Leptospiras* se sabe que su cromosoma se caracteriza por un contenido de Guanina + Citocina de 35-41% en moles, dependiendo de la especie, con un tamaño de genoma de 3.9-4.6 Mb. Actualmente hay seis secuencias del genoma publicados: dos serovares de *L. interrogans* (*laik* y *copenhageni*), dos cepas de *L. borgpetersenii* serovar *hardjo* y dos cepas de *L. biflexa* serovar *patoc*. Los genomas *L. interrogans* y *L. borgpetersenii* tienen dos cromosomas circulares y ambos se caracterizan por un alto grado de plasticidad, con evidencia de reordenación genómica a gran escala (Tabla 1). La diferencia más notable entre *L. interrogans* y *L. borgpetersenii* es que la primera tiene más pseudogenes que la segunda y sus secuencias de inserción, *L. borgpetersenii* es aproximadamente 700 kb más pequeño y tiene una densidad menor de codificación en comparación con *L. interrogans*. Significativamente, la pérdida de la función de genes no es aleatoria, pero está centrada en el deterioro de la detección del medio ambiente y el transporte y utilización de metabolitos.

Estas características distinguen *L. borgpetersenii* de *L. interrogans*, una especie de decadencia genética mínima, y que sobrevive a paso prolongado en ambientes acuáticos que encuentran un hospedero mamífero. Por otro lado con *L. borgpetersenii* se observó que tiene un proceso de evolución hacia la dependencia de un ciclo de transmisión estricto de hospedero a hospedero (Adler y De la Peña, 2010).

Tabla 1. Características esenciales de los genomas de Leptospiras patógenas y saprófitas

Característica	<i>L. borgpetersenii</i>	<i>L. interrogans</i>	<i>L. biflexa</i>
Tamaño (kb)	3931	4627	3956
Número de genes	2844	3379	3590
Codificación de densidad (%)	80	75	92
Número de pseudogenes	368	41	33
Número de transposasas	246	26	9

Fuente: Adler y de la Peña, (2010)

ESPECIES PATÓGENAS Y NO PATÓGENAS

Las Leptospiras patógenas se han incluido en la especie *L. interrogans* (250 serovares y 23 serogrupos), mientras que los serovares de vida libre no patógenos están incluidas en la especie *L. biflexa* (60 serovares) (Rodríguez, 2011). Las especies de Leptospiras consideradas patógenas son: *L. borgpetersenii*, *L. indai*, *L. interrogans*, *L. kirschneri*, *L. noguchii*, *L. santarosai*, *L. weilii* (Rodríguez, 2000), *L. alexanderi*, *L. alstonii* (genomospecies 1), *L. fainei*, *L. licerasiae*, *L. santarosai*, *L. terpstrae* y *L. wolffii* (Adler y De la Peña, 2010); y las consideradas no patógenas son: *L. biflexa*, *L. meyeri*, *L. wolbachii*, *L. yanagawae*, *L. kmetyi*, *L. vanthielii* (Rodríguez, 2000). Se han descrito más de 220 serovares, (en la Tabla 2 se presenta un resumen de los serovares y serogrupos más representativos de *L. interrogans*), así como se ha determinado que la infección se produce por los serovares endémicos de una región o país y su presencia está ligada a los factores medioambientales y ecológicos (Alonso *et al.*, 2001).

Tabla 2. Resumen de los serogrupos y serovares más representativos de la especie *L. interrogans*.

Serogrupo	Serovar más Representativo
Sejroe	<i>hardjo, saxkoebing, sejroe, wolffi</i>
Autumnalis	<i>Autumnalis</i>
Ballum	<i>ballum, castellanis</i>
Bataviae	<i>Bataviae</i>
Canicola	<i>Canicola</i>
Cynopteri	<i>Cynopteri</i>
Grippotyphosa	<i>Grippotyphosa</i>
Hebdomadis	<i>Hebdomadis</i>
Icterohaemorrhagiae	<i>copenhagheni, icterohaemorrhagiae</i>
Javanica	<i>javanica, poi</i>
Louisiana	<i>Louisiana</i>
Mini	<i>Swajizak</i>
Pomona	<i>Pomona</i>
Pyrogenes	<i>Pyrogenes</i>
Sarmin	<i>Sarmin</i>
Australis	<i>australis, Bratislava</i>
Shermani	<i>Shermani</i>
Tarassovi	<i>Tarassovi</i>

Fuente: Alonso *et al.*, (2001).

Actualmente el género se clasifica en 20 genomoespecies (clasificación genotípica) en base al estudio de hibridación del ácido desoxirribunucleico, estas a su vez, se clasifican en especies patógenas y saprófitas mediante la secuenciación del gen 16S rARN (Rivera *et al.*, 2012), Esta clasificación ha sustituido la clasificación fenotípica, en el que un número de genomoespecies incluyen todos los serovares de los géneros *L. interrogans*, *L. biflexa* y *L. kirschneri* (Tabla 3) (Levett, 2001). La comparación de del genoma de estas tres especies reporta la identificación de 2052 genes en común para las mismas, lo cual es un hallazgo que indica un origen común para las Leptospiras saprófitas y patógenas a nivel del núcleo (Figura 2) (Adler y De la Peña, 2010). Las genomoespecies de *Leptospira* no corresponden con las anteriores dos especies identificadas taxonómicamente (*L. interrogans* y *L. biflexa*), y de hecho, se reporta que los serovares patógenos y no patógenos pertenecen a la misma especie (Tabla 4). Así, ni el serogrupo ni el serovar predice con fiabilidad la especie de *Leptospira* (Tabla 5). En conclusión, la reclasificación taxonómica de las

Leptospiras por genotipo correcta y proporciona una base sólida para futuras clasificaciones (Levett, 2001).

Tabla 3. Genomoespecies de *Leptospira* y distribución de serogrupos

Especies	Serogrupos
<i>L. interrogans</i>	Icterohaemorrhagiae, Canicola, Pomona, Australis, Autumnalis, Pyrogenes, Grippotyphosa, Djasiman, Hebdomadis, Sejroe, Bataviae, Ranarum, Louisiana, Mini, Sarmin
<i>L. noguchii</i>	Panama, Autumnalis, Pyrogenes, Louisiana, Bataviae, Tarassovi, Australis, Shermani, Djasiman, Pomona
<i>L. santarosai</i>	Shermani, Hebdomadis, Tarassovi, Pyrogenes, Autumnalis, Bataviae, Mini, Grippotyphosa, Sejroe, Pomona, Javanica, Sarmin, Cynopteri
<i>L. meyeri</i>	Ranarum, Semarang, Sejroe, Mini, Javanica
<i>L. wolbachii</i>	Codice
<i>L. biflexa</i>	Semarang, Andamana
<i>L. fainei</i>	Hurstbridge
<i>L. borgpetersenii</i>	Javanica, Ballum, Hebdomadis, Sejroe, Tarassovi, Mini, Celledoni, Pyrogenes, Bataviae, Australis, Autumnalis
<i>L. kirschneri</i>	Grippotyphosa, Autumnalis, Cynopteri, Hebdomadis, Australis, Pomona, Djasiman, Canicola, Icterohaemorrhagiae, Bataviae, Celledoni, Icterohaemorrhagiae, Sarmin, Javanica, Mini, Tarassovi, Hebdomadis, Pyrogenes, Manhao, Sejroe
<i>L. weilii</i>	Celledoni, Icterohaemorrhagiae, Sarmin, Javanica, Mini, Tarassovi, Hebdomadis, Pyrogenes, Manhao, Sejroe
<i>L. inadai</i>	Lyme, Shermani, Icterohaemorrhagiae, Tarassovi, Manhao, Canicola, Panama, Javanica
<i>L. parva</i>	Turneria
<i>L. alexanderi</i>	Manhao, Hebdomadis, Javanica, Mini

Fuente: Levett, (2001).

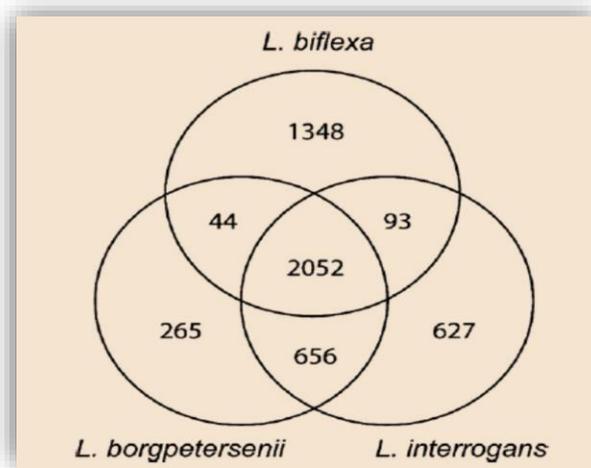


Figura 3. Genoma comparado de *Leptospira* spp. Número de genes individuales y en común entre las especies *L. biflexa*, *L. borgpetersenii* y *L. interrogans*. Fuente: Adler y De la Peña, 2010

Tabla 4. Genomoespecies asociadas con serogrupos

Serogrupo	Genomoespecies
Andamana	<i>L. biflexa</i>
Australis	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. kirschneri</i>
Autumnalis	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. kirschneri</i>
Ballum	<i>L. borgpetersenii</i>
Bataviae	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. Kirschneri</i>
Canicola	<i>L. interrogans</i> , <i>L. inadai</i> , <i>L. kirschneri</i>
Celledoni	<i>L. weilii</i> , <i>L. borgpetersenii</i>
Codice	<i>L. wolbachii</i>
Cynopteri	<i>L. santarosai</i> , <i>L. kirschneri</i>
Djasiman	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i> , <i>L. kirschneri</i>
Grippotyphosa	<i>L. interrogans</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. Kirschneri</i>
Hebdomadis	<i>L. interrogans</i> , <i>L. weilii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. kirschneri</i> , <i>L. alexanderi</i>
Hurstbridge	<i>L. fainei</i>
Icterohaemorrhagiae	<i>L. interrogans</i> , <i>L. weilii</i> , <i>L. inadai</i> , <i>L. Kirschneri</i>
Javanica	<i>L. weilii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. meyeri</i> , <i>L. inadai</i> , <i>L. alexanderi</i>
Louisiana	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i>
Lyme	<i>L. inadai</i>
Manhao	<i>L. weilii</i> , <i>L. inadai</i> , <i>L. alexanderi</i>
Mini	<i>L. interrogans</i> , <i>L. weilii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. meyeri</i> , <i>L. alexanderi</i>
Panama	<i>L. noguchii</i> , <i>L. inadai</i>
Pomona	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. kirschneri</i>
Pyrogenes	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i> , <i>L. weilii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i>
Ranarum	<i>L. interrogans</i> , <i>L. meyeri</i>
Sarmin	<i>L. interrogans</i> , <i>L. weilii</i> , <i>L. santarosai</i>
Sejroe	<i>L. interrogans</i> , <i>L. weilii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. Meyeri</i>
Semaranga	<i>L. meyeri</i> , <i>L. biflexa</i>
Shermani	<i>L. noguchii</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. inadai</i>
Tarassovi	<i>L. noguchii</i> , <i>L. weilli</i> , <i>L. santarosai</i> , <i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. Inadai</i>

Fuente: Levett, (2001).

Tabla 5. Serovares de *Leptospira* que se encuentran en diferentes especies

Serovar	Especies
Bataviae	<i>L. interrogans</i> , <i>L. santarosai</i>
Bulgarica	<i>L. interrogans</i> , <i>L. kirschneri</i>
Grippotyphosa	<i>L. kirschneri</i> , <i>L. interrogans</i>
Hardjo	<i>L. borgpetersenii</i> , <i>L. interrogans</i> , <i>L. meyeri</i>
icterohaemorrhagiae	<i>L. interrogans</i> , <i>L. inadai</i>
Kremastos	<i>L. interrogans</i> , <i>L. santarosai</i>
Mwogolo	<i>L. kirschneri</i> , <i>L. interrogans</i>
Paidjan	<i>L. kirschneri</i> , <i>L. interrogans</i>
Pomona	<i>L. interrogans</i> , <i>L. noguchii</i>
Pyrogenes	<i>L. interrogans</i> , <i>L. santarosai</i>
Szwajizak	<i>L. interrogans</i> , <i>L. santarosai</i>
Valbuzzi	<i>L. interrogans</i> , <i>L. kirschneri</i>

Fuente: Levett, (2001).

FACTORES DE VIRULENCIA

Se refieren a las propiedades que permiten a un microorganismo establecerse en o dentro de un hospedero para mejorar su potencial de causar enfermedad, son toxinas bacterianas, proteínas de la superficie celular que median la adhesión bacteriana, carbohidratos de la superficie celular y proteínas que protegen la bacteria, y las enzimas hidrolíticas que pueden contribuir a la patogenicidad de la bacteria (Chen *et al.*, 2012), es así que las *Leptospiras* patógenas tienen factores de virulencia como endotoxinas, hemolisinas, esfingomielinasa, fosfolipasa y proteínas superficiales de adherencia (Acosta *et al.*, 1994). Las endotoxinas en varios serovares de *Leptospiras* (Levett, 2001), se definen como toxinas termoestables ubicadas en la membrana externa, no son excretadas por las bacterias sino que se liberan cuando las células son disgregadas, son menos tóxicas que las exotoxinas y no forman toxoides (IQB, 2010).

Las hemolisinas que se encuentran en un gran número de serovares de *Leptospira ballum*, *hardjo*, *pomona*, y *tarassovi* se han caracterizado como esfingomielinasas (Adler y de la Peña, 2010), donde las cepas virulentas exhiben quimiotaxis hacia la hemoglobina, en plasma se ha demostrado que previene la hemólisis (Levett, 2001). Una serie de genes que codifican esfingomielinasas son bien asociados al interior celular y zona extracelular; actualmente se ha identificado en diferentes especies de *Leptospiras*, al menos siete genes sphA

similares se detectaron entre las especies patógenas de *Leptospira*, incluyendo un postulado SphH formador de poros hemolisina (Adler y de la Peña, 2010). La actividad de la fosfolipasa C se ha informado en serovar canicola (Levett, 2001).

Las proteínas superficiales de adherencia que se encuentran en la estructura de doble membrana de las *Leptospiras* que constituyen los antígenos principales son similares estructuralmente e inmunológicamente a los lipopolisacaridos (LPS) de los organismos gram negativos. (Adler y de la Peña, 2010). Adicionalmente las *Leptospiras* cuentan con una lipoproteína L32 (LipL32), también conocida como Hap1, que constituye más del 50% de las sub-proteínas de la membrana externa, (lipoproteínas de superficie expuestas), son las proteínas más abundantes en la célula; se encuentran exclusivamente en *Leptospiras* patógenas, se expresan *in vivo* y son altamente inmunogénicas (Adler y de la Peña, 2010). La LipL32 la más importante en la membrana externa, siendo la defensora principal a la respuesta de anticuerpos humanos y animales (Cao *et al.*, 2010), se ha demostrado que se une a varias proteínas de la matriz extracelular, incluyendo laminina, múltiples colágenos y fibronectina, plasminógeno y proteínas plasmáticas, lo cual indica que también puede ser necesaria para la supervivencia en el medio ambiente, aunque todas estas posibilidades siguen siendo tema de estudio (Murray, 2013).

EPIDEMIOLOGÍA

La leptospirosis es considerada una enfermedad reemergente, de distribución mundial, de comportamiento endémico y con brotes en varios continentes (Ochoa *et al.*, 2000). Los reservorios de las *Leptospiras* son atribuidos a una serie de animales salvajes y domésticos donde la serovariedad de la *Leptospira* infectante varía de acuerdo con el animal afectado; sin embargo los serotipos no son necesariamente específicos de una especie animal, porque pueden aparecer en: bovinos con el serovar predominante *shermani* y *pomona*, cerdos con *bratislava* y además de perros con *shermani* y *canicola*. Otros reservorios han sido mencionados como portadores: venados, ciervos, ardillas, zorros, mapaches, marsupiales y leones de mar. Inclusive fueron encontrados anticuerpos en crotálicos y se ha reportado que las variedades que infectan a los reptiles y

anfibios al parecer no infectan al ser humano (Araujo *et al.*, 2010). En conclusión, una o más especies de mamíferos silvestres y domésticos, actúan como hospedadores de cada serovar de *Leptospiras* patógenas, indicando que una especie animal es reservorio de varios serovares y diferentes especies animales son reservorio de un mismo serovar (Alonso *et al.*, 2001). Diferentes estudios demuestran que se han presentado infecciones con *L. interrogans* en animales y en humanos, encontrándose los serovares *L. icterohemorrhagiae*, *L. pomona*, *L. grippityphosa*, *L. canicola*, *L. tarssovi* (Maris y Rango, 2011), *L. hardjo* (Givens, 2008) y *L. ballum* (Pedraza *et al.*, 2012) como las más prevalentes. Debido a esto la enfermedad no puede considerarse o tratarse como un problema individual sino como un problema del hato, o de un grupo de animales de un ecosistema. A medida que la enfermedad se hace endémica la severidad clínica disminuye debido a los mecanismos de resistencia o a la disminución de la patogenicidad del microorganismo, manifestándose como una patología reproductiva en los animales más susceptibles como forma crónica (Alfaro, 2004).

La mayoría de las serovariedades de *Leptospira* están asociadas a una especie animal determinada, por ejemplo: *L. pomona* y *L. interrogans* serovar *hardjo* (Rodning, 2012) asociadas a bovinos y cerdos, *L. grippityphosa* en bovinos y corderos, *L. ballum* y *L. icterohaemorrhagiae* son asociadas a roedores y *L. canicola* en perros (Odriozola, 2001). Las diferentes cepas patógenas de *Leptospiras* afectan potencialmente a un gran número de especies animales, que actúan como hospedador de mantenimiento o accidentales, en función de la adaptación o preferencia del serovar involucrado (Alfaro, 2004) (Tabla 6). Un animal puede estar infectado por serovares mantenidos por su propia especie o serovares mantenidos por otras especies (Rodning, 2012). Se ha observado que algunos animales siendo hospederos naturales de un serovar en particular, generalmente no reflejan o muestran pocos efectos de la enfermedad frente a ese serovar, pero pueden llegar a desarrollar los síntomas de la enfermedad si son infectados con un serovar distinto, esto supone entonces, que la *Leptospira* induce inmunidad de tipo humoral que solo protege frente al serovar infectante, indicando

que estos animales inmunes pueden actuar como fuente de infección (Rodríguez, 2011).

Tabla 6. Diferencias entre hospedador de mantenimiento y accidental

Aspecto	Hospedador de Mantenimiento	Hospedador Accidental
Transmisión de Leptospiras	Frecuente intraespecie	Esporádica intraespecie
Signos de enfermedad aguda	Benignos (agalactia)	Graves: complicaciones hepáticas y renales
Signos de enfermedad crónica	Problemas reproductivos, uveítis	Aparentemente ninguno
Duración de la leptospiruria	Prácticamente toda la vida	Días a semanas
Porcentaje de población seropositiva	Alta, aumenta con la edad de los animales	Baja, No afectada con la edad de los animales
Muestras para el diagnóstico	Rebaño	Animal afectado
EJEMPLOS DE SEROVARES		
Bovinos	<i>hardjo, Pomona</i>	<i>grippityphosa</i>
Porcinos	<i>Bratislava</i>	<i>autumnalis</i>
Perro (enfermedad de Stuttgart)	<i>Canícola</i>	<i>icterohaemorrhagiae</i>
Caballo	<i>Bratislava</i>	<i>pomona</i>
Roedores	<i>Icterohaemorrhagiae</i>	<i>pomona</i>
Ovinos y Caprinos	<i>ballum, hardjo</i>	<i>Pomona</i>
Hombre (enfermedad de Weil)	<i>Icterohaemorrhagiae</i>	Variedad

Fuente: Alfaro, (2004).

Las Leptospiras patógenas (*L. interrogans*) solo se multiplican dentro de los organismos animales por lo que los focos de Leptospirosis precisan de condiciones ambientales favorables para la supervivencia del agente causal en el medio exterior (Araujo *et al.*, 2010). La transmisión de *Leptospira* es tanto horizontal como vertical en los animales y hospedadores de serovares adaptados, (Bermúdez, 2008). Se puede transmitir de forma directa por medio de contacto con orina, descargas uterinas, restos de placenta (después de un aborto), en forma venérea, por vía transplacentaria (infecciones congénitas) (Gasque, 2008), por la

glándula mamaria (Pérez, 1985), o por forma indirecta, por medio del agua de bebida, pastos y/o alimentos. La *Leptospira interrogans*, serovariedad *hardjo*, se excreta por el aparato genital durante el aborto e incluso hasta 8 días después de que se produce el mismo (Gasque, 2008). Entran al hospedador a través de las membranas mucosas o abrasiones dérmicas y difusión hematógona (Murray, 2013). En bovinos la transmisión de serovares como *hardjo* es más frecuente de forma horizontal directa, mientras que la transmisión horizontal indirecta tiene un papel importante en infecciones accidentales, posterior a la exposición del animal a un ambiente contaminado con material infectado por *Leptospira* (Ellis, 1994). Una transmisión por contacto directo puede producirse por muchas maneras, siendo una de las más importantes el ingreso del agente patógeno por vía respiratoria o conjuntival, proveniente de núcleos goticulares formados por la dispersión de la orina de animales infectados (Alonso *et al.*, 2001). La infección se puede dar debido a que muchos hospedadores de mantenimiento de un determinado serovar eliminan gran cantidad de microorganismos en su orina durante un periodo de tiempo prolongado, por lo que las gotículas de orina tendrán una alta concentración de gérmenes y agentes patógenos. Igualmente, también se indica que este hecho, unido a la alta receptibilidad de los hospedadores de mantenimiento a la infección por un serovar adaptado, supone que esta forma de transmisión juega un papel importante (Alonso *et al.*, 2001). Otra forma de transmisión es la indirecta, la cual tiene un papel más representativo en las infecciones accidentales; una forma de transmisión frecuente en el hombre y animales es el contacto de la piel erosionada o mucosas con agua o barro contaminados con orina infectada (Alonso *et al.*, 2001) (Tabla 7).

FALLA REPRODUCTIVA EN BOVINOS

En bovinos la *Leptospira borgpetersenii* Serovar *hardjo*, tipo *hardjo bovis* fue caracterizada como un serovar adaptado y *Leptospira interrogans* Serovar *hardjo*, tipo *hardjo prajitno* de la especie *interrogans* como un serovar no adaptado, estos biotipos (serovar) son muy similares en la inmunogenicidad, no comportándose similarmente en la antigenicidad, resultando indistinguibles en la prueba de

microaglutinación (MAT), a pesar que son molecularmente diferentes (Bermúdez, 2008).

Tabla 7. Hospedadores accidentales y de mantenimiento en animales y el hombre

<i>Leptospira spp.</i>	Hospedador de mantenimiento	Hospedador accidental
<i>hardjo-bovis</i>	Ganado	Ovejas, humanos
<i>hardjo-prajitmo</i>	Ganado	Ovejos, humanos
<i>pomona</i>	Cerdos	Ganado, cerdos
<i>canicola</i>	Perros	Ganado, cerdos
<i>grippotyphosa</i>	Mapaches	Ganado, cerdos
<i>icterohemorrhagiae</i>	Ratas	Ganado, cerdos

Fuente: Ramírez, (2008).

Otros serovares de *Leptospira* no adaptados a los bovinos son *icterohaemorrhagiae*, *canicola* y *grippotyphosa*, los cuales causan signos clínicos similares a los presentados por *L. hardjo* (Rodning, 2012). La *Leptospira borgpetersenii* serovar *Hardjo* Tipo *hardjo-bovis* se reporta con más frecuencia en América y Australia, mientras que *Leptospira interrogans* serovar *Hardjo* Tipo *hardjo-prajitmo* es encontrada más frecuentemente en el Reino Unido y Europa; la infección por *L. borgpetersenii* serovar *Hardjo* Tipo *hardjo bovis* es la causa más común de Leptospirosis bovina en ganado de leche y carne en algunos países del continente americano (Bermúdez, 2008), y se encuentra altamente correlacionada con pérdidas embrionarias en Brasil, Perú y Ecuador (Rodríguez, 2003), Suiza, Australia, México, EE.UU e Irlanda (Ryan *et al.*, 2012).

Cangahuamin en el 2011 realizó un estudio en 138 hembras bovinas con el fin de determinar las principales causas de problemas reproductivos en el estado de Sangolquí, Ecuador; en este estudio se realizaron las pruebas específicas para las diferentes enfermedades así; Brucelosis (Rosa de bengala), DBV (Elisa competitiva); IBR (Elisa competitiva), Leptospirosis (MAT) y Neospora (Elisa competitiva); los parámetros reproductivos evaluados evidenciaron que el 38% de las vacas tenían más de 90 días abiertos y el 8% había presentado aborto; los resultados para las pruebas de laboratorio fueron 0% (Brucelosis), 86% (DVB), 43% (IBR), 5% (Neospora) y 48.3% (Leptospirosis); en el caso de Leptospirosis

los serovares encontrados fueron: *L. bratislava* (48.3%), *L. pomona* (14.4%), *L. icterohaemorrhagiae* (20.1%), *L. grippotyphosa* (1.2%), *L. canicola* (6%) y *L. hardjo* (30.5%). Ryan *et al.*, en 2012 realizaron un estudio poblacional en las hembras bovinas utilizadas como nodrizas en Irlanda, con el fin de determinar por primera vez la seroprevalencia de Leptospirosis, el estudio se realizó en 288 hatos ubicados en todo el país y seleccionados al azar, la prueba serológica empleada fue ELISA (sensibilidad 100% y especificidad 86.67%); el resultado de este estudio indicó una seroprevalencia en el hato e individuo del 82.29% y 41.75% de *L. hardjo* respectivamente para este país. Junqueira *et al.*, (2006) realizaron un estudio con el objetivo de evaluar el rendimiento reproductivo del ganado de carne en Brasil infectado naturalmente con IBR, DVB y *L. hardjo*; los resultados de seroprevalencia fueron 68.3%, 98% y 78.8% respectivamente, de igual forma una presentación del 18.6% de abortos. Otros estudios reportan una seroprevalencia de *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo* del 72% en Inglaterra, 11% en España y 42% en EE.UU (Alonso *et al.*, 2001; Wikse *et al.*, 2007). Rivera *et al.* (2004) reportaron que en la Estación Experimental del Trópico del Centro de Investigaciones (IVITA), en Pucallpa, Perú, el 52.2% de los animales presentaron anticuerpos contra *Leptospira*; donde la *L. hardjo* presentó una prevalencia de 35%, seguida por *L. canicola* y *L. icterohaemorrhagiae* con 14.9% de prevalencia; estas fueron las únicas especies de *Leptospiras* encontradas en este estudio. Grooms, (2006) reportó que en Estados Unidos la seroprevalencia de *L. hardjo* en ganado de leche y doble propósito fue de 35-50%. Estos estudios indican que en el ámbito mundial *Leptospira hardjo* no es el único agente patógeno asociado a las fallas reproductivas y tampoco es la única serovariedad de *Leptospira* encontrada en bovinos.

Los bovinos infectados con *Leptospira hardjo-bovis* presentan infección persistente en los túbulos renales proximales, asociado a la eliminación continua por la orina, y en las infecciones con *L. hardjo-prajitno* se ha reportado que tiene predilección por el tracto genital, considerada como una causa importante de infertilidad en bovinos, en el Reino Unido y Brasil (Givens, 2006). La infertilidad se manifiesta como aumento de los servicios por concepción y prolongados intervalos

entre partos pero la patogénesis no es clara; se cree que la presencia de *Leptospira* en el útero y los oviductos de las vacas infectadas interfiere con la implantación del embrión u otros eventos tempranos de la preñez (Grooms, 2006). En un estudio realizado en vacas infectadas experimentalmente con *L. hardjo* tipo *hardjo bovis* y ovocitos infectados *in vitro* con el mismo serovar, se encontraron títulos de este serovar en orina, tejido renal, líquido folicular y complejo ovocito-cumulus, lo cual indica que las *Leptospiras* pueden infectar el ovario y posteriormente ser transmitidas al oviducto después de la ovulación (Bielanski y Surujballi, 1996). En toros infectados con *hardjo bovis* se ha reportado que el microorganismo persiste en las vesículas seminales, así como los riñones (Givens, 2006).

En transferencia de embriones se demostró que es posible obtener embriones transferibles de vacas infectadas con *hardjo bovis* y de ovocitos expuestos a *hardjo bovis in vitro* si se usan medios de cultivo y de lavado suplementados con niveles adecuados de antibióticos (penicilina y estreptomycin) para el procesamiento de embriones fecundados *in vitro* (Bielanski y Surujballi, 1996).

En Colombia la Leptospirosis no es una enfermedad de notificación obligatoria (Ochoa *et al.*, 2000). En Colombia la seroprevalencia para *Leptospira* en humanos son: *L. icterohaemorrhagiae*, *L. canicola*, *L. pomona*, registrándose una mayor presentación en Atlántico, Bolívar, Tolima, Huila, Quindío; Rodríguez, (2000) reporta que en caninos los serovares más frecuentes son *L. canicola*, *L. pomona*; en porcinos: *L. pomona*, *L. bratislava*, *L. tarassovi*; y en bovinos: *L. hardjo*, *L. pomona*, *L. canicola*, *L. grippotyphosa*. En la región Caribe se reporta una positividad del 38.2%, en Piedemonte Llanero 24.8%, y Región Andina 14.4%; es así como el promedio para el país se estima en 21.7%. El grado de infección por *Leptospira* en bovinos en Colombia es muy alto, probablemente alrededor del 50% (Orrego, 2003). Un estudio realizado por Ochoa *et al.*, (2000) estimó la prevalencia de la infección por *Leptospira* en operarios, bovinos y porcinos de explotaciones ganaderas de la zona Andina Colombiana, el estudio reportó una prevalencia de 22.4% en operarios, 60.9% en las vacas en producción, 10.3% en los cerdos de

ceba y 25.7% en los cerdos de cría ubicados en el departamento de Antioquia (Tabla 8) para este estudio los serotipos más prevalentes fueron *bratislava* (48.3%) y *hardjo* (30.5%). Bermúdez *et al.*, (2010) realizaron un estudio para establecer la seroprevalencia de *Leptospira spp.* en la población canina y humana de algunos barrios de Tunja, reportan encontrar una seropositividad del 67.2% en caninos y 27.1% en humanos, en los dos grupos se reportaron la presencia de *L. hardjo* con una seroprevalencia de 9.85% en caninos y 2.17% en humanos. Estos estudios indican que en Colombia la seroprevalencia para *Leptospira* en bovinos oscila entre un 50% y 60.9%, en humanos es en promedio 22%, en caninos el 67.2% y en cerdos oscila entre 10.3% y 25.7% (Ochoa *et al.*, 2000; Rodríguez, 2000; Orrego, 2003; Bermúdez, 2010).

Tabla 8. Porcentaje de individuos positivos a los diferentes serotipos de *Leptospira* en vacas en producción y en operarios de granjas en Antioquia

Especie	Serotipos					
	bratislava (%)	hardjo (%)	icterohaemorrhagiae (%)	pomona (%)	canicola (%)	grippityphosa (%)
Bovinos	84 (48,3)	53 (30,5)	35 (20,1)	25 (14,4)	10 (6,0)	2 (1,2)
Operarios	4 (6,0)	3 (4,5)	1 (1,5)	9 (13,5)	0	0

Fuente: Ochoa *et al.*, (2000).

En un hato de ganado los factores de riesgo para una Leptospirosis debido a *L. hardjo* incluyen: grandes tamaños del hato, co-pastoreo con ganado infectado u ovejas, acceso del ganado a los cursos de agua contaminados, inadecuadas prácticas de manejo y el reemplazo de animales de vientre. Pero estos factores pueden variar mucho en diferentes partes del mundo, por ejemplo, en EE.UU., la mayor probabilidad de infección con *L. borgpetersenii* serovar *hardjo* fue en estados con altas temperaturas medias anuales y largos periodos de cría; en Rio de Janeiro, el principal factor fue el co-pastoreo con otras especies, cerdos principalmente y en Irlanda, el principal factor fue las grandes agrupaciones de ganado (Ryan *et al.*, 2012). En Colombia los serovares de *Leptospira* han sido *L. hardjo*, *L. pomona*, *L. canicola*, *L. grippityphosa* (Rodríguez, 2000).

Los animales que se recuperan de la leptospirosis pueden convertirse en portadores asintomáticos portadores de *Leptospiras* virulentas en los túbulos renales durante largos períodos y liberar *Leptospiras* infecciosas en el medio ambiente; otras especies como el ratón (*Mus musculus*) y ratas (*Rattus norvegicus* y principalmente *Rattus rattus*) sirven como reservorios para sus propios serovares (para ratones *ballum*, *icterohaemorrhagiae* y para ratas *copenhageni*); estos animales por lo general, no muestran signos de la enfermedad (Adler y De la Peña, 2010); pero su importancia radica en que las *Leptospiras* tienen la capacidad de ubicarse en los túbulos renales ya que atraviesa los espacios intertubulares y las células epiteliales de los túbulos, ingresando finalmente en la luz tubular; allí forman microcolonias que se multiplican y finalmente se eliminan por orina (Odriozola, 2001), estas características hacen a las *Leptospiras* inaccesibles a los anticuerpos, siendo eliminadas en la orina hasta dos o más años, convirtiéndose el animal infectado en la principal fuente de infección para los animales susceptibles. El serovar *hardjo* puede persistir durante 97 hasta 142 días en el útero de vacas sexualmente maduras (Lopes *et al.*, 2010). La tasa de mortalidad es baja en bovinos (5%), la morbilidad suele ser elevada, según datos clínicos y serológicos, pudiendo llegar a 100% de los animales expuestos. En los terneros, la mortalidad es mayor que en los adultos.

Las cifras de abortos (que llegan a un 30%), el descenso de la producción de leche y la muerte de bovinos, elevan las pérdidas económicas (Gasque, 2008). Aunque Adler *et al.*, (2011) reportan que *L. hardjo* nunca causa Leptospirosis fatal, en un estudio a gran escala en Canadá, el serotipo *hardjo-bovis* fue el más prevalente, donde el serovar *hardjo* causó alrededor de un 6% de los abortos, mientras que, en un estudio en EE.UU. se atribuyó como la causa del 10% de los abortos (Grooms, 2006).

RESPUESTA INMUNE

La mayoría de las especies animales presentan inmunidad humoral contra la Leptospirosis, esta puede ser conferida a través de la transferencia pasiva de anticuerpos; estos anticuerpos protectores están dirigidos principalmente contra

los lipopolisacáridos, presentando un problema para el desarrollo de las vacunas con protección cruzada ya que hay más de 220 serotipos diferentes de *Leptospira spp.* Estos anticuerpos pueden opsonizar células para ser fagocitadas. En los bovinos la respuesta inmune se diferencia de otras especies por la relación entre la respuesta Th₁ mediada por la producción de IFN- γ a partir de células T CD₄ gamma/delta (Murray, 2013). La inmunidad adquirida naturalmente ocurre en función de la respuesta humoral mediada, siendo a su vez específica al serovar. El desarrollo de la respuesta humoral se encuentra relacionada por la activación del mecanismo dependiente de los receptores *Toll-like* tipo 2 (TLR-2), vía sistema inmune innato que es activado por los LPS Leptospíricos. Las Leptospiras pueden activar la proliferación de células T γ - δ - α - β (gamma, delta, alfa, beta) (Marinho, 2008).

FISIOPATOLOGÍA DE LA ENFERMEDAD

Después de penetrar por la piel o por la mucosa, el microorganismo tiene un periodo de incubación de 4 a 10 días, en el cual se multiplica rápidamente y se disemina en ciertos órganos como hígado, riñones, pulmones, tracto reproductor (placenta) y líquido cefalorraquídeo (Gasque, 2008), las lesiones debido a la acción de las toxinas o componentes celulares tóxicos generan la aparición de síntomas consiguientes. La lesión primaria es el daño al endotelio de los vasos sanguíneos pequeños que conducen a isquemia localizada en los órganos, lo que resulta en la necrosis tubular renal, daño hepatocelular y pulmonar, meningitis, miositis y placentitis, las hemorragias se producen en casos graves como ictericia, y con frecuencia, la deficiencia de plaquetas, generalmente hay una granulocitosis leve y esplenomegalia, una vez que aparecen los anticuerpos circulantes, las Leptospiras se eliminan de la circulación y los tejidos por opsonofagocitosis. El daño en los tejidos, a pesar de que es grave, puede ser reversible y seguido por la reparación completa (riñón e hígado), aunque el daño de larga duración (miocarditis) puede ser una complicación y puede conducir a la cicatrización (Adler y de la Peña, 2010).

Forma aguda

Durante el periodo temprano de septicemia puede producirse suficiente hemolisina para causar hemoglobinuria, producto de la hemólisis intravascular extensa, esto es frecuente en terneros, no así en animales adultos. Si el animal sobrevive a esta fase, es probable el inicio de un proceso infeccioso en el riñón. El hecho de que se produzca o no hemólisis, depende de que el serotipo particular produzca hemolisina. El daño capilar es común a todos los serotipos y, durante la fase septicémica, las hemorragias petequiales en la mucosa constituyen la expresión de ese daño. Por otra parte, también ocurre daño vascular en el riñón cuando la hemólisis es intensa, se suman a esta lesión vascular básica, anemia, nefrosis y hemoglobinuria. La lesión renal se debe a que la infección persiste en este órgano tiempo después de haber desaparecido en otras localizaciones tisulares. En la fase aguda, el animal puede morir de septicemia, anemia hemolítica o por combinación de ambas. La muerte se deberá a una uremia causada por nefritis intersticial.

Forma subaguda (infección oculta)

La patogenia es similar a la forma de septicemia aguda, excepto porque la reacción es menos grave. Se observa en todas las especies, pero es más común entre bovinos y equinos adultos.

Forma crónica

Una secuela frecuente, después de la invasión generalizada, es el aborto provocado por la muerte del feto, con degeneración placentaria o sin ella, en ambos casos, se trata de los efectos resultantes de la invasión al órgano (Figura 4) durante la fase septicémica de la enfermedad. Por lo general, los abortos se presentan de 3 a 10 semanas post-infección (Rodning, 2012), con mayor frecuencia en la segunda mitad de la preñez, pero puede ocurrir en cualquier momento, a partir de los cuatro meses de la gestación (Gasque, 2008). Aunque el aborto ocurre frecuentemente en bovinos y equinos después de la forma aguda o

subaguda, también es posible que se produzca sin enfermedad clínica previa (Bermúdez, 2008).



Figura 3. Cotiledones inflamados de una placenta. **Fuente:** Gasque, (2008).

El agente etiológico se puede localizar directamente en la placenta después de una infección sistémica, también se encuentra en la trompa uterina descendiendo al útero y la placenta durante el embarazo, ocasionando placentitis crónica cotiledonaria fibrosante y anemia, causando emaciación fetal (Bermúdez, 2008).

Los cotiledones se observan de color marrón claro y edematosos y las áreas intercotiledonarias amarillentas, el feto muere debido a la placentitis y posterior avascularización de los cotiledones (Merck, 2013). Las sustancias tóxicas liberadas por los anticuerpos como método de defensa causan lisis de los eritrocitos y presumiblemente atraviesan la barrera placentaria produciendo la muerte fetal por anoxia terminando en aborto (Rodríguez *et al.*, 2005). Este aborto se da 1 a 2 días después de la muerte fetal (Merck, 2013).

CONSIDERACIONES FINALES

Según los estudios realizados a nivel mundial, se puede decir que *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo*, tipo *hardjo bovis* y *Leptospira interrogans* serovar

hardjo, tipo *hardjo prajitmo* no son los únicos serovares asociados a la Leptospirosis bovina, pues se ha reportado la presencia de serovares como *L. icterohaemorrhagiae*, *L. canicola*, *L. grippotyphosa*, *L. bratislava* y *L. pomona*, los cuales pueden presentar síntomas similares a los generados por *L. hardjo*, es de anotar que la Leptospirosis no es la única enfermedad que causa falla reproductiva, pues también se reporta DVB, IBR, neosporosis y brucelosis.

El reporte del hallazgo de los diferentes serovares de Leptospiras en bovinos puede ser debido a que la transmisión del agente patógeno es de forma horizontal directa o indirecta, y a que la multiplicación en los órganos dependa de las condiciones ambientales adecuadas, de esta manera se pueden presentar focos de Leptospirosis si se tiene animales en grandes condiciones de confinamiento, pastoreo con otras especies animales como ovejas, aguas contaminadas, inadecuado control de los vientres de reemplazo al momento de ingresar a la explotación, ubicación en zonas tropicales con altas temperaturas, animales recuperados de la misma enfermedad que permanecen como portadores de la enfermedad.

Finalmente, gran parte del control de la enfermedad depende del profesional a cargo de la explotación, por ello es importante que las personas relacionadas con estas producciones tengan pleno conocimiento, ya que no puede tratarse como un problema individual sino como un problema del hato. También cabe resaltar que a medida que la enfermedad se hace endémica la severidad clínica disminuye gracias a la inmunidad y a los mecanismos de resistencia frente a la patogenicidad del microorganismo y que se puede presentar en asociación con otras enfermedades reproductivas.

Los estudios realizados para determinar las características genóticas de los serovares de Leptospiras indican que estas especies sufren cambios evolutivos como respuesta al ciclo de transmisión de hospedero a hospedero, esto indica que es necesario el continuo estudio de los serovares para controlar la presencia de una nueva genomoespecie.

No es correcto clasificar las especies de *Leptospiras* patógenas y saprófitas en los grupos *interrogans* y *biflexa* respectivamente, ya que se encuentran serovares patógenos entre los anteriormente clasificados en la especie *biflexa* y viceversa. Se puede encontrar un mismo serovar en diferentes especies animales domesticas o silvestres, así como en una sola especie animal se pueden encontrar diferentes serovares de *Leptospiras*.

Un animal puede estar infectado por serovares de *Leptospiras* mantenidos por su propia especie o por otras especies, indicando que la transmisión de estos agentes puede ser tanto horizontal como vertical, en la misma especie o en especies diferentes.

Algunos biotipos son similares en la inmunogenicidad, pero no se comportan similarmente en la antigenicidad, lo que los hace indistinguibles en la prueba de microaglutinación (MAT), a pesar de ser molecularmente diferentes. Las *Leptospiras* inducen inmunidad de tipo humoral, ya que se ha observado que algunos animales siendo hospederos naturales de un serovar en particular no muestran efectos de la enfermedad, pero pueden llegar a desarrollar los síntomas de la enfermedad si son infectados con un serovar distinto, demostrando que la inmunidad solo protege frente al serovar natural, indicando que estos animales inmunes frente a determinado serovar pueden actuar como fuente de infección del mismo.

Los factores de riesgo para una Leptospirosis por *L. hardjo* incluyen: grandes tamaños del hato, co-pastoreo con ganado infectado u ovejas, acceso del ganado a aguas contaminadas, inadecuadas prácticas de manejo, el reemplazo de animales de vientre, altas temperaturas medias anuales y largas temporadas de cría.

Los animales que se recuperan de la Leptospirosis pueden convertirse en portadores asintomáticos de *Leptospiras* virulentas en los túbulos renales durante largos períodos y así liberar *Leptospiras* infecciosas en el medio ambiente. En la fase aguda de la Leptospirosis, el animal puede morir de septicemia, anemia

hemolítica o por combinación de ambas, la muerte se deberá a una uremia causada por nefritis intersticial. El aborto se produce gracias a la anoxia fetal producida por la placentitis como resultado de las toxinas liberadas por los anticuerpos como método de defensa, los cuales causan lisis de los eritrocitos que posteriormente atraviesan la barrera placentaria, el aborto se presenta de 1 a 2 días después de la muerte fetal.

CONCLUSIONES

Actualmente la Leptospirosis continúa siendo una enfermedad zoonótica y distribuida mundialmente, reportándose recientemente en Irlanda, serovares en humanos y animales, también se continúan estudios donde se determina la seropositividad a diferentes serovares de *Leptospira* en humanos y animales silvestres y domésticos en países como Brasil, EE.UU, Ecuador, Inglaterra, España, Perú, Colombia, Suiza, Australia, México entre otros, lo cual refuerza el concepto de enfermedad zoonótica de gran importancia a nivel mundial.

Según las características genotípicas o fenotípicas las Leptospiras pueden estar clasificadas en especies como: *L. interrogans* y *L. biflexa* (por sus características fenotípicas), ó en tres genomoespecies: *L. interrogans*, *L. biflexa* y *L. kirschneri* (por sus características genotípicas). Los serovares más prevalentes son *L. icterohemorrhagiae*, *L. pomona*, *L. grippotyphosa*, *L. canicola*, *L. tarssovi*, *L. hardjo* y *L. ballum*.

En los bovinos la *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo*, tipo *hardjo bovis* es un serovar adaptado, y la *Leptospira interrogans* serovar *hardjo*, tipo *hardjo prajitno* de la especie *interrogans* no es el único agente patógeno asociado a las fallas reproductivas y tampoco es la única serovariedad de *Leptospira* encontrada en bovinos. La Leptospirosis por *L. borgpetersenii* serovar *hardjo* tipo *hardjo bovis* es la causa más reportada en ganado de leche y carne en algunos países del continente americano y se encuentra relacionada pérdidas embrionarias en Brasil, Suiza, Australia, México, EE.UU e Irlanda.

Los serovares encontrados en Colombia son *L. icterohaemorrhagiae*, *L. canicala*, *L. pomona*, *L. bratislava*, *L. tarassovi*, *L. grippotyphosa*; reportados en humanos, porcinos y bovinos, en las zonas del piedemonte llanero y región andina, con un promedio estimado de 21.7%.

La *Leptospira interrogans*, serovariedad *hardjo*, se excreta por el aparato genital bovino durante el aborto e incluso hasta 8 días después del mismo y puede persistir durante 97 a 142 días en el útero de vacas sexualmente maduras. En bovinos la transmisión de *L. hardjo* es más frecuente de forma horizontal directa, mientras que la transmisión indirecta tiene un papel importante en infecciones accidentales, posterior a la exposición del animal a un ambiente contaminado con material infectado por Leptospiras.

En Colombia la seroprevalencia para *Leptospira* en bovinos oscila entre un 50% y 60.9%, en humanos es en promedio 22%, en caninos el 67.2% y en cerdos oscila entre 10.3% y 25.7%. La forma de transmisión más frecuente del animal al hombre es el contacto de la piel erosionada o mucosas con agua o barro contaminados con orina infectada.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta H., Moreno C., Viáfara D. Leptospirosis. Revisión del tema. Colombia Médica, 8 (25): 36-42. 1994.
2. Adler B., de la Peña A. Leptospira and Leptospirosis. Veterinary Microbiology, 140 (3-4): 287-296. 2010.
3. Adler B., Lo M., Seemann T., Murray G. Pathogenesis of Leptospirosis: The influence of genomics. Veterinary Microbiology, 153 (1-2): 73-81. 2011.
4. Alfaro C., Aranguren Y., Clavijo A. Epidemiología y diagnóstico de la Leptospirosis como fundamentos para el diseño de estrategias de control. Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela, Ceniap, Vol. 6. 2004. Disponible En: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n6/arti/alfaro_c/arti/alfaro_c.htm
5. Alonso A., García P., Ortega M. Epidemiología, diagnóstico y control de la Leptospirosis bovina (Revisión). Investigación Agropecuaria: Producción Sanidad Animal, 16 (2): 205-225. 2001.
6. Araujo M., Suarez V., Gómez J., Céspedes M. Morales A. Leptospirosis. Of. Generalidades de Epidemiología. Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú. 2010.
7. Bermúdez V. Importancia del control de *Leptospira borgpetersenii* serovar *hardjo* tipo *hardjo* bovis en el rebaño bovino. En: Desarrollo Sostenible De Ganadería Doble Propósito, p 270-280. 2008.

8. Bermúdez S., Pulido M., Andrade R. Seroprevalencia de *Leptospira* spp en caninos y humanos de tres barrios de Tunja, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 15 (3): 2185-2193. 2010.
9. Bielanski A., Surujballi O. Association of *Leptospira borgpetersenii* serovar hardjo type hardjo bovis with bovine ova and embryos produced by in vitro fertilization. *Theriogenology*, 46: 45-55. 1996.
10. Cangahuamin R. Diagnóstico de problemas reproductivos en hembras bovinas de la comunidad San Francisco de Toacazo. Sangolquí, Ecuador. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Agropecuario, Escuela Politécnica del Ejército, 91 p. 2011.
11. Cao X., Dai J., Xu H., Nie S., Chang X., Hu B. Y. *et al.* High-Coverage proteome analysis reveals the first insight of protein modification systems in the pathogenic spirochete *Leptospira interrogans*. *Cell Research*, 20 (2): 197-210. 2010.
12. Chen L., Xiong Z., Sun L., Yang J., Jin Q. Vfdb Toward the genetic diversity and molecular evolution of bacterial virulence factors. *Nucleic Acids Research*, 40: 641-645. 2012.
13. Cullen P., Haake D., Adler B. Outer membrane proteins of pathogenic spirochetes. *Revista Microbiology FEMS*, 28 (3): 291-318. 2004.
14. Dey S., Madhan C., Mohan S., Kumar T., Ramadass P., Naimar A., Nachimuthu K. Recombinant LipL32 antigen-based single serum dilution ELISA for detection of canine Leptospirosis. *Veterinary Microbiology*, 103 (1-2): 99-106. 2004.
15. Dong H., Hu Y., Xue F., Sun D., Ojcius D. M., Mao Y. *et al.* Characterization of the ompL1 gene of pathogenic *Leptospira* species in China and cross-immunogenicity of the OmpL1 protein. *BMC Microbiology*, 8 (223). 2008. Disponible En: <http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2180-8-223.pdf>
16. Ellis W. Leptospirosis como causa de una falla reproductiva. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.*, 10: 463-478. 1994.
17. Gasque G. R. Enciclopedia Bovina. Enfermedades de los Bovinos. Leptospirosis. 2ª Ed. Universidad Nacional Autónoma de México. 168 p. 2008.
18. Givens D. A clinical, evidence based approach to infectious causes of infertility in beef cattle. *Theriogenology*, 66 (3): 648-654. 2006.
19. Grooms D. L. Reproductive losses caused by bovine viral diarrhea virus and leptospirosis. *Theriogenology*, 66 (3) 624-628. 2006.
20. Haake D., Suchard M., Kelley M., Dundoo M., Alt D., Zuerner R. Molecular evolution and mosaicism of Leptospiral outer membrane proteins involves horizontal DNA Transfer. *Journal of Bacteriology*, 186 (9): 2818-2828. 2004.
21. IQB. Diccionario Medico. Recuperado Marzo, 2013. Disponible En: www.iqb.es/Dicaio/E/En
22. Jiménez L. Revisión actualizada sobre métodos de identificación y diagnóstico de leptospirosis en bovinos. Tesis de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2006.
23. Junqueira R., de Freitas J., Alfieri A., Alfieri A. Avaliação do desempenho reprodutivo de um rebanho bovino de corte. *Semina: Ciências Agrárias*, 27 (3): 471-480. 2006.
24. Laguna V. Leptospirosis. Módulos Técnicos. Oficina general de Epidemiología, Instituto Nacional de Salud. Serie Documentos Monográficos, N. 2. Lima, 2000.
25. Levett P. Leptospirosis. *Clinical Microbiology Reviews*, 14 (2) 296-326. 2001.
26. Lopes L., Oliveira A., Melo C., McManus C., Leite R. Efeito da infecção por *Leptospira Sp.* na eficiência reprodutiva de um rebanho bovino mestiço no sul da Bahia. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária*, 32 (2): 51-54. 2010.
27. Marinho, M. Leptospirose: Factores epidemiológicos, fisiopatológicos e imunopatogénicos. *Revista Veterinária e Zootecnia*, 15 (3): 428-434. 2008.

28. Maris S., Rango M. Leptospirosis: Revisión del tema a propósito de dos casos. *Revista Biomedicina, Medicina de Emergencia*, 6 (2): 38-49. 2011.
29. Merck. *The Merck Veterinary Manual*. Aborto en ganado. Editorial Staff. 2013.
30. Murray G. The Lipoprotein Lipl32, an enigma of Leptospiral Biology. *Veterinary Microbiology*, 162 (2-4): 305-314. 2013.
31. Ochoa J. E., Sánchez A., Ruiz I. Epidemiología de la Leptospirosis en una zona andina de producción pecuaria. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 7 (5): 325-331. 2000.
32. Odrizola, E. Leptospirosis. Grupo de Sanidad Animal, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce Inta. 2001. Disponible En: http://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_reproduccion/62-leptospirosis.pdf
33. Orrego A. Epidemiología y diagnóstico de la Leptospirosis bovina. Manejo integrado de plagas y enfermedades en explotaciones ganaderas. Fedegan. 2003.
34. Pérez M. Las más importantes enfermedades genitales de los bovinos (profilaxis, tratamiento, higiene de la recogida del esperma). *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 4 (1): 89-109. 1985.
35. Pedraza A., Salamanca E., Ramírez R., Ospina J., Pulido M. Seroprevalencia de anticuerpos anti-*Leptospira* en trabajadores de plantas de sacrificio animal en Boyacá, Colombia. *Infectio*, 16 (1): 30-36. 2012.
36. Rodning S. Leptospirosis in Cattle. *Revista Alabama A&M and Auburn Universities*. Revised March. 2012.
37. Rodríguez G. Estado actual de la Leptospirosis. *Revista MVZ Córdoba*, 5 (1): 61-63. 2000.
38. Rodrigues C., Mortalidade Embrionária / Fetal em Programas de TE (Moet). *Revista Brasileira de Reproducao Animal*, 27 (2): 64-68. 2003.
39. Rodríguez O., Cuenca J., Tabarez E., Perez R. *Leptospira Interrogans*. Monografía. 2005. Disponible En: <http://www.monografias.com/trabajos25/leptospira-interrogans/leptospira-interrogans.shtml>
40. Rodríguez I. El Concepto Serovar en *Leptospira* (The concept serovar in *Leptospira*). *Revista Electrónica REDVET*, 12 (7): Art. 7. 2011.
41. Rivera P., Ticlla M., Balda L., González D., Céspedes M. Diversidad genética de aislamientos peruanos de *Leptospira* spp. mediante electroforesis en gel de campo pulsado. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*. 29 (4): 469-476. 2012.
42. Ryan E., Leonard N., O'Grady L., Doherty M., More S. Herd-level risk factors associated with leptospira hardjo seroprevalence in beef / suckler herds in the Republic of Ireland. *Irish Veterinary Journal*, 65: Art. 6. 2012.
43. Ryan E., Leonard N., O'Grady L., More S. J., Doherty M. L. Seroprevalence of *Leptospira hardjo* in the Irish suckler cattle population. *Irish Veterinary Journal*, 65: Art. 8. 2012.
44. Wikse S., Rogers G., Ramachandran S., Engelken T., Epperson W., Larson R., Maas J., Richey E., Bolin C. Herd prevalence and risk factors of *Leptospira* infection in beef cow/calf operations in the United States: *Leptospira borgpetersenii* serovar hardjo. *bovine practitioner*, 41 (1): 15-23. 2007.
45. Zuino E., Pizarro R. Leptospirosis: Puesta al día. *Revista Chilena de Infectología*, 24 (3): 220-226. 2007.

Prevalencia de mastitis subclínica en sistemas de producción bovina doble propósito de la vereda Matepiña del municipio de Arauca

Prevalence of subclinical mastitis in production systems dual purpose cattle in Matepiña village, Arauca, Colombia

Mojica J.A.¹ y Jaramillo Dumar Alexander²

¹MVZ. Práctica privada – Arauca y ²Profesor Clínica de Grandes Animales, Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de los Llanos. Grupo de Investigación en Farmacología Experimental y Medicina Interna – ÉLITE

dumar.jaramillo@unillanos.edu.co

Recibido 12 de Diciembre 2013, Aceptado 11 de Agosto 2014

RESUMEN

En el Departamento de Arauca y específicamente en el municipio de Arauca, no se han realizado los suficientes trabajos de investigación sobre mastitis en sistemas de producción bovina, es necesario que la región se entere del estado y calidad de la leche ya que esto afecta directamente la salud y el estado de la ganadería en general, por esta razón se realizó esta investigación en la vereda Matepiña, la cual está conformada por 10 fincas que han venido implementando importantes paquetes tecnológicos fortaleciendo la ganadería de la región. Esta vereda cuenta con 2810 cabezas de ganado de las cuales 830 son hembras y 240 se encuentran en producción. Se realizó la prueba de California Mastitis Test (CMT), se determinó que la prevalencia de mastitis es de 54.6% además se aislaron los agentes etiológicos presentes en las ubres positivas a la prueba CMT. Se estableció que el principal agente patógeno de los 247 cuartos mamarios positivos aislados en el laboratorio fue *Staphylococcus aureus* con 43.72% correspondiente a 108 cuartos mamarios infectados. El segundo agente patógeno en 82 cuartos fue *Staphylococcus epidermis* con 33.20%, le sigue *Corynebacterium bovis* con 19 cuartos siendo 7.70% de las muestras positivas. Posteriormente en 17 cuartos se observó *Streptococcus agalactiae* (6.89%) en 11 cuartos *Corynebacterium pyogenes* (4.45%) y se aislaron en menor proporción

Streptococcus disgalactiae (2.83%) y *Escherichia coli* en siete y tres cuartos respectivamente. Se pudo estipular al igual que en otras investigaciones que las fincas con alta prevalencia de mastitis subclínica, tienen grandes problemas de manejo. La mastitis es una enfermedad para prevenir, no para tratar, puesto que se puede controlar, teniendo en cuenta que es primordialmente un problema de manejo, por lo que se deben hacer grandes esfuerzos para evitarla, mediante medidas sanitarias en las fases de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño, debido a que son puntos críticos del proceso por el alto riesgo de contagio entre animales afectados y sanos, reduciendo el número de casos de mastitis clínica o sub clínica en un hato.

Palabras clave: Leche, mastitis subclínica, agentes patógenos.

ABSTRACT

In Arauca Department, specifically in the town of Arauca, have not done enough research on mastitis in cattle production systems, it is necessary that the region of the state and hears milk quality as this directly affects the health and status of livestock in general, for this reason this research was conducted in Matepiña path, which consists of 10 farms that have been implementing major technological packages strengthening livestock in the region. This trail has 2810 head of cattle of which 830 are females and 240 are in production. Proof of California Mastitis Test (CMT) was performed, it was determined that the prevalence of mastitis is 54.6% plus etiologic agents in the positive to the CMT test udders were isolated. It was established that the principal agent of the 247 positive mammary quarters isolated in the laboratory was *Staphylococcus aureus* with 43.72% corresponding to 108 infected mammary quarters. The second pathogen was *Staphylococcus epidermis* 82/4 with 33.20%, followed by *Corynebacterium bovis* was found in 19 quarters being 7.70% of the positive samples. Subsequently, at 17 quarters *Streptococcus agalactiae* (6.89%), *Corynebacterium pyogenes* in 11 quarters (4.45%) and isolated lesser proportion *Streptococcus disgalactiae* and *Escherichia coli* of seven and three quarters which corresponds to 2.83% and 1.21% respectively. It could stipulate as in other research that farms with a high prevalence of subclinical

mastitis, have great management problems. Mastitis is a disease to prevent, not to try, since you can control considering that it is primarily a management problem, so that should make great efforts to avoid it, by sanitary measures in the phases of pre-milking, milking and post-milking, because they are critical of the process by high risk of infection among animals affected and healthy, reducing the number of cases of clinical mastitis in a herd sub clinical.

Keywords: Milk, subclinical mastitis, pathogens.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Arauca está ubicado en la región de la Orinoquia, zona ecuatorial, caracterizado por una topografía plana típica de la llanura, con preponderancia de sabana y con escasas apariciones de bosques de galería y matas de monte, altura al nivel del mar de 125 metros, con paisaje geomorfológico de llanura (CIPAV, 2008), temperatura promedio de 30°C, presenta dos estaciones climatológicas muy bien marcadas y antagónicas: período seco o verano (Diciembre a Abril) y lluvias o invierno (Mayo a Noviembre) y tiene una población ganadera estimada en 787.931 cabezas de ganado (ICA, 2008) (Tabla 1).

El Municipio de Arauca es la capital del departamento y tiene una extensión de 584.126 km², de los cuales el casco urbano posee 2.052 km² y la zona rural consta de 582.074 km² (Gobernación de Arauca, 2012). Por ser este municipio su capital se concentra el mayor número de población ganadera, y el bastión ganadero de la región, se determinó realizar este trabajo investigativo, además cuenta con 52 veredas, para este trabajo se escogió la vereda Matepiña por ser una vereda cercana al casco urbano, además allí se ha venido implementando paquetes tecnológicos y fortalecimiento de la ganadería tanto de carne como de leche, siendo esta labor la principal fuente de ingresos de los pobladores de esta región.

La vereda Matepiña tiene una extensión de 11.520 km², está conformada por 10 fincas y aproximadamente 122 habitantes y se dedican a la producción de leche, cría y levante de ganado, su población ganadera (Figura 1) está estimada en

2.810 cabezas (mestizo-puro), de los cuales 1.980 son machos y 830 son hembras (ICA, 2008). Cada finca cuenta con corral de ordeño y con personal para estas labores, que varía en 3 y 4 personas por finca, quienes se encargan en las horas de la tarde del día anterior, de separar las crías de las madres en 2 corrales diferentes, y en la mañana en la jornada de ordeño, después de restringir a las madres, permiten que las crías se alimenten un poco, estimulando las glándulas mamarias y posteriormente proceden a realizar el ordeño, que para todas las fincas se realiza de forma manual, luego las crías se llevan con sus madres, a un corral de pastoreo y suplementación con sal mineralizada, pasto de corte, maíz y residuos de cultivos de plátano (esta actividad es igual para todas las fincas).



Figura 1. La vereda Matepiña está conformada por 10 fincas que se dedican a la producción de leche, cría y levante de ganado.

Fotografía: Grupo de Investigación en Agroforestería

La mastitis bovina es la patología de mayor incidencia en los hatos ganaderos, doble propósito tipo leche, ocasionando grandes pérdidas económicas (Bedolla, 2008), la mastitis subclínica es la forma que puede perdurar por más tiempo y precede a las formas clínicas y crónicas, se caracteriza por reducir

progresivamente la producción de leche y alterar su composición química, donde la glándula mamaria y la leche producida pueden tener apariencia normal a pesar de estar afectadas con esta enfermedad.

Tabla 1. Población ganadera del departamento de Arauca

Municipio	Machos	Hembras	Total
Arauca	109.950	105.050	215.000
Saravena	51.300	23.200	74.500
Tame	97.500	110.000	207.500
Arauquita	58.650	56.350	115.000
Fortul	47.285	24.715	72.000
Cravo Norte	17.316	12.684	30.000
Puerto Rondon	37.108	36.823	73.931
Total	419.109	368.822	787.931

Fuente: ICA, (2008). (Segundo ciclo de vacunación).

En Arauca (Arauca), no se han realizado los suficientes trabajos de investigación sobre mastitis, que contribuirían a resolver esta problemática dado el poco interés de los ganaderos y de los estamentos gubernamentales, puesto que es el mismo sistema de manejo de las fincas que favorece la presentación de la enfermedad. La vereda Matepiña produce aproximadamente el 8,8% de la leche del municipio de Arauca lo que equivale a 1.640 litros día, lo cual es representativo, teniendo en cuenta que la vereda está conformada tan solo por 10 fincas, y que las hembras en producción son aproximadamente 240 sumado al hecho que el sistema de producción es extensivo, con alta temperatura, sin ningún tipo de tecnificación y con características edafológicas que tienen problemas de inundaciones. Teniendo en cuenta estos factores, la mastitis podría incidir en los volúmenes de producción, por esta razón el diagnóstico oportuno ligado a un tratamiento adecuado puede evitar las pérdidas en producción de leche que podría estar oscilando entre 30 y 40%, repercutiendo directamente en los intereses capitales con incalculables pérdidas económicas para los productores de la región.

Es necesario que la región se entere del estado y calidad de la leche ya que esto afecta directamente la salud y el estado de la ganadería en general, por esta razón

y en vista de la ausencia investigativa referente al tema, es de gran importancia identificar y cuantificar el grado de afectación de la producción de leche, generando datos que contribuyan al mejoramiento de la ganadería de esta región.

METODOLOGÍA

Se seleccionaron fincas que presentaban características de manejo y nutrición similares; ordeño manual, alimentación en praderas con pastos *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, así como suplementación con pasto de corte y leguminosas, estos productores conforman una pequeña cooperativa lechera, de la cual se benefician 20 familias campesinas y permiten el abastecimiento de leche de la ciudad de Arauca. Los animales seleccionados pertenecen a razas genéticamente lecheras como Gyr, Pardo suizo y Cebú comercial, de las cuales también han resultado una serie de cruces que han mejorado la resistencia de estos animales a las condiciones medioambientales de esta región. Las hembras seleccionadas, para la toma de muestras fueron 240, con un promedio 24 vacas por finca, con edades y número de partos similares, se encontraban en periodo de lactancia y por lo tanto estaban disponibles en el proceso de ordeño.

La recolección de muestras se realizó durante 2 meses (Diciembre-Enero 2009), haciendo una visita semanal por finca, para el diagnóstico de la mastitis, mediante el California Mastitis Test (CMT). A cada animal se realizó un examen clínico de la glándula mamaria mediante inspección y palpación de los cuartos glandulares y de los pezones, se limpió la ubre y se desinfectaron los pezones, se utilizó un hisopo de algodón humedecido con solución yodada para cada vaca. La desinfección de los pezones se inició con los pezones de lado opuesto y luego se continuó con los más cercanos, evitando así la contaminación con los brazos de quién tomó la muestra.

En la prueba de CMT se utilizó el reactivo que contiene 375 ml de Treepol, 4.625 ml de agua destilada y 0.165 ml de cristal violeta, y una paleta de recolección dividida por cuartos en la cual se depositó equitativamente una cantidad de leche pequeña y la misma cantidad de reactivo (Roger *et al.*, 2000). Los cuartos

positivos fueron ordeñados nuevamente y las muestras fueron recolectadas en frascos de vidrio estéril y rotulado con el número o nombre de la vaca y el pezón. Para la recolección se descartaron dos (2) chorros de leche de cada cuarto y se procedió a tomar la muestra, manteniendo los envases lo más horizontalmente posible, evitando tocar el pezón.

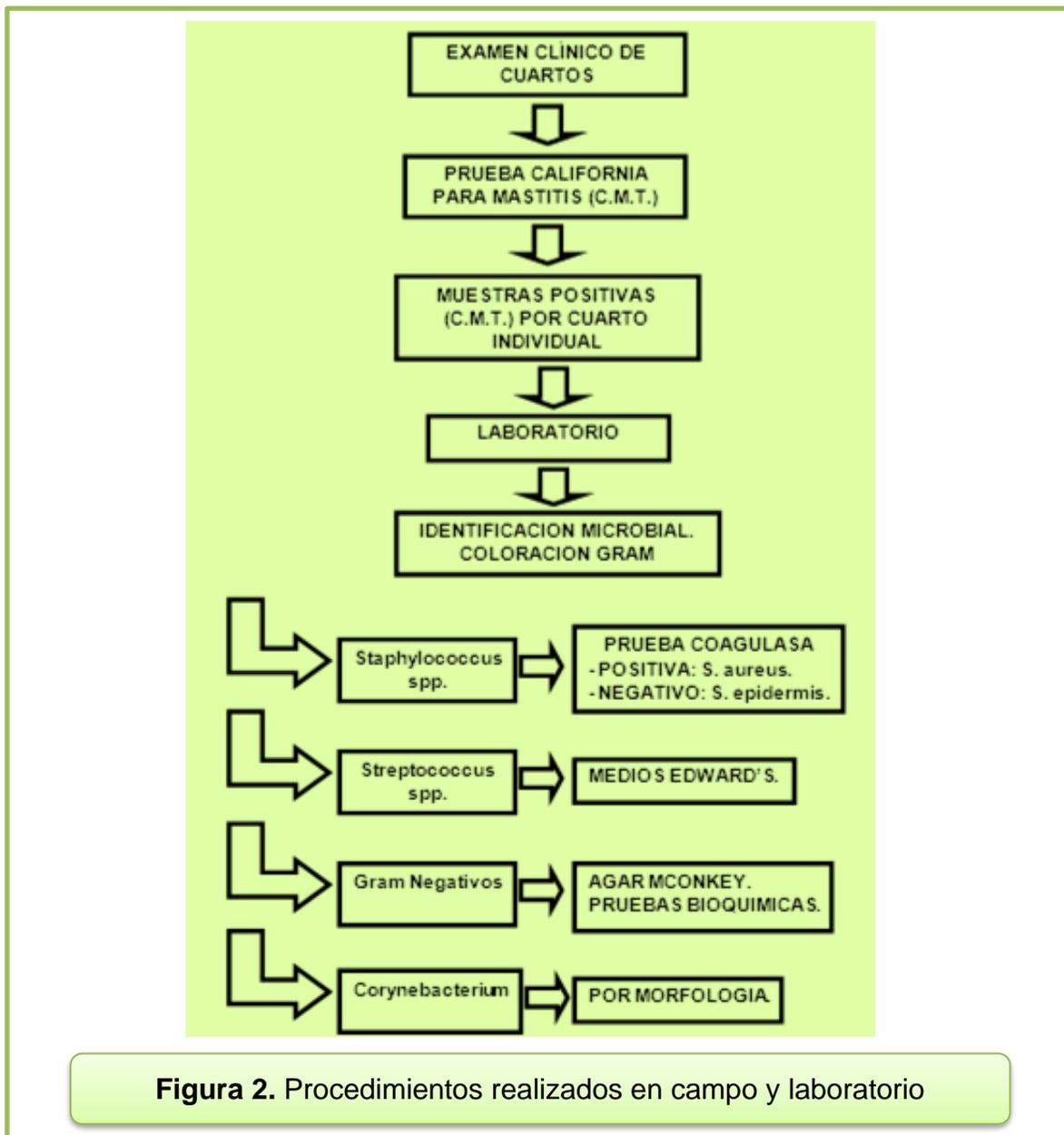
La leche se mezcló moviendo suavemente la paleta apareciendo las reacciones las cuales se clasificaron así:

- CMT negativo (-). La apariencia del reactivo y el estado de la reacción solución permanecen inalterados, la mezcla sigue en estado líquido.
- CMT Trazas (T). Se forma una traza de precipitado, pero desaparece pronto.
- CMT uno (1). Hay un ligero precipitado sin formarse gel.
- CMT dos (2). Hay un precipitado más denso y se concentra en el centro del compartimiento de la paleta.
- CMT tres (3). Se forma un gel distinto y se adhiere en el fondo de la paleta.

Las muestras positivas fueron transportadas al laboratorio en una caja con aislamiento térmico, para ser procesadas en el curso de las dos (2) horas siguientes, se realizaron cultivos bacteriológicos para su aislamiento e identificación, siguiendo la secuencia que muestra el diagrama en la Figura 2, se utilizó la técnica empleada por Cotrino, (2003).

Las muestras positivas al CMT (T, 1, 2, 3) se cultivaron utilizando cajas de Petri con agar sangre para los primeros aislamientos, dividiendo cada caja en cuatro (4) partes, se utilizó un asa de 0.4 mm para sembrar las muestras de cada uno de los cuartos, se incubaron cantidades de 0.01 ml de leche durante 48 horas a 37°C para determinar el crecimiento, tamaño, color y aspecto de la colonia. Posteriormente se identificaron los diferentes microorganismos presentes en la placa de agar sangre, para lo cual se tomó una pequeña cantidad de colonia, en una lámina y se agregó 1 gota de agua destilada, se realizó el frotis y se dejó

secar para ser fijado por flameado, posteriormente se efectuó la coloración de Gram.



Se observó la lámina al microscopio con aceite de inmersión para determinar la morfología de la bacteria (coccus o bacilos gram negativos o positivos), para diferenciar los *Staphylococcus* de los *Streptococcus*, se utilizó un medio selectivo para *Staphylococcus*, (agar 110) incubado a 37°C por 24 horas, también se utilizó la prueba de catalasa descrita por Schalm *et al.*, (1971), que consiste en colocar una gota de H₂O₂ (al 3%), sobre una lámina, se recoge una colonia con aguja (sin

picar el agar ya que produciría una reacción falsa-positiva), se sumerge la colonia en la gota de H₂O₂, la formación de burbujas es catalasa positiva indicando la presencia de *Staphylococcus aureus*.

Para hacer la diferencia entre *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* se realizó la prueba de coagulasa lenta, la cual consiste en colocar en un tubo de ensayo 0.5 ml de solución salina estéril y 0.1 ml de plasma de conejo y suficiente cantidad de colonia del microorganismo, se agitó y se llevó a incubar durante 24 horas. La formación de un gel se considera positiva y si la solución permanece líquida es negativo. El *Staphylococcus aureus* es positivo a la prueba de coagulasa lenta, mientras que el *Staphylococcus epidermidis* es negativo.

Para los *Streptococcus* se utilizó el medio Edwards que inhibe *Staphylococcus* y coliformes. En este medio los *Streptococcus* dan una característica según sea la especie:

- *Streptococcus agalactiae*: colonias azul grisáceas.
- *Streptococcus dysgalactiae*: grises o azul grisáceas.
- *Streptococcus uberis*: colonias pardas - café.

Para diferenciar el *Streptococcus agalactiae* del *Streptococcus dysgalactiae* se utilizó la prueba de Cristie Antims-Peterson (CAMP), con agar sangre al 5% sin β-antitoxina staphylococcica, en el diámetro de la caja de Petri se sembró una cepa de *Staphylococcus* productor de β-hemolisina, de manera perpendicular a esta siembra a 2-3 mm se sembraron las colonias de *Streptococcus*. Se incubaron por 24 horas a 37°C, la formación de una zona de hemólisis completa en forma de triángulo en la intersección de la hemólisis del *Staphylococcus* y del *Streptococcus*, se considera positiva. El *Streptococcus agalactiae* es positivo y el *Streptococcus dysgalactiae* es CAMP negativo.

Para la diferenciación de bacterias Gram-negativas como la *Escherichia coli*, se utilizó el agar Mconkey y pruebas bioquímicas. La identificación de *Corynebacterium*, se realizó por su morfología (letras chinas) y su característica a la tinción de Gram (Bacilos gram-positivos).

Los resultados a la prueba de CMT se procesaron utilizando la fórmula de prevalencia:

$$Prevalencia = \frac{\text{Numero Animales Positivos}}{\text{Numero total de animales muestreados}}$$

RESULTADOS

La mayoría de fincas que fueron seleccionadas en la vereda Matepiña del municipio de Arauca poseen un promedio de extensión de tierras de 115.2 hectáreas (ha) por finca, de las cuales en promedio 97.3 ha son utilizadas en condiciones de pastoreo, así mismo el promedio de extensión de tierras utilizadas en otros cultivos y labores agrícolas corresponden a 7.7 ha por finca. Se observó el uso de forrajes principalmente de las especies *Brachiaria decumbens* (pasto alambre), *Brachiaria dictyoneura* (pasto llanero), *Brachiaria humidicola* (brachiaria dulce). Además se encontró que los forrajes de corte utilizados en las producciones son: *Pennisetum purpureum* (king grass), *Panicum máximum Sp.* (mombasa), *Pennisetum hybridum* (maralfalfa). Igualmente en las explotaciones bovinas se encontró la utilización de árboles forrajeros y cultivos tales como matarratón (*Gliciridia sepium*), maíz (*Zea mays*), caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), plátano (*Musa paradisiaca*), utilizados en la suplementación de los bovinos especialmente de las vacas lactantes y los toros de ceba. Asimismo, la suplementación de las vacas de leche cuenta con raciones pequeñas (2 kg) de concentrado comercial venezolano.

De las 830 hembras existentes en la vereda Matepiña 469 hembras son aptas para la producción de leche, de las cuales 240 hembras están en periodo de producción de leche con esto se determina que existe un promedio de 24 hembras en producción de leche por finca. Así mismo las razas bovinas y sus cruces de mayor presentación en las fincas de estudio fueron Gyr, Jersey, Pardo suizo, Brangus, Cebú comercial, Criollo, y sus cruces (Tabla 2).

Las fincas muestreadas, cuentan con un promedio de 9 potreros por finca, las cuales tienen una extensión promedio de 10.8 ha, correspondientes a zonas de

pastoreo rotacional, divididos con el sistema de cerca eléctrica y algunos potreros con cerca de alambre de púa, la permanencia de los animales en cada potrero es aproximadamente 20 días.

Tabla 2. Grupos etarios ganado vereda Matepiña

Numero de hembras bovinas por grupos etarios en la vereda Matepiña del municipio de Arauca, departamento de Arauca			
Terneritas 0 a 1 año 160	Novillas 1 a 2 años 191	Vacas de 3 a 4 años 384	Vacas de más de 5 años 95

Las explotaciones bovinas de la región no cuentan con asesoría permanente por parte de un profesional del área (Médico Veterinario y/o Zootecnista) solo en una finca existe asistencia profesional permanente y en otra finca el propietario es técnico agropecuario, en los demás predios, la asistencia profesional solo se realiza de forma esporádica en los ciclos de vacunación.

Las lecherías muestreadas cuentan con un lugar específico de ordeño (Figura 3) con piso de tierra, el cual en algunas ocasiones era de tipo polvoriento y en algunas otras de tierra compacta, techo con láminas de zinc y columnas de madera, para proteger tanto los operarios como los animales, y no se observó área de desinfección. Cada finca cuenta con corral de ordeño y con personal para las labores de ordeño (3 o 4 personas), quienes se encargan de separar las crías de las madres en 2 corrales diferentes en las horas de la tarde del día anterior, y en horas de la mañana en la jornada de ordeño (4 a.m.), permiten que las crías se alimenten un poco, estimulando la glándula mamaria y posteriormente proceden a realizar el ordeño manual, si ningún tipo de procedimiento de desinfección o limpieza de ubres. Luego se llevan las crías junto con las madres, a un potrero de pastoreo y suplementación con sal mineralizada, pasto de corte, maíz y residuos de cultivos de plátano.

Las personas encargadas de las labores de ordeño no cuentan con ningún tipo de indumentaria especial, ni practican procedimientos de higiene, los baldes son

lavados antes y después del ordeño generalmente con agua jabón y cloro, manteniéndolos en lugares limpios.



Figura 3. En la vereda Matepiña se encontró un 54.6% de prevalencia de mastitis subclínica.

Fotografía: Grupo de Investigación en Agroforestería

En las 10 fincas se determinó que el número de hembras aptas para la producción de leche es de 469, siendo al momento del muestreo 240 hembras las que se encontraban en producción de leche por lo cual estas fueron el objeto de estudio y se asignaron como muestra de la población. Por lo tanto no se realizaron formulas estadísticas para determinar el tamaño de la muestra, ya que se trabajó con todas las hembras que en el momento se encontraban en producción, como lo requiere el estudio de prevalencia.

Los resultados de campo determinaron que de las 240 hembras (960 cuartos mamarios) se obtuvieron 131 hembras positivas (247 cuartos mamarios), es decir que en las producciones bovinas de la vereda Matepiña del municipio de Arauca

se encontró un 54.6% de prevalencia de mastitis subclínica bajo la prueba de CMT, donde el principal agente patógeno de los 247 cuartos mamarios positivos aislados en el laboratorio fue el *Staphylococcus aureus* con 43.72% correspondiente a 108 cuartos mamarios infectados. El segundo agente patógeno aislado *Staphylococcus epidermis*, el cual estuvo presente en 82 cuartos que corresponde a 33.20%, le sigue *Corynebacterium bovis* en 19 cuartos con 7.70% de las muestras positivas. Posteriormente se encontraron en menos cantidad *Streptococcus agalactiae* (6.89%), *Corynebacterium pyogenes* (4.45%), *Streptococcus disgalactiae* (2.83%) y *Escherichia coli* (1.21%) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Como el municipio de Arauca y especialmente la vereda Matepiña no ha presentado estudios sobre mastitis subclínica, se tiene como referencia resultados de estudios en otras zonas de Colombia (Ardila y Campo, 2002), sobre el diagnóstico de mastitis subclínica y las variaciones físico químicas halladas en la leche de explotaciones con ordeño especializado en el piedemonte del Meta, donde la prevalencia de mastitis subclínica fue 48.45%.

Tabla 3. Agentes etiológicos aislados

Agente etiológico	N. cuartos mamarios	Porcentaje (%)
<i>Staphylococcus aureus</i>	108	43.72
<i>Staphylococcus epidermis</i>	82	33.20
<i>Corynebacterium bovis</i>	19	7.70
<i>Streptococcus agalactiae</i>	17	6.89
<i>Corynebacterium pyogenes</i>	11	4.45
<i>Streptococcus disgalactiae</i>	7	2.83
<i>Escherichia colie</i>	3	1.21

Estudios realizados por Calderón y Rodríguez, (2008) sobre la prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano Cundiboyacense (Colombia), consideran de más alta prevalencia los patógenos mayores como el *S. aureus* y *S. agalactiae*. Sin

embargo en la vereda Matepiña del Municipio de Arauca se encuentra en un alto porcentaje patógenos menores como *S. epidermis* y *Corynebacterium bovis*. Su porcentaje de aislamiento es índice de una inadecuada higiene en el ordeño según lo reporta Blood *et al.*, (2002).

Otros autores como Philpot y Nickerson, (2000) reportan que las glándulas con infecciones de *E. coli* oscilan en un 0.23% siendo similares con los resultados del presente estudio el cual arrojó 1.21%, lo cual se debe en gran medida a la contaminación en el momento de la toma de las muestras, o por una inadecuada higiene en el pre-ordeño, puesto que el patógeno es un agente oportunista que puede estar presente en la piel, ubres y pezones, debido a que la materia fecal contiene *Escherichia coli*, que puede contaminar directa o indirectamente la ubre.

Se pudo determinar al igual que las fincas con alta prevalencia de mastitis subclínica, tienen grandes problemas de manejo, los animales son llevados a corrales durante toda la noche, haciendo más fácil el proceso de contaminación de medio ambiente-animal, además contribuye a este proceso: malas prácticas de ordeño como una inadecuada limpieza de manos, ausencia de desinfección en pezones, y uso de utensilios o herramientas limpias.

Según Blood *et al.*, (2002) los fómites que comúnmente ayudan a la transmisión del *S. agalactiae* están relacionados con el sistema de la recolección de leche, uso de trapos y agua contaminada para la limpieza de ubres y manos del ordeñador, factores que quedan evidenciados en el presente estudio puesto que las personas encargadas de estas labores no cuentan con ningún tipo de indumentaria especial para el ordeño, ni practican algún procedimiento de higiene antes del mismo. Por tal motivo es necesario implementar medidas que conlleven a mejorar estos aspectos, siendo esta una de las principales causas de infección con los diferentes agentes bacterianos causales de la mastitis subclínica.

Cotrino, (2003) argumenta que la mastitis es una enfermedad para prevenir, no para tratar, puesto que es una enfermedad que se puede controlar, teniendo en cuenta que es primordialmente un problema de manejo, por lo tanto se deben

hacer todos los esfuerzos para evitarla mediante medidas sanitarias en las fases de pre-ordeño, ordeño y post-ordeño, puesto que el animal tiene riesgos potenciales en cualquiera de estas etapas, por lo que se deben eliminar o minimizar, para evitar o reducir el número de casos de mastitis clínica o subclínica en un hato.

CONCLUSIONES

En la vereda Matepiña, de la región del Municipio de Arauca, donde se producen aproximadamente 1.640 litros de leche al día, en 10 producciones bovinas doble propósito principalmente, existen actividades de manejo implícitas en las explotaciones que se presume predisponen a la presentación de mastitis subclínica en las hembras bovinas, condiciones de infraestructura y procedimientos empleados que están alejados de las buenas prácticas de manejo ganadero.

De acuerdo con los resultados el 54.6% de las hembras bovinas en estado productivo (lactación) son positivas a la prueba de Mastitis California Test, considerándose la presentación de mastitis subclínica en estos animales, e sospecha que este porcentaje de animales afectados están disminuyendo la calidad e higiene de la leche suministrada a los habitantes de la vereda Matepiña y del Municipio de Arauca en general, además la recolección de la leche de estos animales positivos en fincas donde se ha diagnosticado esta patología, implica riesgos en la salud pública.

Los microorganismos asociados a la patología con mayor avidez son: *Staphylococcus aureus* (43.72%) y *Staphylococcus epidermis* (33.20%), se presume que las condiciones de manejo (ordeño y alimentación), la situación geográfica (trópico bajo) y los protocolos sanitarios, juegan un papel importante en la proliferación y establecimiento de estos agentes etiológicos y su posible diseminación, la cual maximiza la situación de alta prevalencia de mastitis subclínica en la vereda.

Es necesario adoptar medidas radicales de manejo de la producción, protocolos sanitarios acordes con buenas prácticas de manejo ganadero, y muestreos constantes de los animales en periodo de producción y secado, que permitan minimizar la alta prevalencia de la mastitis subclínica encontrada en este estudio, que traerán como consecuencia un incremento en los parámetros productivos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Anderson P. Milk quality Factsheet. *Stafilococcus aureus*. 2005. Disponible En: http://milkquality.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/09/estafilococos-aureus_spanish.pdf
2. Ardila C., Campo O. Diagnóstico de mastitis sub clínica y sus variaciones físico-químicas halladas en la leche de explotaciones con ordeño especializado en el piedemonte del Meta. Tesis de grado, Universidad de los Llanos, Facultad de ciencias agropecuarias y recursos naturales, Medicina Veterinaria y Zootecnia, Villavicencio, 2002.
3. Bedolla C. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *Revista Electrónica de Veterinaria REDVET*, IX (4): Art. 5. 2008.
4. Blood D., Henderson J. A., Radostits O. *Medicina Veterinaria*. 9ª. Ed. Madrid España. Interamericana McGraw-Hill. 1206 p. 2002.
5. Boffil P., Rivas W., Montañez J., Quincose T., González L., Fustes E. *Manual de Enfermedades Infecciosas*. Tomo I. Ed. McGraw Hill. 2001.
6. Calderón A. Cuantificación de factores de riesgo de mastitis en sistemas de producción de leche especializada. Tesis de Magíster, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Pos-grado en Ciencias y Salud Animal, Bogotá, 2002.
7. Calderón A., Rodríguez V. C. Prevalencia de mastitis bovina y su etiología infecciosa en sistemas especializados en producción de leche en el altiplano Cundiboyacense de Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 21 (4): 582-589. 2008.
8. Calvino L. F., Tirante L. Prevalencia de microorganismos patógenos de mastitis bovina y evolución del estado de salud de la glándula mamaria en Argentina en los últimos 25 años. *Revista FAVE Sección Ciencias Veterinarias*. 2005. Disponible En: http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/anuarios/anuario2005/a2005_p066.htm
9. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria (CIPAV). Investigación y transferencia de tecnología, mediante el establecimiento de sistemas silvopastoriles intensivos para las sabanas inundables y bancos de las sabanas del municipio de Arauca. 26 p. 2008.
10. COLANTA. Memorias 5º Seminario Internacional. Competitividad en carne y leche, Medellín, Octubre 19 al 20 de 2006.
11. COMITÉ DE GANADEROS DE ARAUCA. Censo fincas vacunadas para aftosa y brucelosis bovina. 2007.
12. Cotrino V. Diagnóstico de Mastitis. Laboratorio Técnico Veterinario. Colombia, 2003.
13. Cotrino V., Gaviria, B.C. Mastitis y calidad de la leche. *Revista Electrónica Carta FEDEGAN* (Julio-agosto). 2005
14. Cruz C., Espitia C., Hernández J., Sanabria J. Identificación de bacterias causantes de mastitis bovina y su resistencia ante algunos antibacterianos. *Revista UDCA Actualidad y Divulgación Científica*, 10: 81-91. 2007.
15. DANE. Censo producción de leche Industrial, 2004. Disponible En: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/ena/leche_industrial_2004.pdf
16. Gobernación de Arauca. Informe departamental de evaluación de la gestión municipal periodo anual 2011. Secretaria de Planeación departamental de Arauca. 134 p. 2012.

17. ICA. Instituto Colombiano Agropecuario (Unidad Fronteriza ARAUCA-ARAUCA); Segundo Ciclo de vacunación. 2008.
18. Jiménez M. Manual de buenas prácticas ganaderas. Cámara de Argentina de Consignatarios de ganado. Buenos Aires, 2006.
19. Kruze J. La rutina del ordeño y su rol en los programas de control de la mastitis bovina. Archivos de Medicina Veterinaria, 30 (2): 7-16. 1999.
20. Londoño D. C. Prevalencia de los principales microorganismos causantes de mastitis en vacas lecheras del centro del Valle del Cauca en los años 2003-2006. Trabajo de Grado. Universidad del Valle. 2006.
21. Mansilla A., Pedraza C., Fajardo P., Agüero H. Agricultura técnica Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, Casillas 2, Correo 15, Santiago de Chile, 2001.
22. MERCK. Manual de Veterinaria, España, grupo OCEANO, Edición 2009.
23. Miller G., Bartlett P. Economic effects of mastitis prevention strategies for dairy producers. Journal of the American Veterinary Medical Association, 198 (2): 227-231. 2004.
24. MIADR. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. Diagnóstico de la cadena regional láctea, secretaria técnica de la cadena. Villavicencio, junio de 2006.
25. Noguera E. La mejor manera de controlar la mastitis bovina. El guayabo, Maracaibo 1999. Disponible En: <http://www.fonaiap.gov.ve/publica/divulga/fd59/mastitis>
26. Parra J. L., Martínez M. Mastitis y calidad de la leche en el piedemonte del Meta y Cundinamarca. Boletín informativo. CORPOICA. Regional 8. Mayo de 1999.
27. Philpot W., Nickerson S. Mastitis: el contra ataque. Una estrategia para combatir la mastitis, Luisiana E.U.A. Badson Brothers Co. 138 p. 2000.
28. Philpot W., Nickerson S. Ganando la lucha contra la mastitis. Naperville, USA. y Olden. 2003.
29. Pyolara S. Indicators of inflammation in diagnosis of matitis. BioMed Central, 34 (5): 565-578. 2003.
30. Ramírez N., Gaviria G., Arroyave O., Sierra B., Benjumea J. Prevalencia de mastitis en vacas lecheras en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquía. Revista Colombiana Ciencias Pecuarias, 14 (1): 76-87. 2001.
31. Rodríguez Y. Determinación de mastitis bovina en Catacamas y Santa Marial del Real. Tesis de Pregrado Ingeniero Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura. Olancho Honduras, 55 p. 2000.
32. Roger M., Roth C., Rivera H. Hoja de información de la Prueba de Mastitis California (CMT). 2000. Disponible En: http://milkquality.wisc.edu/wp-content/uploads/2011/09/hoja-de-informacion-de-la-prueba-de-mastitis-california_spanish.pdf
33. Roger, Ecker. Fisiología Animal, Mecanismos y Adaptaciones. 5ª Edición, p 297-304. 2000.
34. Schalm O., Carrol E., Jain N. Bovine mastitis. School of Veterinary Medicine. University of California. Lea Febirg, 360 p. 1971.
35. Sacristán G., Castejón A., de la Cruz L., González J., Murillo M. Salido G. Fisiología Veterinaria. Editorial Interamericana Mc Graw Hill. España. 1995.
36. Saran A., Chaffer M. Mastitis y calidad de la leche. Editorial Inter-Médica, Buenos Aires, 196 p. 2000.
37. Suárez V. Aspectos económicos de la mastitis bovina. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias, 1 (1): 7-14. 2000.
38. Tizard R. Inmunología Veterinaria. Editorial McGraw-Hill Interamericana. 2002.
39. Vestweber J. G., Leipold H. W. Mastitis bovina por Staphylococcus aureus. primera parte: virulencia, mecanismos de defensa y establecimiento de la infección, 23 (144): 234-247. 1994.

Uso en horticultura de los desechos orgánicos de la planta de tratamiento de Villanueva, Casanare, Colombia

Horticultural use of organic waste treatment plant of Villanueva, Casanare, Colombia

Leguizamo Salamanca Mery Yorleny¹ y Álvarez Cohecha Eudoro²
¹I. A. Universidad de los Llanos y ²I. A. Esp Docente Unillanos

ealvarez@unillanos.edu.co

Recibido 12 de Diciembre 2013, Aceptado 12 de Septiembre 2014

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como finalidad, identificar el uso del lixiviado proveniente de la planta de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Villanueva Casanare, y así conocer el potencial que ofrece para ser empleado como fertilizante en cultivos. En la planta de tratamiento integral de residuos sólidos en el municipio de Villanueva Casanare, el material orgánico, se muele y luego es utilizado en la lombricultura como alimento, formando un lombricompuesto, de donde posteriormente se extrajo el lixiviado para realizar un estudio sobre su potencial uso como fertilizante en cultivos de pepino cohombro (*Cucumis sativus*), con el fin de favorecer el desarrollo de la agricultura en la región, realizando la comparación de costos de los diferentes tratamientos empleados, para establecer la ventaja comparativa de los mismos, relacionando la presencia de insectos plagas, organismos benéficos y enfermedades en el cultivo. Los tratamientos fueron los siguientes: T0: Fertilización química, T1: 100% de lombricompuesto, T2: 100% de lixiviado y T3: 50% de lixiviado y 50% lombricompuesto. El cultivo de pepino cohombro respondió bien a la fertilización orgánica, sin lograr superar el testigo químico en cuanto a producción. Se obtuvo mejor rendimiento en el tratamiento químico, con un total de 3.837 kg/ha, con una rentabilidad del 14.03%, mientras que con los tratamientos orgánicos, los mejores resultados se lograron en el tratamiento 50% lixiviado y 50% lombricompuesto, con un rendimiento de 3360.26 kg/ha, siendo este el tratamiento económicamente más rentable (48.1%).

Palabras clave: Fertilizante orgánico, lixiviado, horticultura, lombricultura.

ABSTRACT

This study aimed to identify usage from leachate treatment plant solid waste in the municipality of Villanueva Casanare, and get to know the potential it offers for use as fertilizer on crops. On the ground of comprehensive solid waste management in the municipality of Villanueva Casanare, organic material, ground and is then used in vermiculture as food formed a earthworm-compound, where later the leachate was extracted to perform a study on the potential use as fertilizer on cucumber crops (*Cucumis sativus*), in order to promote the development of agriculture in the region, making the cost comparison of the different treatments used to establish the comparative advantage of them, relating the presence of insect pests, beneficial organisms and diseases. The treatments were: T0: Chemical fertilizer, T1: 100% earthworm-compound, T2: 100% leachate, and T3: 50% leachate and 50% leachate earthworm-compound. Cucumber crop responded well to organic fertilization, unable to overcome the chemical control in production. Better performance in the chemical treatment, a total of 3837 kg/ha, with a yield of 14.03% was obtained while the organic treatments, the best results were achieved in 50% leachate treatment and 50% vermicompost, yield of 3360.26 kg/ha, which is the more profitable (48.1%) treatment.

Keywords: Organic fertilizer, leachate, horticulture, vermiculture.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, empresas prestadoras de servicio de aseo de ciudades capitales, donde se utilizan rellenos sanitarios mecanizados, han gastado una gran cantidad de recursos con resultados no acordes con las inversiones hechas, así mismo, los rellenos sanitarios manuales, aunque son una alternativa viable para pequeños municipios, adolecen de una alternativa para el tratamiento de lixiviados, que sea acorde con las características económicas de pequeños municipios (Pineda, 1998).

Los lixiviados, pueden definirse como líquidos que al percolarse por las capas del suelo u otro material sólido permeable, van disolviéndolo en su totalidad o a algunos de sus componentes, pueden presentar un movimiento horizontal, o sea que se desplazarán a lo largo del terreno, contaminando y dañando así el suelo y vegetación tanto del terreno como de zonas aledañas. También puede ocurrir un movimiento vertical, que penetre el subsuelo y en muchas ocasiones, alcance los mantos freáticos y acuíferos, lo que causa gigantescos problemas de contaminación del agua subterránea, principal fuente de abastecimiento de agua potable en las ciudades. Los lixiviados tienen un pH de 9 y presencia de una gran cantidad de sales, lo que se refleja en una alta conductividad, en ausencia de oxígeno y en alto contenido de metales pesados, como el cadmio, cromo, cobre, hierro, plomo y zinc, en concentraciones rebasan los límites de toxicidad (Ríos, 2006).

Como se mencionó, si el relleno sanitario no tiene sistema de recogida de lixiviados, éstos pueden alcanzar las aguas subterráneas y causar, como resultado, problemas medioambientales o de salud (Orta de Velásquez *et al.*, 2006). Los peligros de estos componentes, se deben a altas concentraciones de contaminantes orgánicos y nitrógeno amoniacal, los cuales son propicios para el cultivo de microorganismos patógenos y acumulación de sustancias tóxicas (Morales, 2007).

La materia orgánica, si bien su aplicación en agricultura es milenaria, sufrió a mediados del siglo XX un olvido, causado probablemente por la introducción de los abonos químicos que producían mayores cosechas con un menor costo. No obstante, durante los últimos años se ha observado un creciente interés sobre la materia orgánica, habiendo experimentado su mercado un gran auge ligado al tema de los residuos orgánicos que encuentran así una aplicación, y al desarrollo de nuevas tecnologías (extractivas, peletización) que permiten disponer de productos comerciales de calidad. Entre los ámbitos de especial interés en los que el uso de materia orgánica es primordial, están, la agricultura sin laboreo, orgánica o biológica, y cultivo en estratos (Labrador, 2002).

Se denomina indistintamente materia orgánica o humus a la parte que cumple un papel esencial en el suelo, no existe una definición de humus con la que todos los especialistas estén de acuerdo, pero en general, el término humus designa sustancias orgánicas variadas, de color pardo y negruzco, que resultan de la descomposición de materias orgánicas de origen exclusivamente vegetal (Julca *et al.*, 2006). El humus tiene efecto sobre las propiedades físicas del suelo, formando agregados complejos y dando estabilidad estructural, uniéndose a las arcillas, favoreciendo la penetración del agua y su retención, y el intercambio gaseoso, disminuyendo así la erosión (Hernani, 2013). Cuando se refiere al efecto sobre las propiedades químicas del suelo, aumenta la capacidad de cambio, la reserva de nutrientes para la vida vegetal y su característica tampón favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas (Vargas, 2011), respecto a su efecto sobre las propiedades biológicas, afecta positivamente los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, generando nutrientes a una multitud de microorganismos que estimulan el crecimiento de la planta en un sistema ecológico equilibrado.

La cantidad de humus en el suelo depende de varios factores: incorporación de nuevos restos orgánicos y su velocidad de oxidación química, biológica, y velocidad de descomposición de la materia orgánica, la textura del suelo, la aireación, humedad y factores climáticos (López, 2009), además las prácticas de manejo del cultivo también pueden tener un efecto sobre este parámetro, ya que, por ejemplo, el empleo de abonos minerales acelera la descomposición de la materia orgánica en el suelo, lo que es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y por tanto, de los rendimientos (Julca *et al.*, 2006). Numerosos investigadores han reconocido efectos beneficiosos en la aplicación de la materia orgánica en el suelo, en cuanto a las mejoras observadas con respecto a las características químicas, físicas y biológicas del mismo, además ésta forma parte del ciclo del nitrógeno, del azufre y del fósforo, contribuyendo con la asimilación de nutrientes, mejorando la estructura y la retención de agua y dando soporte a todo un mundo

de microorganismos, resultando beneficioso para el cultivo (Castellanos y Valecillos, 2011).

La materia orgánica fresca (es decir, sin descomponer) está formada por los componentes de los animales o vegetales: hidratos de carbono simples (monosacáridos) y complejos (celulosa, almidón, glucógeno, glicosilaminas, hemicelulosas y otros), compuestos nitrogenados (proteínas, ácidos nucleicos, vitaminas y alcaloides.), lípidos (grasas, ácidos grasos, ceras, fosfolípidos y pigmentos.), ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico y succínico), polímeros y compuestos fenólicos (ligninas y taninos) y elementos minerales (Labrador, 2002).

En la composición del humus se encuentra un complejo de macromoléculas en estado coloidal constituido por proteínas, azúcares, ácidos orgánicos y minerales, en constante estado de degradación y síntesis (Pérez, 2003). El humus, por tanto, abarca un conjunto de sustancias de origen muy diverso, que desarrollan un papel de importancia en la fertilidad, conservación y presencia de vida en los suelos. A su vez, la descomposición del humus en mayor o menor grado, produce una serie de productos coloidales que, en unión con los minerales arcillosos, originan los complejos organominerales que aglutinados determinan la textura y estructura de un suelo, además los coloides existentes en el suelo presentan además carga negativa, hecho que les permite absorber cationes H^+ y metálicos Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ haciendo intercambios en todo momento de forma reversible, debido a este hecho, los coloides también reciben el nombre de complejo absorbente (Pérez, 2013). En la Tabla 1 se presenta un resumen sobre los beneficios del humus.

Se entiende por lombricultura las diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas, es una tecnología basada en su cría intensiva para la producción de humus a partir de un sustrato orgánico, donde existe un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias,

actinomicetos y levaduras) también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz (Mamani *et al.*, 2012).

Tabla 1. Influencia del humus en el suelo

Física	Química	Biológica
Incrementa capacidad de intercambio catiónico	Regula nutrición vegetal	Aporta microorganismos útiles
Da consistencia a suelos ligeros y compactos	Mejora intercambio de iones	Sirve de soporte y alimento de a los microorganismos
Facilita labranza de la tierra	Mejora la asimilación de abonos minerales	No tiene semillas perjudiciales (arvenses)
Evita formación de costras y compactación	Mejora la disponibilidad de fósforo y potasio	Mejora la resistencia de las plantas
Ayuda a la retención y drenaje de agua e incrementa porosidad	Produce gas carbónico que mejora la solubilidad de los minerales	Mejora la reproducción sexual

Fuente: Adaptado de Pérez, (2013).

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno y potasio, sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje, resultando tres productos: el humus, lombrices y lixiviados, la lombricultura doméstica, es practicada por personas con alto sentido de la ecología para reciclar sus residuos domésticos, de cocina y jardín (Mendoza, 2008), por otra parte, la lombricultura ofrece una buena alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos contaminantes, tales como restos de cosechas, desperdicios de restaurantes, estiércoles, residuos industriales de origen orgánico en plantas de sacrificio, papeleras, agro industrias y otros.

El humus tiene una composición de 57.64% de humedad, 70.79% de materia orgánica, 2.91% de nitrógeno, 2.01% de fósforo, 1.80% de potasio, 4.60% de

calcio, 0.64% de magnesio, 0.60% de hierro y altas concentraciones de manganeso, cobre, zinc y cobalto. Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus (0.3 g/día) que es un abono orgánico prácticamente insuperable, que puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales, se pueden obtener grandes cantidades de humus en pequeñas superficies (Moya, 2011).

El compostaje es el humus obtenido de manera natural por descomposición bioquímica al favorecer la fermentación aeróbica de residuos orgánicos como restos vegetales, animales y excrementos, por medio de la reproducción masiva de bacterias aeróbicas termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar, posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos (Sztern y Pravia, 1999). Normalmente, se trata de evitar la putrefacción de los residuos orgánicos por exceso de agua, que impide la aireación y oxigenación, lo cual crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes.

El compostaje además de su utilidad directa, implica una solución estratégica y ambientalmente aceptable a la problemática planteada por las grandes concentraciones urbanas (y sus residuos sólidos orgánicos domésticos) y las explotaciones agrícolas, forestales y ganaderas, cuyos residuos orgánicos deben ser tratados, también se puede considerar una tecnología alternativa a otras que no siempre son respetuosas con los recursos naturales y el medio ambiente y que además tienen un costo elevado (Sztern y Pravia, 1999).

El pepino cohombro, se originó en Asia tropical, su cultivo (Figura 1) exige alta temperatura y humedad relativa, sin embargo, se adapta a climas a fríos y templados y necesita suelos fértiles y bien drenados, desde los arenosos hasta los franco-arcillosos, contando con una profundidad efectiva mayor de 60 cm que facilite la retención del agua y el crecimiento del sistema radicular para lograr un buen desarrollo y excelentes rendimientos. En cuanto a PH, el cultivo se adapta a un rango de 5.5-6.8. (Argona *et al.*, 1992).



Figura 1. Cultivo de pepino en establecimiento.
Fotografía: Grupo de investigación en agroforestería

En experimentos en Colombia se han observado producciones de 7.9 kg m² presentando una precocidad de 87 días desde su trasplante al inicio de la cosecha, y se han utilizados fertilizantes de uso más extendido los simples en forma de sólidos solubles (nitrato cálcico, nitrato potásico, nitrato amónico, fosfato monopotásico, fosfato monoamónico, sulfato potásico y sulfato magnésico) y en forma líquida (ácido fosfórico y ácido nítrico), debido a su bajo costo y a que permiten un fácil ajuste de la solución nutritiva, aunque existen en el mercado abonos complejos sólidos cristalinos que se ajustan adecuadamente, solos o en combinación con los abonos simples, para suplir los requerimientos en las distintas fases de desarrollo del cultivo. El uso de compostaje permite mejorar la producción y reducir la dependencia de insumos químicos que van en detrimento del medio ambiente, obteniéndose por métodos culturales y de implementación de técnicas que utilizan lixiviados de compostaje, favoreciendo la nutrición y sanidad de cultivos, a bajos costos (Larco, 2004). Los lixiviados son todos aquellos líquidos que han entrado en contacto con los desechos de rellenos sanitarios, y se degradan por la disolución de uno o más compuestos en contacto con el agua de residuos sólidos provenientes de las ciudades.

METODOLOGÍA

El trabajo de campo se realizó, en el segundo semestre del 2010, en un terreno ubicado en la vereda Puerto Rosales, Municipio de Villanueva, ubicado al sur del departamento del Casanare, sobre la parte baja del piedemonte, 300 msnm y una temperatura promedio 25.7°C. Estos suelos pertenecen a la clase IV y sus características químicas se observan en los resultados del análisis de suelo (Tabla 2). Para la elección del terreno se tuvo en cuenta que este fuera lo más homogéneo posible y cerca de un lugar donde se pudiera tomar agua para riego en caso que se necesitara, la toma de muestra de suelos se hizo teniendo en cuenta todos los aspectos que se recomiendan para obtener resultados representativos y confiables, la preparación del terreno en su totalidad se hizo en forma manual.

Tabla 2. Análisis químico de suelos del sitio donde se realizó la evaluación

Textura	M.O	P	pH	Cationes meq/100 g suelo										
				Al	Ca	Mg	K	Na	B	Fe	Cu	Mn	Zn	S
Franco Arcilloso	%	ppm	4.1	0.85	0.7	0.25	0.08	0.01	0.25	413	0.7	5.6	2	1

Fuente: Laboratorio de suelos UNILLANOS

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (4 tratamientos, 3 repeticiones), para un total de 12 parcelas de 12 m² cada una, el análisis de los datos se realizó en el software estadístico SAS ver 9.0, las variables evaluadas se agruparon en dos campos: el componente rendimiento de acuerdo con el tipo de fuente nutricional y la relación e interacción del lixiviado con la presencia de insectos plagas, benéficos y enfermedades en el cultivo.

Se trabajó con 3 bloques o repeticiones de 16 m de largo por 3 m de ancho para un área de 48 m² por bloque, cada uno estuvo compuesto por 4 parcelas de 12 m², la distancia o separación entre cada uno de los bloques, parcelas y borde fue 1 metro, siendo el área efectiva del experimento fue 273 m². Se sembraron tres semillas por sitio, debidamente tratadas con *Trichoderma sp.*, a una profundidad de 2 cm, para ralea 2 y dejar una planta definitiva, a una distancia entre sí de 40

cm y un 1 m entre surcos, para el tutorado se utilizó un sistema de apoyo de espaldera simple con una sola línea a 2,5 m de altura

Para la evaluación del uso del lixiviado como nutriente en el cultivo de pepino cohombro, se evaluó el desarrollo y producción del cultivo con fertilización química, con tres alternativas orgánicas, para un total de 4 tratamientos con tres repeticiones cada uno, se sembró en camas, a 40 cm entre plantas y 1 m entre surco para un total de 18 plantas por cama. Los tratamientos en cada bloque fueron asignados al azar, su descripción y fertilización se observan en la Tabla 3. El trazado de las parcelas se hizo con ayuda de decámetro, estacas y pita, se aplicó 0.87 kg de cal dolomita por parcela y la fertilización que se muestra en la Tabla 4.

Para evaluar el componente rendimiento, se efectuaron 5 muestreos en donde se tomó el número total de frutos producidos en el cultivo, separándolos por tratamiento, luego se pesaron y midieron, y con estos datos se realizó una comparación entre medias utilizando la prueba de Tukey.

Tabla 3. Descripción de tratamientos y cantidad fertilizante aplicado en cada tratamiento

Tratamiento		Descripción
T0	Fertilización química	210 g triple 18, 175 g sulfak, 55 g elementos menores por parcela.
T1	Orgánico: 100% Lombricompuesto	100 g por parcela.
T2	Orgánico: 100% Lixiviado	30 ml por aplicación por planta
T3	Orgánico: 50% Lixiviado, 50% Lombricompuesto	Lixiviado (30 ml/aplicación/planta), Lombricompuesto 100 g por parcela

El control de malezas se realizó en forma manual con pala, a los 10, 25 y 40 días después de la siembra, el problema más grave de plagas que se presentó fue *Diaphania sp.*, también se presentó ataques de áfidos y otras plagas, pero sin ocasionar daño económico. La aparición de enfermedades fue esporádica sin presentar mayor daño, por lo que se tomó la decisión de no hacer aplicaciones de

agroquímicos, viéndose ataques de fumagina (*Capnodium sp.*) especialmente. Se realizaron 5 recolecciones, tomando la totalidad de los frutos.

Tabla 4. Aplicación de la fertilización en cada tratamiento

Tratamiento	Descripción
T0	El 50% al momento de la siembra (AMS), 50% 20 días antes de la floración.
T1	100% al momento de la siembra (AMS).
T2	Primera aplicación al momento de la siembra (AMS), segunda aplicación 8 días después de la germinación (DDG), tercera aplicación 10 días antes de la floración.
T3	Lombricompuesto (100% al momento de la siembra (AMS)) Lixiviado: primera aplicación al momento de la siembra (AMS), segunda aplicación 8 días después de la germinación (DDG), tercera aplicación 10 días antes de la floración.

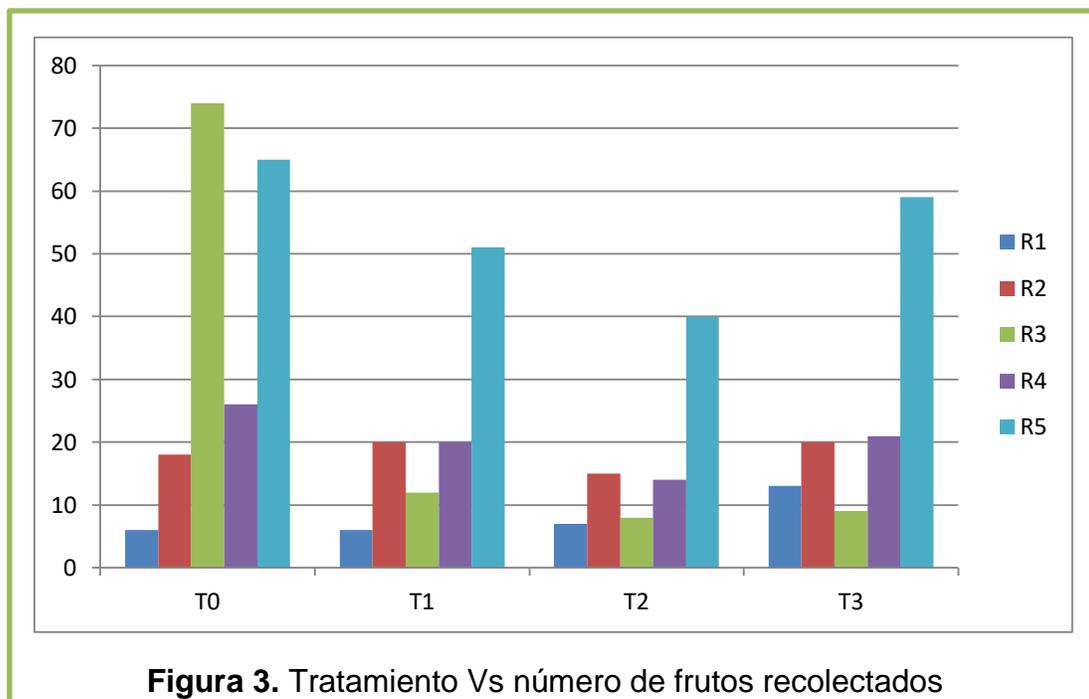
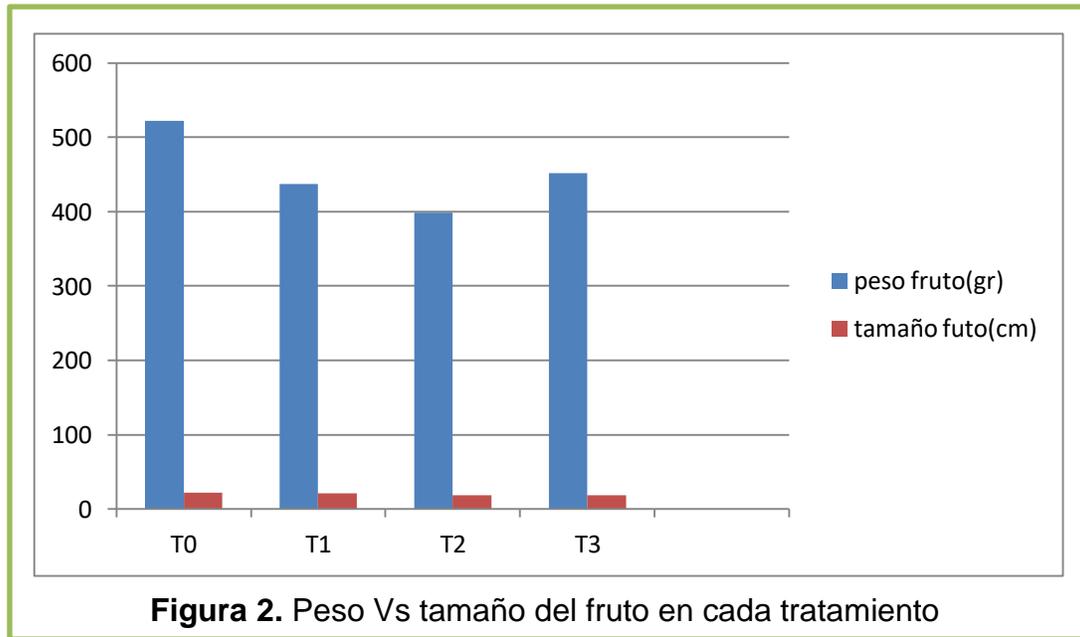
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a tamaños y pesos de los frutos (Figura 2) se ve claramente que el tamaño de los frutos en los 4 tratamientos fue uniforme, contrario al peso en el que los mejores resultados se obtuvieron en el testigo (T0), seguido del tratamiento químico, se logró comprobar que el T3 es una muy buena alternativa como abono, para el manejo del cultivo de pepino, ya que la diferencia de pesos con respecto al T0 es 60 g, por lo que se puede deducir que económicamente es viable la producción orgánica, además se obtiene un producto inocuo de excelente calidad para el mercado.

Aunque en el tratamiento T2 se presentaron los más bajos pesos de los frutos (400 g), se comprobó que el lixiviado si es una buena fuente nutricional en la producción de pepino, además su aplicación no genera ningún problema patológico al cultivo, ya que las plantas no presentaron síntomas que pudieran alertar sobre la presencia de alguna enfermedad.

Los tratamientos T1, T2 y T3 presentaron su pico máximo de producción aproximadamente a los 72 días, en la quinta recolección (R5), lo que indica que el

lombricompostado y el lixiviado ejercen una mejor función al aplicarlos antes de la siembra, contrario a lo que sucedió con el T0 que su pico máximo de producción se presentó a los 62 días después de sembrado el cultivo en la recolección 3 (R3) (Figura 3).



Al realizarse un análisis entre las Figuras 1 y 2, se puede deducir que el número de frutos no tiene mayor incidencia respecto al total de la producción, ya que el T0

aunque presenta mayor número de frutos recolectados y mayor peso de los mismos, al compararlo con los pesos presentados por el T3, la diferencia es poca 15 frutos 120 g, considerando que este posee menor número de frutos cosechados. Aunque en el T2, se obtuvieron los resultados más bajos en cuanto a número 40, tamaño 10 cm y peso 400 g de los frutos, se probó que es una alternativa válida como fertilizante orgánico en la producción de pepino cohombro. Según la prueba de comparación medias, prueba de Tukey, para peso de fruto (Tabla 5), T0 no presenta diferencia con T1, pero si con T2 y T3, aunque T1 fue similar ($P < 0.05$) con estos últimos tratamientos.

Para tamaño de fruto (Tabla 6), T0 es semejante con T1, pero si es mayor con relación al T2 y T3, aunque el valor de T1 es similar ($P < 0.05$) con los de T0 y T2, siendo menor el tamaño en T3, sin embargo, es importante aclarar que el rango de diferencia significa es bajo (1.88 cm), por lo que no puede ser tan influyente en el momento de la comercialización.

Tabla 5. Prueba de comparación medias, prueba de Tukey, para peso de fruto

Diferencia significativa mínima		93.504		
Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento	
A	526.34	14	T0. Químico	
B A	437.55	15	T1. Lombricultivo	
B	430.11	15	T3. 50% Lixiviado	
B	394.68	13	T2. Lixiviado	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Tabla 6. Prueba de comparación medias, prueba de Tukey, para tamaño de fruto

Diferencia significativa mínima		1.8837		
Tukey Agrupamiento	Media	N	Tratamiento	
A	22.1571	14	T0. Químico	
B A	20.8467	15	T1. Lombricultivo	
B C	19.6067	15	T3. 50% Lixiviado	
C	18.4385	13	T2. Lixiviado	

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Teniendo en cuenta los resultados en el análisis económico, se encontró que según la cantidad de producto vendido, los mayores ingresos por ventas por hectárea, se obtuvieron con el tratamiento (T0) \$1.918.958,33, seguido del tratamiento (T1) \$1.709.166,67, luego el tratamiento (T3) \$1.680.130,21 y por último el tratamiento (T2) \$1.336.145,83, en el cual se obtuvo la menor producción y por ende los menores ingresos por ventas.

Respecto a costos de producción por hectárea en estos se presentó la misma secuencia de las ventas, más elevados para T0: \$1.682.750,00 seguido T1: \$1.217.700,00, luego T3: \$1.134.500,00 y por último T2: \$1.041.300,00, en el cual se obtuvo los menores costos, cuya diferencia se dio por los fertilizantes utilizados en cada tratamiento. Al realizar la comparación de los costos vs los ingresos por ventas, se observa que el tratamiento que presenta una mayor utilidad, es el T3: \$545.630,00, seguido de T1: \$491.466,00, luego T2: \$294.845,00 y por último T0: \$236.208,00, esto debido a que en este tratamiento se tienen los mayores costos de producción, teniendo en cuenta que es el tratamiento testigo o tratamiento químico (Tabla 7).

Al llevar estos resultados a un porcentaje de rentabilidad, se obtuvo la mayor rentabilidad con T3: 48.1%, seguido por T1: 40.36%, luego T2: 28.31% y por último T0: 14.03%, en estos casos es importante resaltar que, aunque en T2 se presentan los menores ingresos por ventas, este tiene una mayor rentabilidad que el T0 el cual presenta los mejores ingresos por ventas.

Tabla 7. Comparación utilidad obtenida en los 4 tratamientos

Tratamiento	Costo de producción	Ventas	Utilidad
T0. Trat Quím	\$ 1.682.750,00	\$ 1.918.958,00	\$ 236.208,00
T1. Lombric	\$ 1.217.700,00	\$ 1.709.166,00	\$ 491.466,00
T2. Lixiv	\$ 1.041.300,00	\$ 1.336.145,00	\$ 294.845,00
T3. 50% Lixiv	\$ 1.134.500,00	\$ 1.680.130,00	\$ 545.630,00

En términos generales el cultivo presentó un buen desarrollo, el inicio de la floración se dio a los 29-30 días después de sembrado y la primera cosecha se

hizo a los 52 días, alcanzando un tope máximo de producción al final de la cosecha para los tratamientos orgánicos y a los 62 días después de la siembra para el tratamiento químico, lo que permite deducir que los tratamientos orgánicos no afectaron el ciclo normal de producción del cultivo

Es importante anotar que los ataques de plagas y enfermedades, presentes en la etapa del cultivo, no tuvieron mayor influencia en su ciclo, ni en la producción, por lo que no se realizaron aplicaciones de químicos.

CONCLUSIONES

El cultivo de pepino cohombro respondió bien a la fertilización orgánica, sin lograr superar el testigo químico en cuanto a producción que obtuvo mejor rendimiento, con un total de 3837 kg/ha, y rentabilidad del 14.03%, mientras que, con los tratamientos orgánicos, los mejores resultados se lograron en el tratamiento 50% lixiviado y 50% humus, con un rendimiento de 336026 Kg/ha, siendo este el tratamiento económicamente más rentable (48.1%).

Aunque todos los tratamientos superaron al T2 (100% lixiviado), en cuanto a rendimiento, es importante aclarar que este, es económicamente más rentable que el tratamiento químico, obteniendo un 28.31%, frente al 14.03% respectivamente, lo que lo convierte en una opción promisoriosa en la producción de pepino.

Frente a la utilización del 100% lixiviado como fertilizante, se obtuvo una producción de 2672.26 kg/ha, con una rentabilidad del 28.31%, mientras que al combinar éste con el humus, se aumenta la producción en 688 kg/ha y su rentabilidad en un 19.79%, lo cual indica que el lixiviado es más efectivo en la producción, al utilizarlo como complemento del humus.

Los picos máximos de producción para los tratamientos orgánicos (T1, T2, T3), se obtuvieron aproximadamente a los 72 días después de sembrado el cultivo, contrario a lo que sucedió con el tratamiento químico (T0), que su pico máximo de producción se presentó a los 62 días después de sembrado el cultivo, lo que indica que la fertilización tuvo influencia en el ciclo del cultivo.

RECOMENDACIONES

Promover el uso de abonos orgánicos en las personas dedicadas al cultivo de pepino, con el fin de mejorar las relaciones con el medio ambiente y a la vez disminuir costos de producción, lo cual es benéfico para todos.

Establecer la composición físico-química y microbiológica del lixiviado, en el laboratorio, para que de esta manera, se pueda dar un mejor uso de este, aplicando dosis apropiadas para la producción, en el cultivo que se desee emplear.

Aconsejar a los productores de pepino, el uso de él lixiviado en complemento con el humus, como una alternativa orgánica en el manejo de este cultivo.

Realizar investigaciones semejantes, utilizando diferentes dosis de lixiviado solo y asociado con el humus, en busca de un mayor aporte de nutrientes que mejore la producción y a la vez la rentabilidad del cultivo.

Ejecutar una investigación, aplicando el lixiviado como fertilizante foliar y en otros cultivos, para que de esta manera se logre ampliar su rango de utilización en la agricultura.

BIBLIOGRAFÍA

1. Castellanos F., Valecillos M. Diseño de módulo de lombricultura. Servicio y soporte para la elaboración de Biofertilizante sólido. Universidad de los Andes, Núcleo Universitario Rafael Rangel, Departamento de ciencias Agrarias. INSAI – Pampanito, Estado Trujillo. Tesis de grado para optar al título de Técnico Superior Agrícola, 61 p. 2011.
2. Finck, A Fertilizantes y fertilización. Fundamentos y métodos para la fertilización de los cultivos. Editorial Reverte, Barcelona, España, p 157-171. 1988.
3. Green J., Flores L., Sánchez V. Inteligencia del mercado del pepino. Ed Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S.C. La Paz, Baja California del Sur, México, 85 p. 2012.
4. Hernani N. Comportamiento agronómico de dos variedades de frutilla (*Fragaria* sp.) con la aplicación de dos niveles de humus de lombríz y el bio-fertilizante (zumia-15) en ambiente protegido - Cota - La Paz. Tesis de Pregrado para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. 127 p. 2013.
5. Julca O., Meneses F., Blas S., Bello A. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. Revista Idesia (Arica), 24 (1): 49-61. 2006.
6. Labrador M. La materia orgánica en los agrosistemas: aproximación al conocimiento de la dinámica, la gestión y la reutilización de la materia orgánica en los agrosistemas. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, España. 293 p. 2002.

7. Larco E. Desarrollo y evaluación de lixiviados de compost y lombricompost para el manejo de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en plátano. Tesis de grado para optar al título Magister Scientiae. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Programa de educación para el desarrollo y la conservación, Escuela de posgrados, Turrialba, Costa Rica, 77 p. 2004.
8. López A. Las reservas orgánicas edáficas y su relación con la capacidad de almacenamiento de agua de los suelos agrícolas. Tesis de grado para optar al título de Maestro en ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Texcoco, México, 104 p. 2009.
9. López E., Rodríguez J., Huez M., Garza S., Jiménez J., Leyva E. Producción y calidad de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de invernadero usando dos sistemas de poda. Revista electrónica Idesia (Arica), 29 (2): 21-27. 2011.
10. Mamani G., Mamani P., Sainz H., Vilca R. Comportamiento de la lombriz roja (*Eisenia* spp.) en sistemas de vermicompostaje de residuos orgánicos. Journal of the Selva Andina Research Society. 3 (1): 44-54. 2012.
11. Mendoza L. Manual de lombricultura. SEP, Tuxtla Gutiérrez, México. 39 p. 2008. Disponible En: <http://www.cecytech.edu.mx/Pdf/manuallombricultura.pdf>
12. Morales. J. Estudio para la remoción de metales pesados en los lixiviados de rellenos sanitarios. Trabajo de grado para optar al título de especialista en Ingeniería Ambiental con énfasis en Ingeniería Sanitaria. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, 96 p. 2007.
13. Moya J. Estudio de la calidad nutricional de la vermiharina de lombriz (*Eisenia foetida*) liofilizada como materia prima para la elaboración de balanceado para alevines de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis de grado para optar al título de Bioquímico Farmacéutico. Facultad de ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador, 99 p. 2011
14. Szttern D., Pravia M. Manual para la elaboración del compost, Bases conceptuales y conceptos. Organización Panamericana de la Salud (OPS). Oficina de planeamiento y presupuesto, Unidad de desarrollo municipal. 67 p. 1999.
15. Orta de Velásquez M., Rojas M., Yañez I., Mongue I., Londoño J. Alternativa de tratamiento de lixivados de rellenos sanitarios en plantas de aguas residuales urbanas. Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales, 1 (1). 2006. Disponible En: <http://www.revistas.unam.mx/index.php/aidis/article/view/14445/13780>
16. Pérez E. Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica, Revista Intersedes: Revista de las Sedes Regionales. XIV (29): 6-18. 2013.
17. Pérez J. Cinética de la lombriz de tierra *Eisenia fétida* (Edwards y Bholen, 1996) en la generación de Humus para la producción de Nopal Verdura. Tesis de grado para optar al título de Maestro en ciencias en producción agrícola. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía, 104 p. 2003.
18. Pineda, S. Manejo y disposición de residuos sólidos urbanos. Ed. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Bogotá, 388 p. 1998.
19. Ríos S. Estudio de un método fisicoquímico alternativo para la remoción de carga orgánica del lixiviado proveniente del relleno sanitario "El Carrasco". Tesis de pregrado para optar al Título de Químico. Facultad de ciencias, Escuela de Química. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 130 p. 2006.
20. Vargas V. Evaluación de diferentes dosis de enmiendas húmicas en la producción primaria de forraje del *Lolium perenne* (Rye Grass). Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Escuela de Ingeniería Zootécnica. Riobamba – Ecuador. 21 p. 2011.