

RELACIONES SUELO-PLANTA-ANIMAL EN UN SISTEMA AGROECOLÓGICO DE SIEMBRA DIRECTA Y ASOCIACIÓN DE COBERTURAS MAÍZ-GANADO EN SABANAS BIEN DRENADAS DE VENEZUELA

Elizabeth Ramírez-Iglesias^{1*}, Rosa Mary Hernández-Hernández¹ y Pablo Herrera²

¹Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. Instituto de Estudios Científicos y Tecnológicos. Caracas-Venezuela. ²Estación Experimental La Iguana UNESR. *eliza2030@gmail.com

RESUMEN

Para el proceso de conversión agroecológica de sistemas conservacionistas maíz-ganado, es necesario establecer las relaciones entre los componentes suelo-planta-animal. El presente estudio evaluó el comportamiento de estos componentes en un sistema agroecológico de siembra directa y asociación de coberturas (*Brachiaria dictioneura* y *Centrosema macrocarpum*), durante un ciclo de pastoreo luego de la cosecha del maíz. El diseño experimental fue de parcelas divididas donde los tratamientos fueron con las coberturas introducidas y la sabana natural. Las evaluaciones en los componentes, estuvieron en función de los contenidos de nitrógeno y fósforo disponible del suelo (0-15 y 15-30 cm de profundidad), biomasa forrajera y su valor nutricional (nitrógeno, fósforo, proteína cruda, lignina, fibra detergente ácido, fibra detergente neutro) y respuesta animal (ganancia diaria de peso y condición corporal). En el agroecosistema maíz-ganado con coberturas asociadas introducidas se encontró un mejoramiento de la relación de éstos tres componentes durante el pastoreo, los contenidos de N en suelo fueron de 0,08 y 0,07% a las dos profundidades evaluadas, respectivamente. La producción de biomasa fue mayor en el tratamiento con *Brachiaria dictioneura*, seguido de la sabana natural y *Centrosema macrocarpum*. Esta cobertura presentó concentraciones de N de 2,8% y valores altos en proteína cruda, superiores al 11,15%. En todos los casos, las coberturas introducidas mostraron mayores contenidos nutricionales en biomasa y en el suelo, reflejándose en la mejora de la condición corporal del animal, así como en su ganancia de peso, en contraste con la vegetación natural de la sabana.

Palabras clave: Gramíneas, leguminosas, nutrientes, pastoreo, agroecología.

Soil-plant-animal relations in an agroecological system of direct sowing and association of maize-ground coverings in well drained savanna from Venezuela

Abstract

Agroecological process for converting corn-won conservation systems, it is necessary to establish the relationships between the soil-plant-animal components. This study evaluated the behavior of these components in an agro-ecological system of direct seeding and hedge association (*Brachiaria dictyoneura* and *Centrosema macrocarpum*) for a grazing cycle after the corn harvest. The experimental design was of divided plots where the treatments were with the coverings introduced and the natural savanna. The evaluations in the components were based on the available nitrogen

and phosphorus content of the soil (0-15 and 15-30 cm depth), forage biomass and its nutritional value (nitrogen, phosphorus, crude protein, lignin, detergent fiber Acid, neutral detergent fiber) and animal response (daily weight gain and body condition). In the maize-livestock agroecosystem with associated coverings introduced an improvement in the ratio of these three components was observed during grazing. N contents in soil were 0.08 and 0.07% at the two depths evaluated, respectively. Biomass production was higher in the *Brachiaria dyctioneura* treatment, followed by the natural savanna and *Centrosema macrocarpum*. This coverage had N concentrations of 2.8% and high crude protein values, higher than 11.15%. In all cases, the coverages introduced showed higher nutritional contents in biomass and in the soil, reflected in the improvement of the animal's body condition, as well as in its weight gain, in contrast to the natural vegetation of the savanna.

Keywords: Grasses, legumes, nutrients, grazing, agroecology.

INTRODUCCIÓN

El manejo de monocultivos y de la ganadería extensiva en las sabanas centrales del estado Guárico, ha traído diversos problemas en la fertilidad de suelos e incidencia en la baja calidad de los pastos, que a su vez ha influido en la baja producción agropecuaria de la región. El conocimiento y manejo de los componentes suelo-planta-animal dentro de un agroecosistema maíz-ganado, se plantea como una herramienta adecuada a fin de hacer un uso eficiente de los recursos disponibles en el proceso productivo, debido a que el principal problema que enfrenta la producción ganadera en zonas de sabanas es el efecto de la estacionalidad sobre la producción forrajera (Mendoza *y col.*, 2013). Aunado a esto, se suma la limitación por desconocimiento o mal manejo, debido al uso no adecuado de la carga animal, a un pastoreo intensivo o al no proporcionar períodos de descanso al forraje que incide en la productividad y sustentabilidad del agroecosistema en el tiempo (Rodríguez, 2006). Es por ello que se busca diversificar la producción siguiendo un enfoque agroecosistémico, donde se considere de forma integral los componentes suelo-planta-animal, hecho que a su vez esté orientado a optimizar la productividad del sistema, basado principalmente en los procesos agroecológicos, haciendo seguimiento, evaluación y ajuste de sus componentes, a fin de ir optimizando los procesos en un contexto sostenible (Suzi *y col.*, 2009).

Actualmente la ganadería en general dentro de la concepción agroecológica, se integra con la agricultura, utilizando sistemas pastoriles naturales e introducidos que van evolucionando a una estructura donde los componentes suelo-planta-animal se conjugan en un proceso productivo en el cual se minimiza el estrés al sistema (Altieri y Nicolls, 2000, Suzi *y col.*, 2009).

Los productores a nivel local tienen por tradición la siembra del maíz, y luego la introducción del ganado para que se alimente de los restos de la cosecha en una época crítica para el rebaño como lo es la época seca. Es por ello que en el presente trabajo se plantea una alternativa viable

para la producción cereal-ganado bajo un enfoque agroecológico, que utiliza la siembra directa y asociaciones de coberturas introducidas con cultivos anuales como el maíz, para garantizar una oferta forrajera para el ganado en época seca. Este manejo holístico del agroecosistema hace énfasis en la evaluación de algunos componentes suelo-planta-animal de manera sistémica, así como del efecto que tienen las coberturas *Brachiaria dyctioneura* (gramínea) y *Centrosema macrocapum* (leguminosa) sobre la calidad y productividad del agroecosistema, propiciando un manejo integral que considera las condiciones ambientales y el manejo tradicional de los campesinos en estos agroecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características de la zona de estudio. La investigación se desarrolló en la Estación Experimental “La Iguana”, ubicada geográficamente a 8° 25' N y 65° 25' O y una altitud entre 80-120 msnm (Riera y Guerrero, 1984), en las sabanas del Sur-Oriente del estado Guárico, en los Llanos Centrales Venezolanos a 80 km al sur-este de la población de Santa María de Ipire. Según la clasificación de Ewel *y col.* (1976), la estación se ubica en la zona de vida de bosque seco tropical. El clima es biestacional con dos periodos contrastantes muy marcados; uno seco que va desde noviembre a mayo y otro lluvioso de junio a octubre. La precipitación total anual oscila entre 950 y 1300 mm y las temperaturas medias mensuales entre 26°C y 30°C, siendo los meses más calurosos marzo, abril y mayo (Mata, 1986). Predominan las sabanas bien drenadas o sabanas de *Trachypogon* (Ramia, 1967) caracterizadas por grandes extensiones de gramíneas, dominadas por los géneros de *Trachypogon* y *Axonopus*, con árboles dispersos de las especies *Curatella americana*, *Byrsonima crassifolia* y *Bowdichia virgilioides*. Fisiográficamente puede caracterizarse como una altiplanicie de mesa conservada combinada con depósitos eólicos y algunos afloramientos del material terciario, la pendiente general es de 1 - 3%, con un predominio de un suelo de tipo Ultisol de textura arenosa, con un drenaje interno rápido a moderadamente rápido (Hernández-Hernández *y col.*, 2007). En general los suelos poseen fertilidad de baja a muy baja, con un pH promedio de 5,2 pero puede variar entre 4,5 y 5,8 (Arias y López, 1979; Hernández-Hernández *y col.*, 2011). Los análisis de suelo con fines de fertilidad reportan valores de P muy bajos y su valor promedio es de 2 mg.kg⁻¹; el K también es bajo con valores de 50 mg.kg⁻¹ aproximadamente, y el Ca con valores de 120 mg.kg⁻¹, considerado igualmente bajo; la materia orgánica (MO) de bajos valores de 1,7% (Hernández-Hernández *y col.*, 2007).

Historia de Manejo. En el marco del proyecto: “Manejo agroecológico de suelos de sabanas bien drenadas, con unidades de producción cereal-ganado”, financiado en su momento por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Industrias Intermedias, se estableció un agroecosistema de

maíz-ganado en suelos de sabanas bien drenadas, usando la siembra directa, asociación del maíz con coberturas de gramíneas y leguminosas y diferentes tipos de fertilización fosforada. Para el año 2002 se introdujeron en parcelas adyacentes dos tipos de coberturas perennes en el agroecosistema: la leguminosa *Centrosema macrocarpum* y la gramínea *Brachiaria dictioneura*, considerándose la vegetación natural del ecosistema de la sabana como el tratamiento testigo, ubicada en una parcela adyacente al área experimental. Ambas coberturas se establecieron durante dos años. Al cabo de ese tiempo, se realizó un primer corte de las coberturas para la siembra directa del cultivo de maíz.

Bajo este primer manejo se contempló los tratamientos de coberturas, como lo fue la *Brachiaria dictioneura*, *Centrosema macrocarpum* y como tratamiento de control: la vegetación natural de sabana. En los suelos de todos los ensayos de combinación cobertura-fertilización se añadió una fertilización básica de 150 - 150 - 100 kg ha⁻¹ N-P₂O₅-K₂O, por hectárea.

Dentro de lo que sería el manejo conservacionista de la fertilización en suelos arenosos, se fraccionó la dosis de fertilizante en tres partes; a la siembra se aplicó todo el P₂O₅, así como un tercio de la dosis de N, y la mitad de la dosis de K. A los 20 días después de la siembra (dds) se repitió las dosis de N y K y a los 40 dds sólo se añadió un tercio de N.

La aplicación de fertilizantes fue realizada en el “hilo”, al momento de la siembra del cultivo, puesto que se usó una sembradora ©SEMEATO de siembra directa que abona y siembra al mismo tiempo, ocurriendo también así en los reabonos. Asimismo se utilizó semilla de maíz certificada (HIMECA 3005), aplicada con una densidad de siembra de 60.000 plantas.ha⁻¹ (Hernández-Hernández *y col.*, 2007). Se usó un herbicida de contacto (paraquat) en una dosis baja, a razón de 2 L.ha⁻¹ a fin de atenuar el crecimiento de las coberturas y dar ventaja al crecimiento del maíz.

Previo al momento de la siembra del maíz, las coberturas establecidas se cortaron a ras del suelo con rotativa, y los residuos se dejaron sobre la superficie. La siembra de este cereal se realizó con la sembradora sobre la necromasa de las coberturas, las cuales rebrotaron estimuladas por la fertilización que se realizó previamente. El crecimiento de estos rebrotes fue inferior al del cultivo, lo que impidió un efecto negativo sobre los primeros estadios del maíz. Una vez realizada la cosecha del cereal, al inicio de la época seca, se introdujo el ganado, para que se alimentaran de las coberturas y del rastrojo de maíz, por un periodo de 110 días.

Diseño Experimental. El diseño experimental del ensayo correspondió al de parcelas grandes sin repetición, para el cual se realizó un estudio previo de variabilidad espacial (Machado, 2000), de manera de obtener un diseño que permitiera utilizar áreas de suelos similares

heterogéneas. Con ello se estableció la orientación y el tamaño de las parcelas, al igual que el número de muestras representativas para el suelo (Hernández-Hernández *y col.*, 2007).

A partir del estudio de variabilidad espacial se concluye que sería adecuado establecer, para cada tratamiento, distintos tipos de fertilización a lo largo de la parcela, ello facilitó la mecanización de las actividades de siembra y de fertilización. Así los tratamientos de coberturas se establecieron en parcelas de 400 x 72 m. Con fines de orientación en el sitio, se definieron sub-parcelas de 60 x 15 m separadas por espacios de 40 cm para los muestreos de suelo y vegetación. Por otra parte, cada parcela de tratamiento de fertilización se dividió en dos sectores (potreros), a fin de ubicar a los animales y así obtener repeticiones por tratamiento cobertura-fertilización. Con la finalidad de introducir los animales en época seca se realizó el diseño de potreros. Se establecieron 16 potreros, dividiendo las parcelas en dos sectores de manera de tener repeticiones de animales por tratamiento. Las dimensiones de los potreros fueron de 200 x 72 m, con una carga animal estimada de 1,04 UA.ha⁻¹. Se trabajó con 36 becerros destetados en total, del tipo mestizo criollo limonero con predominancia de sangre cebú, 16 por cada cobertura, los cuales se vacunaron y desparasitaron 2 semanas antes de introducirlos en el ensayo. Previamente se hizo un periodo de adaptación a los potreros, con la finalidad de acostumar a los bovinos al forraje ofrecido y a las barreras utilizadas como cerca eléctrica (Rodríguez, 2006).

Para evaluar de forma integral el efecto de las coberturas (gramínea y leguminosa) sobre la producción maíz-ganado cultivado bajo siembra directa, sobre la dinámica del fósforo en el suelo, las fracciones de biomasa y la ganancia diaria de peso, se realizó seguimientos en los componentes suelo-planta-animal de manera simultánea durante 110 días que duró el pastoreo.

Muestreo. Tanto en el agroecosistema maíz-ganado y como en el ecosistema de sabana de vegetación natural, se cuantificó la biomasa total aérea mediante el uso de un aro de 50 cm de diámetro, cortando todo el material vegetal dentro del aro al ras del suelo. El mismo se lanzó al azar un total de 24 veces por cada tratamiento de cobertura en cada momento de muestreo durante el ciclo de pastoreo, posteriormente se procedió a separar por planta, las hojas verdes y secar por separado todo el material a 40°C y pesarlo a las 48 horas (AOAC, 1980; Brown, 1997). Para el subsistema suelo el muestreo fue simultáneo al de la biomasa y las muestras fueron tomadas con un barreno a una profundidad de 0-15 cm y 15-30 cm, similar al muestreo de biomasa se consideró tomar la muestra de suelo en el mismo lugar y de forma simultánea donde se tomó la de vegetación. En el caso del componente animal, a los mautes (bovinos de entre 120 a 130 kg) se les tomó el peso a fin de determinar durante el ciclo la dinámica de la ganancia diaria de peso (GDP), por otra parte se estimó

la condición corporal (CC), mediante la inspección visual, siguiendo las recomendaciones formuladas por Reinoso y Simón (2000). Tanto para GDP como para CC se consideró siempre la misma hora del día y cercano al ensayo para evitar estrés por parte del animal, éstas determinaciones se realizaron cada 20 días durante 110 días de forma continua. El diseño bajo el cual se determinó la dinámica del agroecosistema maíz-ganado comprendió un pastoreo continuo sin periodos de descanso, comenzando el muestreo antes de introducir el ganado y luego cada veinte días, por un periodo de los ciento diez días que duró el pastoreo, lo cual hace que el diseño plantee un consumo obligatorio por parte del animal.

Metodología Analítica. Para evaluar la respuesta del agroecosistema a los distintos tipos de cobertura, se realizó determinaciones de forma simultánea tanto en la biomasa vegetal como en el suelo, determinando en ambos casos nitrógeno total (Nt) (AOAC, 1980), de igual modo, en la biomasa total y en la hoja verde se determinó el contenido de proteína cruda (%PC), fibra detergente ácida (FDA) y fibra detergente neutra (FDN) (Van Soest, 1991), fósforo total, por digestión vía húmeda, y determinación colorimétrica fue por Murphy y Riley (1962) y por último a las muestras de suelo, se les determinó el fósforo disponible empleando para ello extracción con NaHCO_3 , por el método Olsen (Watable y Olsen, 1965) y su determinación colorimétrica fue por Murphy y Riley (1962).

Análisis estadístico. Se empleó un análisis descriptivo de los datos y un análisis de varianza (ANOVA). Asimismo, se utilizaron varios tratamientos como un conjunto de unidades experimentales para valorar y comparar las respuestas obtenidas por efecto de la *Brachiaria dictioneura* y *Centrosema macrocarpum* en comparación con la sabana natural, teniendo un número de muestras para el subsistema planta de 1080, para el subsistema suelo de 540 y el efecto sobre la respuesta en el subsistema animal de 170 muestras.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + S_j + G_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = es la respuesta de la variable en el i -ésimo tratamiento (coberturas) y la k -ésimo nivel del factor B (ganado).

μ = media poblacional

C_i = efecto de las coberturas en el i -ésimo tratamiento

S_j = representa el efecto del j -ésimo nivel del factor suelo.

G_k = representa el efecto del k -ésimo nivel del factor ganado.

ε_{ijk} = error aleatorio asociado a la observación ijk -ésima

Los valores ε_{ijk} usualmente se suponen normales, independientes, con esperanza cero y varianza común σ^2 . En el presente diseño se consideraron repeticiones a las medidas tomadas a lo largo de la

evaluación. Bajo este modelo experimental se trabajó con correlaciones de Pearson y regresiones lineales. Como prueba para la comparación, se usó la prueba de Duncan (1974), por presentarse para este diseño como la más precisa, con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de biomasa de *Brachiaria dyctioneura*, *Centrosema macrocarpum* y sabana natural durante el ciclo de pastoreo en un agroecosistema maíz-ganado. La producción de forrajes en términos de biomasa aérea total (BAT) y de biomasa de hoja verde (BHV) presentó diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los tratamientos (Figura 1).

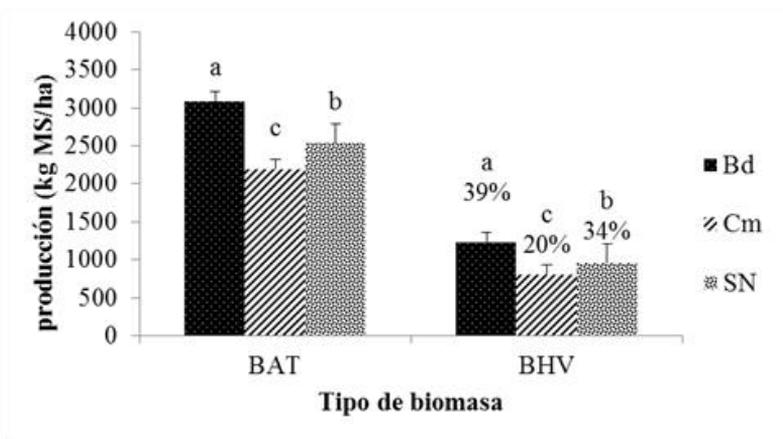


Figura 1. Producción de biomasa de coberturas durante el pastoreo en un agroecosistema maíz-ganado. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos (Duncan $p < 0,05$). *Brachiaria dyctioneura* (Bd), *Centrosema macrocarpum* (Cm) y sabana natural (SN), biomasa aérea total (BAT), biomasa de hoja verde (BHV). Porcentaje sobre cada barra en BHV, indica la proporción de BHV con respecto a la biomasa total en pie al finalizar el ciclo de pastoreo.

La mayor producción de BAT fue para la Bd con 3079,61 kgMS/ha y una desviación standard de $\pm 82,63$ kgMS/ha, seguido de la SN con $2530,90 \pm 804,23$ kgMS/ha y por último la Cm con $2200,08 \pm 920,02$ kgMS/ha. A lo largo del ciclo de pastoreo se observó que las gramíneas tienden a tener mayor disponibilidad de BHV, en la cual la Bd ($1152,88 \pm 903,20$ kgMS/ha) fue significativamente ($p < 0,05$) mayor en comparación con la SN ($824,29 \pm 126,36$ kgMS/ha) y con Cm ($573,45 \pm 115,45$ kgMS/ha). Tanto la BAT como la BHV se consideran variables que tienden a explicar las disponibilidades de biomasa para los animales durante el

pastoreo. Por otro lado, el material que selecciona y consume directamente el ganado es el relacionado con la BHV, de ahí que la proporción en términos de cantidad de hojas es mayor en la gramínea (39%), similar a SN (34%), siendo menor en Cm con 27% de BHV, cercano a 10% menos en comparación con la Bd. De estas coberturas sometidas a periodos de defoliación la más afectada podría ser Cm, no solo porque tiene menos hojas, sino porque es menos eficiente en el proceso fotosintético (C3). Así la disminución del área foliar por pastoreo hace más lenta su recuperación dentro de la pastura.

Resultados similares presentados por Torres *y col.* (1994), Hirata y Pakiding (2004), señalan que en un sistema de pastoreo, en el cual se comparan como recurso alimentario a gramíneas y leguminosas, el aporte de biomasa de las gramíneas es mayor, pero su calidad nutricional es menor (Mokolabate y Haynes, 2002) en comparación con las leguminosas.

Cabe destacar que la calidad nutricional afecta el tiempo de rumia por parte del ganado, permitiendo que éste sea mayor en la gramínea, lo cual disminuye el consumo voluntario en comparación con la leguminosa (Humphreys y Riveros, 1986; Minson, 1990). Este comportamiento determina la distribución de la BAT y la BHV durante el pastoreo, es decir, por un lado el ganado consume menos gramíneas y por otro, está el hecho de que estas plantas se presentan como C4, las cuales muestran una mayor eficiencia fotosintética y en consecuencia una mayor tasa de crecimiento de biomasa en comparación con la leguminosa. En el caso de Cm el ganado selecciona mejor la hoja en comparación con la gramínea, lo cual unido a su menor eficiencia fotosintética (C3), así como a su menor superficie fotosintéticamente activa afecta su crecimiento. Ello no ocurre con las gramíneas que tienen más material verde y menos leñoso.

Es importante señalar que para este tipo de agroecosistemas de sabanas, se debe contemplar la introducción de pasturas adaptadas, las cuales pueden mejorar la productividad del agroecosistema, incidiendo en la producción animal, lo que corrobora el modelo conceptual apoyado por Berroterán (2000).

Calidad bromatológica de las coberturas durante la época de pastoreo. Al evaluar la calidad bromatológica de las coberturas y de las pasturas nativas de la sabana natural durante el ciclo de pastoreo (Tabla 2) se encontró que el contenido de proteína cruda (PC) en promedio y expresado con su desviación standard de Cm fue de $11,15 \pm 0,41\%$, el cual está por encima del valor crítico para la alimentación en bovinos que abarca un rango de 7 a 8% (Lascano *y col.*, 2002; Chacón *y col.*, 2007), en contraste con Bd ($6,70 \pm 0,45\%$) y la SN ($5,63 \pm 0,77\%$) cuyos promedios están por debajo de los valores críticos reportados. En ese sentido, el contenido de PC ha sido utilizado como uno de los parámetros para medir la calidad de los forrajes tropicales al estar correlacionado

consistentemente con medidas del contenido de energía disponible en los forrajes, tales como la digestibilidad de la materia seca y el contenido de fibra (Wilkins, 2000).

Al respecto, Chacón *y col* (2007) señalan valores generales de PC en hojas secas (9,7 %) y tallos (5,2%) los cuales varían dependiendo del tipo de especie, época del año y momento de corte. Estos valores contrastan con los observados en la sabana natural, conformada principalmente por *Trachypogon spicatus* y *Andropogon selloanus*, donde se presentan los mayores déficit de PC (<7%). Sin embargo, hay autores que señalan otras concentraciones de PC en gramíneas nativas de sabanas, de acuerdo al momento del rebrote. Así Mata *y col.* (1985) reportan tenores de 2,50 a 13,01%, Tejos (1996) señala valores de 2,7 a 3,9% y Baldizán y Chacón (2006) de 2,80 a 10,50%.

Tabla 2. Calidad bromatológica de las coberturas introducidas y la sabana natural durante el pastoreo en un agroecosistema maíz-ganado.

COBERTURA	%			
	PC	LIGNINA	FDA	FDN
<i>Brachiaria</i>	6,70 B	4,78B	41,88C	51,51C
<i>dyctioneura</i>	(±0,45)	(±0,35)	(±5,46)	(±3,23)
<i>Centrosema</i>	11,15 A	5,01A	50,62B	58,19B
<i>macrocarpum</i>	(±0,41)	(±0,57)	(±3,34)	(±3,95)
Sabana Natural	5,63 C	4,40AB	64,51A	67,55A
	(±0,77)	(±0,28)	(±2,73)	(±6,45)

PC: proteína cruda, FDA: fibra detergente ácida, FDN: fibra detergente neutro. Letras diferentes en una misma columna señala diferencias estadísticamente significativas entre coberturas y sabana natural. En la tabla se expresa un valor promedio durante el ciclo de pastoreo y su desviación standard (Duncan $p < 0,05$).

Otro parámetro bromatológico de calidad es la lignina, la cual se relaciona directamente con la edad de la planta por formar parte de la pared celular (Hafez y Dyer, 1969). En este sentido, el detrimento de la calidad de un forraje ocurre con el envejecimiento de las hojas afectando su calidad, la cual viene dada por la degradabilidad de la pared celular. Si bien la calidad de un pasto no está determinada por la cantidad de lignina per se, sino por el aumento de ciertos compuestos fenólicos, precursores de la lignina, como los ácidos p-cumárico y ferúlico que se unen a la pared celular (Ibrahim *y col.*, 2001), se utiliza la lignina como un indicador de madurez, digestibilidad y calidad del forraje.

Al estudiar el contenido de lignina durante el pastoreo se observó que la leguminosa Cm presentó mayores valores ($5,01 \pm 0,57\%$) en comparación con la Bd ($4,78 \pm 0,35\%$) (Tabla 2). Esto se debe a que las leguminosas tienden a tener contenidos de pared celular bajos y contenidos de lignina altos, mientras que en las gramíneas sucede lo contrario reportándose

altos valores de pared celular y bajos de lignina (Sene *y col.*, 2012). En este sentido, Velásquez *y col.* (2009) mencionan valores para la Bd que oscilan de 5 a 8% de lignina en agroecosistemas de sabanas. Asimismo Valenciaga *y col.* (2006) han conseguido concentraciones de lignina en gramíneas que oscilan entre 4,2 y 8,9% de acuerdo al momento del corte y el tipo de manejo.

Los contenidos de FDA y FDN fueron mayores en SN con tenores de $64,51 \pm 2,73\%$ y $67,55 \pm 6,45\%$ respectivamente, seguidos de Cm con $50,64 \pm 3,34\%$ y $58,19 \pm 3,95\%$ y por último de la gramínea con $41,88 \pm 5,46\%$ y $51,51 \pm 3,23\%$. El estudio de los contenidos de fibra durante y al finalizar el pastoreo se considera de gran importancia, ya que la materia seca de los forrajes puede ser dividida en dos componentes; uno que agrupa a las fracciones de alta disponibilidad nutritiva (contenidos celulares) y otro que reúne a los componentes fibrosos (pared celular) de disponibilidad variable (Parra *y col.*, 1972) afectando el consumo por parte del ganado. Es así que la fibra detergente ácida (FDA) se refiere a las porciones de la pared celular del forraje que están constituida por celulosa y lignina, estos valores son importantes porque están relacionados con la habilidad del animal para digerir el forraje. A medida que aumenta la FDA la digestibilidad del forraje usualmente disminuye.

Por otra parte, la fibra detergente neutro (FDN) es la pared total de la célula que integra la porción de FDA más la hemicelulosa, su determinación condiciona la formulación de las raciones, porque reflejan la cantidad de forraje que el animal puede degradar junto a la parte soluble a consumir. La FDA y FDN son variables relacionadas, ya que en la FDA se encuentra la parte no degradable por parte del animal, ocupando un espacio en el rumen que afecta el consumo, debido a una tasa de pasaje más lenta. De esta manera a medida que aumenta el porcentaje de FDN, la ingestión de materia seca generalmente disminuye (Órtiz y Uribe, 2010). Al respecto es importante mencionar que el valor de FDN en un forraje es un indicador que se correlaciona inversamente con el consumo voluntario (Sánchez y Moreno, 1994; González *y col.*, 2008), por lo que la SN -en comparación con las coberturas introducidas- debería ser ingerida voluntariamente en menor proporción por tener una FDN más elevada.

Estudios sugieren que las gramíneas se digieren más lentamente que las leguminosas, aunque la degradación total pueda llegar a ser mayor en las gramíneas que en las leguminosas (Sing *y col.*, 2010). Esta aparente contradicción se debe a que las gramíneas son más ricas que las leguminosas en hemicelulosa y las leguminosas en lignina, en comparación con las gramíneas. Pero la hemicelulosa de las gramíneas presenta numerosas uniones con la lignina que hace que su ritmo de fermentación sea muy lento, aunque su digestión potencial total sea mayor que en las leguminosas (Belewu *y col.*, 2010; Sing *y col.*, 2010).

El hecho que la leguminosa es más lignificada puede incidir también en que los residuos en descomposición también lo son y por ello se afecta la biomasa microbiana del suelo y su actividad respiratoria, haciendo el proceso de descomposición más lento (Padrino 2005; Anugroho *y col.*, 2010).

El aporte en términos de calidad de la Cm en el agroecosistema se ve limitado debido a su menor producción de forraje, sin embargo tiene un mayor aporte de proteína cruda, que contribuye con el N en rumen, determinando el crecimiento de la flora bacteriana y promueve una mayor degradabilidad del componente fibroso (Noguera *y col.*, 2014). En el caso de la Bd, el aporte fundamental es de energía vía carbohidratos no estructurales y estructurales, pero con los bajos valores de PC no existe un mejoramiento de la flora bacteriana, y en consecuencia se favorece una baja eficiencia en la degradación de los recursos fibrosos. Por el contrario, la Cm tiene un gran aporte de PC sin un sustrato energético vía fibra que garantice un aporte sustancial de energía, lo cual produce que el exceso de N en rumen no utilizado, tienda a ser eliminado con un costo energético adicional que sale de las reservas del animal, influyendo en su ganancia diaria de peso, durante el pastoreo (Ortiz y Uribe, 2010).

Si bien hasta ahora se ha manejado que el contenido de N contribuye aumentar la producción del forraje y el contenido de PC en la planta, autores como Kok *y col.* (2007) señalan que es erróneo que mejore la calidad del forraje, ya que la energía que está en los glúcidos no se incrementa sino que disminuye. Al elevarse la temperatura, los nitratos se metabolizan, por eso la temperatura reduce la cantidad de nitratos en la planta. Si existe más luz, los glúcidos se metabolizan y se fijan en las estructuras de la planta (Belewu *y col.*, 2010).

Complementariamente, Soest (1982) y Anugroho *y col.* (2010) señalan que aún se desconoce con exactitud la acción del N sobre las paredes celulares, pero estudios indican que el N aumenta la cantidad de lignina porque la planta crece más y forma un mayor número de estructuras. Por su parte, la temperatura incrementa la actividad en la planta, sin embargo la luz eleva los glúcidos, por lo que desciende el contenido de lignina. De igual forma, menos N y más agua, disminuyen el crecimiento de la planta, por lo tanto, baja la lignificación y la demanda de la planta. Las demandas de la planta indican la necesidad de movilizar energía a partir de los glúcidos.

Es por ello, que el efecto que la planta tenga sobre la digestibilidad animal es la combinación de una serie de factores como T, luz, agua, glúcidos solubles en agua, nitratos, pared celular, lignina y digestibilidad. Cabe destacar que una manera de regular la digestión animal es consumir la planta, utilizando buenos sistemas de manejo evitando que lleguen a su madurez, aunque ese efecto puede implicar la reducción en la producción de forrajes.

Contenido de N y P en la biomasa de hoja verde de las coberturas durante el ciclo de pastoreo. Los contenidos de N total fueron mayores en Cm en comparación con Bd y SN ($p < 0.05$) (Tabla 3). Por el contrario, cuando se consideró el aporte de N total en kg/ha, fue la gramínea quien aportó significativamente ($p < 0,05$) más N al agroecosistema maíz-ganado en pastoreo debido a la mayor producción de biomasa verde de la Bd.

Tabla 3. Concentración y aporte de N y P total en la biomasa de hojas verdes de las coberturas forrajeras bajo pastoreo.

COBERTURA	N (%)	APORTE DE N (KG/HA)	P (MG.KG ⁻¹)	APORTE DE P (KG/HA)
<i>Brachiaria</i>	1,2 B	16,9 A	0,3 B	3,6 B
<i>dyctioneura</i>	(±0,04)	(±0,51)	(±0,05)	(±0,28)
<i>Centrosema</i>	2,8 A	10,4 B	0,9 A	5,9 A
<i>macrocarpum</i>	(±0,81)	(±0,69)	(±0,08)	(±0,14)
Sabana Natural	0,8 C	7,8 C	0,1 C	1,4 C
	(±0,06)	(±1,21)	(±0,01)	(±0,15)

En la tabla se expresa un valor promedio durante el ciclo de pastoreo y su desviación standard entre paréntesis. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre coberturas. (Duncan $p < 0,05$).

En este sentido, Poozesh *y col.* (2010) sugieren que el ganado que se alimenta con dietas ricas en proteínas excreta más N en la orina que en el estiércol, por lo que las pérdidas totales de N en el agroecosistema son mayores cuando la pastura contiene especies cuyos contenidos de PC son altos. Por el contrario cuando el ganado consume dietas cuyo contenido de PC es bajo, como es el caso de la Bd, el ganado excretará cantidades de N casi iguales en la orina y en el estiércol. Cabe destacar, que el N del estiércol es principalmente orgánico y solo del 20% al 25% es soluble en agua (Ibrahim *y col.*, 2001). De esto se deduce que las pérdidas totales de N son menores en pasturas cuyos contenidos de PC son bajos.

Los contenidos de P total en los tejidos de la BHV indican una clara diferencia que beneficia a la leguminosa sobre la gramínea y SN. Asimismo, el aporte de P en kg/ha por la BHV, fue mayor en la Cm, seguido de la Bd y la SN. Distinto ocurrió con el aporte de N en kg/ha, puesto que las mayores contribuciones fueron de la Bd, seguido por la Cm y la SN.

Zea (1992) y Pérez (2007) coinciden en señalar la mayor concentración de P en las leguminosas en comparación con las gramíneas, tal como se encontró en la presente investigación. Las leguminosas noduladas reciben la mayor parte del N a través de la fijación biológica del N₂ y favorecer la absorción de P por parte de la planta. En ese sentido, a pesar de la menor producción de BHV por parte de la Cm en comparación con la Bd y SN, su aporte dentro del agroecosistema maíz-ganado en función del P en kg/ha fue mayor. La siembra directa y el empleo de pasturas introducidas mejoró

la oferta de N y P para el ganado, lo cual es importante porque son elementos limitantes en los suelos de sabanas bien drenadas, expresándose en la baja calidad nutricional de las pasturas nativas de la sabana. De la misma forma y en términos de manejo y sostenibilidad, es crucial escoger una especie vegetal forrajera que tengan las bondades de proporcionar protección al suelo, que tenga buena calidad durante el pastoreo y que mantenga sus características adecuadas en función de las fracciones más digeribles según las etapas fisiológicas de la planta, ya que el tipo de crecimiento determina la utilización que se puede hacer de ésta, es decir, si se debe destinar para corte o bien para pastoreo y qué manejo debe aplicarse (Mora y Figueroa, 2005).

Contenidos de N y P nutrientes en el suelo bajo las coberturas introducidas y asociadas a maíz. El contenido de N total fue significativamente mayor ($p < 0.05$) en la Cm en comparación con la Bd y la SN en la profundidad de 0-15 cm (Tabla 4). Los contenidos de N, disminuyeron en la segunda capa del suelo de 15-30 cm bajo Cm, no mostrando diferencias significativas con las otras coberturas.

Tabla 4. Contenido promedio de N total y P disponible en suelos con coberturas y bajo pastoreo continuo, en un agroecosistema maíz-ganado.

Coberturas	Profundidad	
	0-15 cm	15-30 cm
N total (%)		
<i>Brachiaria dictioneura</i>	0,06b ($\pm 0,02$)	0,06a ($\pm 0,02$)
<i>Centrosema macrocarpum</i>	0,08a ($\pm 0,01$)	0,07a ($\pm 0,03$)
Sabana Natural	0,06b ($\pm 0,02$)	0,05a ($\pm 0,01$)
P disponible (mg.kg⁻¹)		
<i>Brachiaria dictioneura</i>	2,29b ($\pm 0,8$)	1,71b ($\pm 0,2$)
<i>Centrosema macrocarpum</i>	3,24a ($\pm 0,5$)	1,49a ($\pm 0,4$)
Sabana Natural	1,16c ($\pm 0,6$)	0,62c ($\pm 0,1$)

En la tabla se expresa un valor promedio durante el ciclo de pastoreo y su desviación standard entre paréntesis. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticamente significativas entre coberturas y sabana natural (Duncan $p < 0,05$).

En este sentido, el empleo de leguminosas en suelos ácidos es positivo porque entre sus múltiples beneficios se encuentra el favorecer la disponibilidad de otros nutrientes, entre ellos el P, sobre todo en los primeros horizontes del suelo, debido a la presencia de micorrizas, las cuales mediante el micelio incrementa el contacto entre raíces y el medio, ésta simbiosis incrementa la toma de nutrientes, especialmente los de difusión limitada como P, Zn y Cu (Castillo *y col.*, 2000; Ibrahim *y col.*, 2001).

En cuanto al contenido de P entre los 0-15 cm, la Cm tuvo los mayores niveles de este elemento, seguido de la Bd y por último de SN (Tabla 4). Estos resultados van en correspondencia con las concentraciones registradas en el

tejido vegetal (Tabla 3) y con los resultados reportados por Hernández-Hernández *y col.* (2011) en suelos, quienes encontraron valores de P disponible de 2,4 a 20 ppm y de 0,9 a 9,4 ppm a las mismas profundidades, respectivamente. El P disponible disminuyó con la profundidad del suelo (Tabla 4), lo cual ha sido atribuido por otros autores a la descomposición de los residuos en la superficie y a la naturaleza poco móvil del P (Lozano *y col.*, 2010; Moussa *y col.*, 2016). Por su parte Evangelou y Blevins (1988) han demostrado que la falta de labranza en el suelo produce una mayor disponibilidad de formas de P en la superficie y la atribuyen al poco contacto suelo-residuo que lleva a una menor incorporación de los fertilizantes al suelo (Lal, *y col.*, 1994; Oladiran *y col.*, 2012).

En los análisis realizados hasta ahora es importante destacar, que en condiciones de pastoreo el crecimiento y la distribución de las coberturas no solo van a depender de la disponibilidad de agua, nutrientes y variaciones del clima sino de la acción de los animales en el pastoreo, cuyas interacciones son numerosas y complejas, con respuestas morfológicas y fisiológicas variables (Rodríguez y Áviles, 1997). Cabe destacar la dependencia del hábito de crecimiento de la cobertura, mecanismo de propagación, persistencia y sistema de manejo empleado para su explotación, presentando un rol fundamental en el ciclaje de nutrientes y en especial de N y P cuyas incorporaciones al suelo son principalmente por las excretas del animal, de ahí la importancia de evaluar la dinámica nutricional durante el ciclo de pastoreo (Kruse *y col.*, 2015).

Es por ello que hay que considerar el efecto del animal no sólo sobre las coberturas por efecto de la defoliación continua, sino también su efecto sobre el suelo que pastorean. De acuerdo a Del Pino y Hernández (2002) los animales en pastoreo retienen una proporción muy pequeña de los nutrientes consumidos. Así mismo, la cantidad de nutrientes exportadas en productos animales varían con la intensidad y tipo de producción, aunque generalmente también representa una pequeña proporción. Consecuentemente, por lo menos dos tercios de los nutrientes consumidos son potencialmente reciclados a través de heces y orina (Daring, 1984, Imran *y col.*, 2016). También se reciclan los nutrientes provenientes de restos de plantas no consumidas que son descompuestas por los microorganismos y la fauna del suelo.

Relaciones Suelo-Planta-Animal. En el agroecosistema maíz-ganado es importante la respuesta del rumiante bajo pastoreo continuo del rastrojo del maíz y de las coberturas introducidas asociadas comparado con la SN, para ello se determinó la condición corporal del ganado, al igual que su ganancia diaria de peso (Figura 2).

Los animales que pastorearon Bd y Cm no mostraron en promedio diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en su CC, a diferencia del ganado que pastoreo la SN, donde se observaron menores valores de

CC ($p < 0.05$), estos valores están en correspondencia con la calidad del suelo y a su vez la calidad nutricional y bromatológica de las especies nativas, incluyendo la disponibilidad de biomasa forrajera y residuos de cosecha. En contraste, la GDP mostró diferencias estadísticas ($p < 0.05$) al comparar entre los tratamientos de coberturas. Los animales que pastorearon la Bd, tuvieron una mayor GDP en comparación con la leguminosa, mientras que el ganado que pastoreó la SN presentó en promedio pérdida de peso.

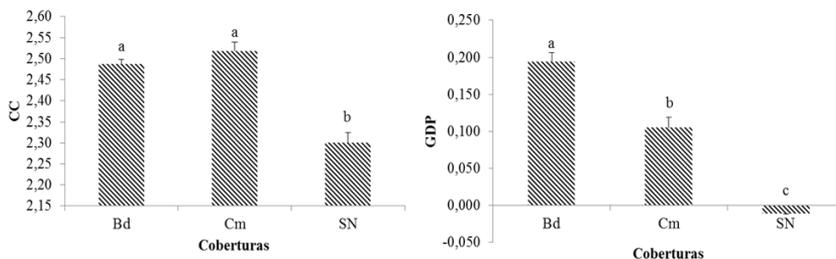


Figura 2. Promedio de la condición corporal y ganancia diaria de peso del ganado (\pm kg cabeza/día) en pastoreo con coberturas introducidas y la sabana natural en un agroecosistema maíz-ganado. Letras diferentes entre coberturas señalan diferencias estadísticamente significativas entre coberturas. Bd: *Brachiaria distachneura*; Cm: *Centrosema macrocarpum*; SN: sabana natural (Duncan $p < 0,05$).

Con base en lo anterior, es de esperarse que la sabana arroje estos resultados debido a que la alimentación del ganado es menos rica en nutrientes, PC, debido a que las pasturas están adaptadas a suelos pobres, tal y como ha sido reseñado por Osorio-Carmona *y col.* (2012).

Evidentemente la calidad de la Bd como forraje fue menor en comparación con el de la leguminosa. Si bien su producción en materia seca es mucho más alta en la época de pastoreo, la leguminosa mostró una mejor calidad nutricional en comparación con la Bd y la SN. Sin embargo en la Cm hay predominio de tallos, que son poco consumidos por los animales, lo que hace mucho más difícil su digestibilidad y en consecuencia el aporte nutricional al ganado en pastoreo es menor. También hay que tomar en cuenta que como la fracción de biomasa verde es mucho más palatable para el animal, es defoliada primero, por lo cual se compromete el aporte de nutrientes en kg/ha hacia dentro del agroecosistema maíz-ganado. Aunado a esto, la leguminosa presenta una menor tasa de crecimiento, por tener una eficiencia fotosintética menor (C3), lo que a su vez genera un bajo aporte de energía en pastoreos sucesivos, afectando la disponibilidad de este forraje que se traduce en una menor biomasa animal a medida que avanza la época de pastoreo.

En la Figura 3, se muestra un comportamiento diferenciado del funcionamiento del agroecosistema maíz-ganado, así como la mayor asociación de las variables para cada cobertura. El agrupamiento mostró que el agroecosistema tanto con la gramínea (Bd) como con la leguminosa (Cm) mostró la mayor parte de las variables asociadas hacia el primer y cuarto cuadrante, englobando variables orientadas hacia la calidad de forraje ofrecido así como la mejora tanto en el GDP como en la CC, de igual forma para las coberturas introducidas se asocian variables relacionadas con la calidad y disponibilidad de nutrientes en el suelo, siendo mayor en los primeros horizontes del mismo. Por otro lado variables como el contenido de lignina y BHV se asociaron más al CP2 (42%), mostrando mayor correlación con la leguminosa, debido posiblemente a la mayor proporción de tallos en comparación con la gramínea.

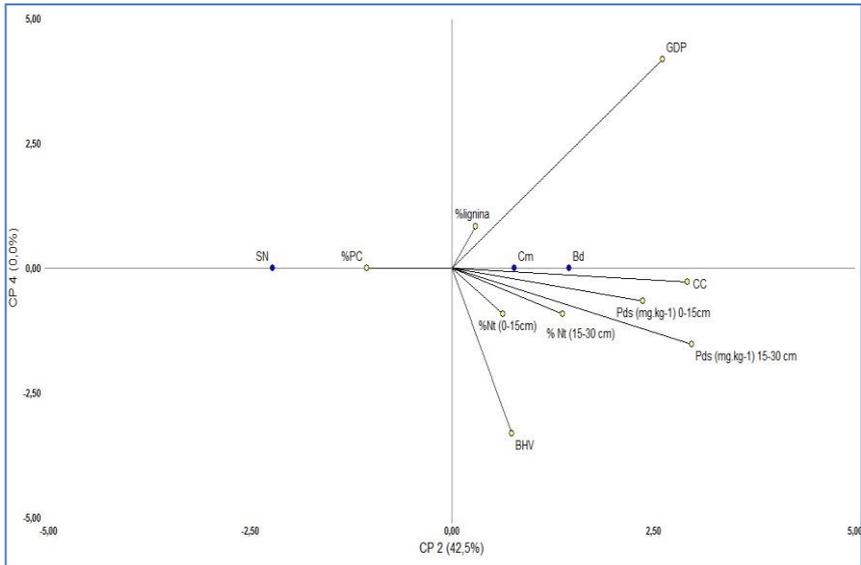


Figura 3. Ordenamiento de los tratamientos de coberturas a través del análisis multivariado en su modalidad de análisis de componente principal. Discriminando por cobertura de *Brachiaria dyclioneura* (Bd), *Centrosema macrocarpum* (Cm), y sabana natural (SN), %PC: porcentaje proteína cruda, BHV: biomasa de hoja verde, %Nt (0-15 cm): nitrógeno total a 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad, Pds: contenido de fósforo disponible de 0-15 cm y 15-30 cm de profundidad.

La sabana natural se ubicó mayormente en el segundo y tercer cuadrante, opuesta a la mayor proporción de variables de calidad tanto para suelo, como para biomasa. Este análisis permite tener una visión global de la similitud y asociaciones entre variables de los componentes

suelo-planta-animal de los agroecosistemas y los tratamientos de cobertura durante el pastoreo, siendo mayormente significativo hacia las coberturas introducidas versus la sabana natural.

Según los resultados encontrados, el agroecosistema ideal es aquel en el que se coordine un balance entre la cantidad de materia seca aportada por la gramínea, la cual proporciona energía al ganado y la PC aportada por la leguminosa (Whitehead, 1995; Baldizán y Chacón, 2004; Sene *y col.*, 2012) a fin de que el agroecosistema se complemente y aporte los requerimientos nutricionales al ganado incidiendo en su mayor producción animal. De esta manera, la productividad en el agroecosistema maíz-ganado depende en gran medida del manejo racional de múltiples factores dentro de la relación suelo-planta-animal; asimismo, es importante considerar que la época seca constituye el periodo crítico para la ganadería. En esta época la disponibilidad de los nutrientes en el suelo se reduce y en consecuencia el rendimiento de los pastos también, ocasionando pérdidas de peso en los animales, su muerte y una apreciable disminución de la continuidad del proceso productivo.

CONCLUSIONES

En los Llanos Centrales de Venezuela la baja calidad nutricional de las pasturas, así como la fuerte estacionalidad representa grandes retos para la alimentación del ganado de la zona. Así que, el empleo de coberturas introducidas como la *Brachiaria dyctioneura* y *Centrosema macrocarpum* asociadas con maíz en la época de lluvia y luego como alimento del ganado en temporada seca, se muestra como una estrategia agroecológica a fin de mejorar la productividad del agroecosistema. La mejora de la fertilidad del suelo en función de los contenidos de N y de P disponible, así como la calidad y aporte nutricional de las coberturas, favorecieron el incremento en la GDP del animal durante la época seca. Es importante resaltar la importancia de evaluar cada forraje por separado, a fin de estudiar sus interacciones, no solo con el medio, sino evaluar la respuesta animal. Esto lleva a concluir que ambas coberturas en el sistema pueden contribuir a generar mejores respuestas de los componentes del agroecosistema, cerrando los diferentes ciclos que permiten interactuar a gramíneas y leguminosas en el ambiente suelo con efecto directo sobre el animal que pastorea. Este planteamiento de manejo agroecológico del sistema de producción maíz-ganado para las sabanas bien drenadas es importante a fin de contrastar la mejor alternativa desde el punto de vista productivo y que a la vez pueda ser incorporado por los productores en sus prácticas agronómicas locales.

LITERATURA CITADA

- A.O.A.C. 1980. *Methods of analysis*. Ed. 13. Washington D.C. EUA. Association of official.
- Allen, S. 1974 *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Blackwell p.252.
- Altieri M., Nicholls C. 2000. *Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable*. PNUMA. Primera edición, 250 pp.
- Arias, I. y G. López. 1979. Característica de los sistemas de producción de la zona de colinas de la región Oriental de Guárico. FONAIAP. Estación Experimental del Nor-Oriente. Valle de la Pascua. Estado Guárico. Boletín N° 3. 56pp.
- Anugroho, A., M. Kitou, F. Nagumo, K. Kinjo y G. Jayasinghe. 2010. Potential growth of hairy vetch as a winter legume cover crops in subtropical soil condition. *Soil Science and Plant Nutrition* 56: 254-262.
- Baldizán, A. y E. Chacón. 2006. El recurso bosque y su utilización en la producción animal sostenible. Simposio - Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el INIA. 146-173.
- Berroterán, J. 2000. Modelo de utilización cereal-pasto en sistemas de producción de sabanas bien drenadas con suelos ácidos en Venezuela. *Interciencia* 25(4):203-209.
- Belewu, M., K. Belewu, T. Fagbemi, O. Salami, S. Onyedumbi y M. Olalude. 2010. The voluntary intake and apparent digestibility of lesser known tree leaf meal based diets for goat. *Tropical Agriculture* 87(2):81-85.
- Brown, S. 1997. *Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer*. FAO Forestry Paper 134.
- Castillo, V., M. Rodríguez, V. Manrique, D. Vásquez, E. Rivas y J. Fariñas. 2000. Efecto de la fertilización nitrogenada, edad y época de corte sobre el valor nutritivo del pasto *Andropogon gayanus*. *Zootecnia Tropical* 18(2):237-254.
- Chacón, E. 2007. Programas de desempeño tecnológico en recursos alimentarios para la producción con rumiantes a pastoreo. I simposio para tecnologías para la ganadería de los llanos de Venezuela. Capítulo IV 251-284 pp.
- Del Pino A. y J. Hernández. 2002. Ciclaje de fósforo por animales bajo pastoreo en campo natural y mejoramientos con leguminosas sobre suelos de basalto. *Agrociencia* 4(2):47-52.
- Duncan, A. 1974. *Quality Control and Industrial Statistics*. 4th Ed., Irwin Homewoods III.
- During, C. 1984. *Fertilizers and soils in New Zealand Farming*. Wellington, New Zealand: Government printer. 355 pp.
- Ewel, J. A. Madriz y J. Tosi. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico 2ª edición. MAC-FONAIAP, Caracas. 265 pp.
- Evangelou, V. y R. Blevins R. 1988. Effects of long-term tillage systems and nitrogen addition on potassium quantity-intensity relationships. *Soil Science Society American Journal* 52: 1047-1054.
- González, C., C. Rossi, A. Pereira, A. Magistris, H. Lacarra y E. Varela. 2008. Determinación de la calidad forrajera en un pastizal natural de la Región del Delta bonaerense argentino. *Zootecnia Tropical* 26(3):223-225.
- Hafez, E. e I. Dyer. 1969. *Animal Growth and Nutrition*. Ed. Lea & Febiger. EEUU. 402 pp.
- Hernández-Hernández, R.M., Z. Lozano, C. Rivero, M. Toro, J. Salazar, A. Torres, A. Ojeda, J. Morales y C. Bravo. 2011. Informe final del proyecto "Manejo agroecológico de sabanas bien drenadas con unidades de producción cereal-ganado. 346 p.
- Hernández-Hernández, R.M., Z. Lozano, M. Toro y C. Rivero. 2007. 1er informe de

- avance de proyecto: "Manejo agroecológico de suelos de sabanas bien drenadas con unidades de producción cereal-ganado. 202 p.
- Hirata, M. y W. Pakiding. 2004. Tiller dynamics in bahía grass (*Paspalum notatum*) an analysis of responses to nitrogen fertiliser rate, defoliation intensity and season. *Tropical Grasslands* 38:100-111.
- Humphreys, L.R. y F. Riveros. 1986. *Tropical pasture seed production*. FAO, Rome. 203 p.
- Humphreys, L. 1978. Tropical pastures and fodder crops. *Intermediate Tropical Agriculture Series First Edition*. 103-121 pp.
- Ibrahim, M., M. Franco, D. Pezo, A. Camero y J. Araya. 2001. Promoting intake of *Cratylia argentea* as a dry season supplement for cattle grazing *Hyparrhenia rufa* in the subhumid tropics. *Agroforestry Systems* 51: 167-175.
- Imran, M., A. Rehim, N. Sarwar y S. Hussain. 2016. Zinc bioavailability in maize grains in response of phosphorous interaction. *Journal Plant Nutrition Soil Science* 179: 60-66.
- Kok, D., E. Ates, I. Korkutal y E. Bahar. 2007. Forage and nutritive value of the pruning residues (leaves plus summer lateral shoots) of four grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars at grape harvest and two post-harvest dates. *Spanish Journal Agricultural Research* 5: 517.
- Kruse, J., M. Abraham, W. Amelung, C. Baum, R. Bol, O. Kühn, H. Lewandowski, J. Niederberger, Y. Oelmann, C. Rüter, J. Santner, M. Siebers, N. Siebers, M. Spohn, J. Vestergren, A. Vogts y P. Leinweber. 2015. Innovative methods in soil phosphorus research: A review. *Journal Plant Nutrition Soil Science*. 178: 43-88.
- Kramer, P. 1983. *Water relations of plants*. Academic Press Inc, N.Y. 389 p.
- Lal, R., A. Mahboubi y N. Fausey. 1994. Long-term tillage and rotation effects on properties of Central Ohio soil. *Soil Science Society American Journal* 58:517-522.
- Lascano, C., R. Pérez, C. Plazas, J. Medrano, O. Perez y J. Argel. 2002. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*): Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. CIAT 18 pp.
- Lozano, Z., A. Mogollón, R.M. Hernández, C. Bravo, A. Ojeda, A. Torres, C. Rivero y M. Toro. 2010. Cambios en las propiedades químicas de un suelo de sabana luego de la introducción de pasturas mejoradas. *Bioagro* 22(2): 135-144.
- Machado, W. 2000. Planificación y análisis de experimentos de campo en grandes parcelas sin repetición. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. *Revista de la Facultad de Agronomía. Alcance* (59): 73 pp.
- Mata, D. 1986. Evaluación de gramíneas forrajeras en el sureste del estado Guárico. Trabajo de Ascenso. Universidad nacional Experimental Simón Rodríguez. Valle de la Pascua. 135pp.
- Mata, D. E. Moreno y N. De Rojas. 1985. Efecto de la edad sobre la composición química del *Trachypogon* spp en una sabana del sureste del estado Guárico. *Zootecnia Tropical* 3 (12):29-48.
- Matheus, R. 1987. Los suelos de la Estación Experimental "La Iguana" sur - este del estado Guárico. Trabajo de grado. Post grado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía UCV, Maracay 235 p.
- Minson, D. 1990. Forage in ruminant nutrition. Division of tropical crops and pastures. Commonwealth Scientific and Industrial Research organization. St Lucia. Queensland. Australia. 115-267 pp.
- Mendoza C., Y. Villegas, J. Salas, M. Patricia, M. Perez y E. Hidalgo. 2013. Evaluación ecológica de tres agroecosistemas de producción ovina en los valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1251-1261.
- Minson, D. 1990. *Forage in ruminant nutrition*. Division of tropical crops and pastures. Commonwealth Scientific and Industrial Research organization. St Lucia. Queensland.

- Mokolabate, M. y R. Haynes. 2002. Comparative liming effect of four organic residues applied to an acid soil. *Biology fertility Soil* 35: 79-85
- Mora, M. y C. Figueroa. 2005. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de *Pennisetum purpureum* en la meseta central de Costa Rica. *Agronomía mesoamericana* 16(1):37-43.
- Moussa B., A. Diouf, S. Abdourahamane, J. Axelsen, K. Ambouta y A. Mahamane. 2016. Combined Traditional Water Harvesting (Zaï) and Mulching Techniques Increase Available Soil Phosphorus Content and Millet Yield. *Journal of Agricultural Science* 8: 4.
- Murphy J. y H.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytical Chemistry Acta* 27: 31-36.
- Noguera, R.R., M.E. Correa y S.L.P. Ochoa. 2014. Cinética de degradación ruminal del ensilaje de rocas con diferentes niveles de inclusión de vinaza. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 8(2), 42-51.
- Osorio-Carmona, E., J. Giraldo-Carmona y W. Narvaéz-Solarte. 2012. Metodologías para determinar la digestibilidad de los alimentos utilizados en la alimentación canina. *Veterinaria Zootécnica* 6(1):87-97.
- Ortiz, M. y D. Uribe D. 2010. Determinación de la actividad lignocelulolítica en sustrato natural de aislamientos fúngicos obtenidos de sabana de pastoreo y de bosque secundario de sabana inundable tropical. *Ciencias del Suelo* 28(2): 169-180.
- Oladiran, O., F. Olajire, R. Abaidoo e I. Nnenna. 2012. Phosphorus Response Efficiency in Cowpea Genotypes. *Journal of Agricultural Science* 4: 1.
- Padrino, M. 2005. Dinámica de la descomposición de coberturas en un sistema conservacionista maíz-ganado del estado Guarico. Tesis de Maestría en Ciencia del Suelo, Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 93 p.
- Parra, R., J. Combellas y E. Gonzalez. 1972. Composición y valor nutritivo de forrajes producidos en el trópico. Fracciones químicas que afectan la disponibilidad de los componentes fibrosos. *Agronomía Tropical* 22(3): 219-230.
- Perez, M. 2007. Eficiencia de algunas leguminosas en la utilización de fosforo proveniente de rocas fosfóricas. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)* 24:113-132.
- Poozesh, V., P. Castillon, P. Cruz y G. Bertoni. 2010. Re-evaluation of the liming fertilization interaction in grasslands on poor and acid soils. *Grass and Forage Science* 65 (2): 260-272.
- Ramia, M. 1967. Tipos de Sabanas en los llanos de Venezuela. *Boletín Sociedad Venezolana Ciencias Naturales* 27: 264-288.60-272.
- Riera, J. e I. Guerrero. 1984. Caracterización agroecológica de la región oriental de Guárico. Subestación Experimental Valle de la Pascua. FONAIAP. (Inédito). 159 p.
- Rivero, C., A. Torres, Z. Lozano, R.M. Hernández, C. Bravo, A. Ojeda y M. Toro. 2012. Efectos del uso de fertilización y cultivos de coberturas sobre el nitrógeno y la materia orgánica en un suelo de sabana, Venezuela. *Venezuelos* 19:55-63.
- Reinoso, M. y L. Simón. 2000. Condición corporal y desempeño productivo y reproductivo de vacas Siboney en un contexto silvopastoril. *Pastos y Forrajes* 23(1).
- Rodríguez, M. 2006. Ceba intensiva en pastos cultivados en un hatillo llanero. Universidad Central de Venezuela. Facultad de ciencias Veterinarias. Maracay. Venezuela. 169-185 pp
- Rodríguez, J.J. y L. Aviles. 1997. Pastoreo intensivo y tradicional: su influencia sobre el sistema suelo-planta-animal en el sureste de México. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 5 (1): 72-75.
- Sánchez, J. y R. Moreno. 1994. Efecto del uso de Mantillos en la práctica del

- Intercultivo*. Los sistemas de siembra con cobertura. CATIE- CIIFAD. 201-216.
- Sene, G., R. Samba-Mbaye, M. Thiao, D. Khasa, A. Kane, A. Manga, M. Mbaye y S. Ndao. 2012. The abundance and diversity of legume-nodulating rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungal communities in soil samples from deforested and man-made forest systems in semiarid sahel region in Senegal. *European Journal of Soil Biology* 52:30-40.
- Sing, S., S. Kundu y S. Maity. 2010. Relative intake, eating pattern, nutrient digestibility, nitrogen metabolism, fermentation pattern and growth performance of lambs fed organically and inorganically produced cowpea hay-barley grain diets. *Tropical Grassland* 44:55-61.
- Suzi, T., L. Duarte, J. Viana, A. Barbosa, E. Rosa, E. Rocha, F. Saraina, J. Souza, J. Batista, L. Telles, M. Guimaraes, M. Belo, M. Molina, R. Mendes, R. Barros y V. Sousa. 2009. *Agroecología: Um novo caminho para a extensão rural sustentável*. Editorial Garamond universitaria. 234 pp.
- Tejos, R. 1996. Carbohidratos no estructurales en dos gramíneas nativas de sabanas bien drenadas. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal* 4(2): 125-134.
- Torres, E., R. Aparicio, E. García y L. Astudillo. 1994. Adaptabilidad de gramíneas y leguminosas forrajeras en el paisaje ecológico de sabana eólica del cunaviche estado Apure. *Zootecnia Tropical* 12(1):133-147.
- Sene, G., R. Samba-Mbaye, M. Thiao, D. Khasa, A. Kane, A. Manga, M. Mbaye y S. Sylla. 2012. The abundance and diversity of legume-nodulating rhizobia and arbuscular mycorrhizal fungal communities in soil from deforest and man-made forest systems in a semiarid Sahel region in Senegal. *European Journal of Soil Biology* 52: 30-40.
- Soest, P. 1967. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forages. *Journal of Animal Science* 26: 119-128.
- Soest, P. 1982. *Nutritional Ecology of the Ruminant Animal* C.U.P. Idraca NY.
- Soest, P. 1991. Effect of silica in forages upon digestibility. *Journal Dairy. Science* 74:3583.
- Valenciaga, D., R. Herrera, S. Oliveira, B. Chongo y V. Torres. 2009. Composición monomérica de la lignina de *Penisetum purpureum* vc. Cuba CT-115 y su variación con la edad del rebrote. *Revista Cubana de Ciencias Agrícolas*. 43(3):315-319.
- Velásquez, R., D. Pezo, C. Skarpe, M. Ibrahim, J. Mora-Delgado y T. Benjamin. 2009. Selectividad animal de forrajes herbáceos y leñosos en pasturas seminaturales en Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* No. 47:51-60.
- Watable, F. y S. Olsen. 1965. Test of an acid arcorbic methods for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. *Science Society of American proceeding* (29): 677-678.
- Wilkins, R. 2000. Forages and Their Role in Animal Systems. En: *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition* (Givens, D., E. Owen, R. Axford y H. Omed, Eds). New York and Oxford, pp:1-12.
- Whitehead, D.C. 1995. *Grassland Nitrogen*. Centre for Agriculture and Biosciences International (CAB). 397 pp.
- Zea, J. 1992. Efecto de intercalar leguminosas, com diferentes dosis de fósforo sobre el rendimiento de maíz (*Zea mays*) em Centroamérica. *Agronomía Mesoamericana*. 3: 16-22.