



## Comportamiento productivo de una asociación Mombaza-Kudzú en diferentes épocas del año



Eduardo Daniel Bolaños-Aguilar <sup>a\*</sup>

Javier Francisco Enríquez-Quiroz <sup>b</sup>

Abraham Fragoso-Islas <sup>c</sup>

Roberto Omar Castañeda-Arriola <sup>d</sup>

Maribel Montero-Lagunes <sup>b</sup>

Julio César Vinay-Vadillo <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Huimanguillo, 86600, Huimanguillo, Tabasco, México.

<sup>b</sup> INIFAP, Campo Experimental La Posta. Paso del Toro Medellín, Veracruz, México.

<sup>c</sup> INIFAP, Sitio Experimental Las Margaritas. Hueytamalco, Puebla, México.

<sup>d</sup> INIFAP, Sitio Experimental Pichucalco. Pichucalco, Chiapas, México.

\*Autor de correspondencia: bolanos.eduardo@inifap.gob.mx

### Resumen:

El objetivo fue evaluar el efecto de la leguminosa kudzú (*Pueraria phaseoloides*) en el rendimiento de materia seca y valor nutritivo de la pradera, y la ganancia de peso de vaquillas en pastoreo. El estudio se realizó del 19-dic-2019 al 21-jul-2020 en 4 ha en el INIFAP-Pichucalco, Chis., con 2 ha de mombaza (*Megathyrsus maximus* var. mombaza) y 2 ha de la asociación mombaza-kudzú. Cada pradera tuvo seis vaquillas en pastoreo rotacional. Se evaluó el rendimiento de materia seca, proteína, fibra detergente neutro, lignina y ganancia diaria de peso. Se utilizó un diseño completamente al azar en arreglo de parcelas divididas

para rendimiento de materia seca y valor nutritivo, y un diseño completamente al azar para la ganancia de peso de los animales. El menor rendimiento de materia seca fue en la época seca con 2,963 kg ha<sup>-1</sup> para mombaza, y 3,771.5 kg ha<sup>-1</sup> para mombaza-kudzú. El mayor rendimiento fue en lluvias con 10,092 kg ha<sup>-1</sup> para mombaza y 8,977 kg para la asociación. Kudzú registró mayor rendimiento en la época de Nortes con 763.4 kg ha<sup>-1</sup> y 19.4 % de cobertura. Kudzú registró 1.7 veces más proteína que mombaza, manteniendo su concentración en 146.26 g kg<sup>-1</sup> MS durante el período de estudio mombaza-kudzú registró 31.9 g kg<sup>-1</sup> MS más proteína que mombaza, mayor fibra detergente neutro (44.3 g kg<sup>-1</sup> MS más) y lignina (8 g kg<sup>-1</sup>MS más). La mayor ganancia de peso de los animales fue en nortes en la asociación con 504 g animal<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> vs 333 g animal<sup>-1</sup> en monocultivo.

**Palabras clave:** *Megathyrus maximus*, *Pueraria phaseoloides*, Rendimiento de materia seca, Valor nutritivo, Producción animal, Pastoreo.

Recibido: 23/05/2023

Aceptado: 27/08/2024

## Introducción

La producción estacional de forraje es el principal problema para el aprovechamiento eficiente de las gramíneas forrajeras por el animal en pastoreo. En las zonas tropicales, las praderas son la base del alimento de los bovinos para la producción de carne, leche o becerros, pero presentan marcada estacionalidad de producción de biomasa por las variaciones del clima durante el año. La mayor parte de la producción de los pastos ocurre durante la época de lluvias caracterizada por temperaturas altas en los meses de junio a septiembre, posteriormente, se reduce la producción forrajera conforme avanzan los meses<sup>(1)</sup>. Se tienen registros de la reducción del rendimiento de forraje de hasta cuatro veces menos en la época seca del año (mediados de marzo a mediados de junio) con respecto a la época de lluvias<sup>(2)</sup>. Lo anterior provoca cambios en la disponibilidad de forraje, y en la capacidad de carga animal de las praderas durante el año. Otro problema con la estacionalidad es que plantas forrajeras de una misma edad pueden presentar un valor nutritivo diferente dependiendo de la época del año en la que se encuentre, lo que induce a variaciones en la producción animal<sup>(3)</sup>.

Estrategias diferentes se han evaluado para el manejo de la distribución estacional de la producción de forrajes. Una de ellas es el uso de praderas asociadas, en la que normalmente se considera el uso de leguminosas asociadas con gramíneas<sup>(4)</sup>. En suelos de baja fertilidad, al evaluarse el rendimiento de materia seca (RMS) y concentración de proteína en una pradera de *Brachiaria humidicola* en monocultivo y asociada a la leguminosa *Arachis pintoi*,

se observó que durante la época seca del año ambas praderas tuvieron el menor rendimiento del año, pero la asociación registró mayor RMS con  $0.8 \text{ t ha}^{-1}$  más con respecto a la pradera en monocultivo<sup>(1)</sup>. También observaron que el pasto humidicola de la asociación registró  $19.21 \text{ g kg}^{-1}$  de MS más proteína que el humidicola en monocultivo. Esta disminución del RMS de la pradera asociada, y la mayor concentración de proteína de la gramínea de la asociación había sido reportada anteriormente<sup>(5)</sup> en las mismas condiciones ambientales, al estudiarse una asociación humidicola-*Stylosantes guianensis*. Aun cuando es conocido que las leguminosas forrajeras presentan mayor concentración de proteína (y minerales) que las gramíneas<sup>(6)</sup>, investigaciones anteriores muestran que las leguminosas también benefician con nitrógeno a las gramíneas acompañantes, el cual es tomado de la atmósfera y fijado al suelo por bacterias que se encuentran en los nódulos de las raíces de estas especies<sup>(7)</sup>.

La disminución del RMS o la mayor estabilidad de producción de una asociación gramínea-leguminosa se debe a la diversidad genética de las especies que componen la asociación, ya que al asociarse especies distintas presentan cambios morfológicos a corto plazo, dándole a la pradera mayor estabilidad en el tiempo<sup>(8,9)</sup>. Debido mayor contenido de proteína y la mayor estabilidad del RMS, las asociaciones gramínea-leguminosas pueden mejorar la nutrición y producción animal en pastoreo<sup>(10)</sup>. Al respecto, se ha observado que el ganado joven valoriza mejor las asociaciones gramínea-leguminosa, al registrarse mayores ganancias de peso diario en novillos ( $602 \text{ g día}^{-1}$ ) que en vacas ( $573 \text{ g}$ ) al pastorear *Andropogon gayanus* asociado a *Stylosanthes capitata*<sup>(11)</sup>. El efecto de la época del año en los cambios de peso, no fueron medidos. Estudios de producción animal en pastoreo de praderas asociadas gramínea-leguminosa en condiciones tropicales, siguen siendo limitados. Se tiene la hipótesis de que las leguminosas forrajeras mejoran la estabilidad de la producción de biomasa de la pradera y la disponibilidad de proteína para el ganado. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el impacto de las leguminosas en el rendimiento de materia seca y composición química de la pradera, y en la ganancia de peso de los animales en pastoreo, en diferentes épocas del año.

## Material y métodos

### Condiciones ambientales y praderas evaluadas

El estudio se realizó en el Sitio Experimental “Pichucalco” perteneciente al INIFAP y ubicado en Pichucalco, Chiapas. El suelo fue de textura franco, alto en materia orgánica (3.59 %), en Fe (83 ppm), en Zn (5.05 ppm), Mn (39.4 ppm) en Cu (6.37 ppm) y bajo en Al (3.93 ppm) y Mg (164 ppm) con densidad aparente de  $1.2 \text{ g cm}^{-3}$  y pH ligeramente ácido (6.0). En los meses de junio a agosto 2018, sobre una superficie de 4 ha se eliminó la vegetación secundaria a través del corte con machete y quema del material cortado. En agosto de ese mismo año se eliminó la gramínea invasora *Paspalum virgatum* con herbicida glifosato

[N-(phosphonomethyl) glycine] aplicando 1 kg de ingrediente activo por hectárea. Una vez eliminadas las malezas, en el mes de septiembre se procedió a la siembra por semilla botánica de dos tipos de pradera: pradera en monocultivo (*Megathyrus maximus* var. mombaza) y pradera asociada gramínea-leguminosa (*mombaza-Pueraria phaseoloides*). La siembra fue por semilla botánica, tanto para la gramínea como para la leguminosa. Dado que era un terreno con lomeríos, la siembra de las dos praderas se realizó a espeque a 50 cm entre golpe y golpe (con aproximadamente 5 cm de profundidad) sobre una línea trazada con hilo de henequén, y a 1 m entre líneas.

Se utilizaron 2 ha para cada pradera. La pradera en monocultivo se sembró a una dosis de 7 kg ha<sup>-1</sup> de semilla comercial. En la pradera asociada la dosis de siembra de mombaza fue de 6 kg ha<sup>-1</sup> y del kudzú de 3 kg ha<sup>-1</sup> y la gramínea se sembró mezclada con la leguminosa. En el mes de octubre se tuvo el ataque de hormigas a las semillas de ambas praderas, las semillas fueron acarreadas fuera del área de estudio afectando fuertemente el establecimiento. Por ello, se resembraron las praderas en el mes de noviembre, impregnando las semillas con un insecticida en polvo organofosforado/piretroide. No hubo fertilización. Tanto la pradera en monocultivo como la asociada quedaron establecidas en junio 2019. Los datos de clima prevalecientes durante el período de estudio se muestran en el Cuadro 1.

**Cuadro 1:** Datos promedio de clima durante el período de estudio en tres épocas del año

|                             | Época del año           |                |                   |
|-----------------------------|-------------------------|----------------|-------------------|
|                             | Nortes<br>(2019 y 2020) | Seca<br>(2020) | Lluvias<br>(2020) |
| Período comprendido         | Nov-Feb                 | Mar-May        | Jun-Jul           |
| Lluvia acumulada, mm        | 580                     | 250            | 450               |
| Lluvia promedio mensual, mm | 145                     | 84             | 225               |
| Temperatura máxima, °C      | 27                      | 34             | 34                |
| Temperatura mínima, °C      | 19                      | 24             | 24                |

Nota: Las temperaturas máximas y mínimas son promedios de la época del año.

Durante los meses de julio a septiembre 2019, se procedió a la delimitación perimetral de la totalidad del área experimental y a la separación de los dos tipos de pradera con alambre de púas utilizando cuatro hilos, formando de esta manera dos parcelas de 2 ha cada una; una parcela para la pradera en monocultivo (mombaza), y una parcela para la pradera asociada (mombaza+kudzú). Durante los meses de octubre y noviembre cada tipo de pradera se dividió en cuatro poteros, para efectos de realizar un pastoreo rotacional dentro de cada tipo de pradera, con cercos eléctricos mediante dos hilos por cerco, y con postes distanciados cada 10 m.

## Manejo de los animales

En total se seleccionaron 12 becerras de la raza Brahman (*Bos indicus*) de 9 meses de edad en promedio, las cuales se dividieron en dos grupos homogéneos de 6 animales, cada grupo se asignó aleatoriamente a una de las dos parcelas. Cada becerro fue considerada una repetición. El grupo 1 promedió 206 kg  $\pm$  22 kg y fue asignado a la parcela de la asociación mombaza-kudzú, y el grupo 2 promedió 210 kg  $\pm$  25 kg y se asignó a la parcela de mombaza en monocultivo. Del 9 al 18 de diciembre se realizó un pastoreo de adaptación de los animales. La evaluación inició el 19 de diciembre 2019 y finalizó el 21 de julio 2020. El pastoreo fue rotacional y consistió en 14 días de ocupación por 42 días de descanso, y se pesó a los animales al término de cada ciclo de pastoreo; esto es, cada 42 días. Debido a fallas de la báscula electrónica ganadera, el primer pesaje se realizó 48 días después de iniciado el estudio.

## Variables de respuesta

La toma de peso de los animales cubrió la parte final de la época de nortes (febrero-marzo), la época seca (marzo a mayo) e inicios de la época de lluvias (finales de mayo-junio). La toma de muestras de forraje disponible de cada tratamiento se realizó cada 42 días a la entrada de los animales a cada uno de los potreros que conformaban las praderas; es decir, al término de cada ciclo de pastoreo. De esta manera, el forraje disponible, después de un reposo de la pradera de 42 días, se determinó mediante el método del m<sup>2</sup> (12), el cual consiste en cortar el forraje dentro de cuatro cuadros de acero de 1.0 m<sup>2</sup> cada uno, asignados aleatoriamente en cada uno de los potreros de la pradera de mombaza en monocultivo, como en cada uno de los potreros de la asociación. De esta manera, para las cosechas (o toma de muestras) de ambos tipos de praderas se utilizaron cuatro repeticiones, esto significó la toma de cuatro repeticiones por tratamiento en las fechas del 19 de diciembre 2019, 23 de enero y 28 de febrero 2020 para la época de nortes, 4 de abril y 10 de mayo para la época seca, y 15 de junio y 21 de julio para la época de lluvias.

La toma de muestras consistió en cosechar toda la biomasa o materia verde (MV) dentro de cada cuadro con cortes a 15 cm sobre el nivel del suelo para ambas praderas. Cuando el m<sup>2</sup> cubría plantas individuales de kudzú, éstas eran cosechadas a 7 cm del nivel del suelo. En forma paralela a la toma de muestras mencionadas, en la pradera asociada también se tomaron muestras adicionales de kudzú para su evaluación individual en rendimiento, composición química y su proporción en la pradera asociada. El material vegetal cosechado se pesaba en báscula electrónica portátil con capacidad de 10  $\pm$  0.001 kg. Para determinar el rendimiento de materia seca (RMS, kg ha<sup>-1</sup>) de cada potrero, se separaron submuestras de 300 g de MV, se secaron en estufas de aire forzado a 65 °C por 48 h. De esta manera, el rendimiento de materia seca disponible (RMS) se calculó con base en el rendimiento en materia seca de los

300 g de MV así como en el rendimiento de materia verde total de 1 m<sup>2</sup>, extrapolado a una hectárea. Para la determinación del rendimiento de MS (kg ha<sup>-1</sup>) o proporción de la leguminosa en la biomasa total, se utilizó una segunda submuestra de 200 g, la cual se separó en sus componentes gramínea y leguminosa. La proporción de la leguminosa (%) en la biomasa total, se obtuvo dividiendo el peso seco de la leguminosa por el peso seco de la biomasa total (gramínea + leguminosa).

Las concentraciones (g kg<sup>-1</sup>MS) de proteína, de fibra detergente neutro (FDN) y de lignina, se determinaron solo en tres fechas de muestreo (19 de diciembre 2019, 10 de mayo y 21 de julio 2020) representativas de cada época del año, estando formadas las muestras por hojas y tallos. Estas determinaciones se cuantificaron de las muestras secas de 300 g de MV, que fueron previamente molidas a un tamaño de partícula de 1 mm en un Molino Wiley. La concentración de proteína se determinó por el método de Kjeldhal<sup>(13)</sup>, multiplicando el contenido de N por el factor de conversión 6.25. La FDN se determinó empleando sulfato lauril sódico a pH neutro<sup>(14)</sup>.

### **Análisis estadístico**

El análisis de varianza aplicado para determinar el forraje disponible y el valor nutritivo y ganancia de peso de las becerras fue con base en el programa GLM del SAS<sup>(15)</sup>. El efecto de fecha de cosecha, tipo de pradera y de la interacción fecha × RMS, se analizaron en un diseño completamente al azar en arreglo de parcelas divididas; la parcela grande fue la fecha de cosecha, y la parcela chica el tipo de pradera. Para el estudio de la composición química se analizó una fecha representativa en ambos tratamientos y por cada una de las tres épocas del año. De esta manera, las fechas analizadas para composición química fueron el 19 de enero, 10 de mayo y 21 de julio 2020 con respecto a las épocas de nortes, seca y lluvias. La comparación entre medias fue por el método de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). La ganancia de peso de las becerras se analizó separadamente bajo un diseño completamente al azar con seis repeticiones, en el que se analizaron los efectos de los tratamientos (tipos de pradera) sobre la ganancia diaria promedio. Los animales fueron utilizados como repeticiones, con comparación de medias con la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

### **Resultados y discusión**

Las condiciones climáticas durante el período de pastoreo variaron de manera importante. La lluvia total acumulada en la época de nortes fue 330 mm mayor que en la época seca y 130 mm mayor que en la época de lluvias; sin embargo, la temperatura promedio fue mayor y semejante en la época seca y de lluvias, mientras que la temperatura promedio en nortes fue de 6 °C menos que en el período seco y de lluvias (Cuadro 1).

## Rendimiento de materia seca disponible (RMS)

Se presentan datos de RMS de mombaza en monocultivo, de la asociación mombaza-kudzú y de kudzú por separado. Hubo interacción ( $P \leq 0.05$ ) fecha de cosecha  $\times$  tipo de pradera para el RMS disponible (Cuadro 2). El patrón cronológico del RMS disponible fue similar en ambos tipos de pradera a través del período de evaluación.

**Cuadro 2:** Cuadros medios para el rendimiento de materia seca disponible de las praderas (RMS), de la leguminosa, de la pradera asociada, y composición química del forraje disponible, a la edad de rebrote de 42 días después del pastoreo, cosechado en siete fechas diferentes y en dos tipos de praderas

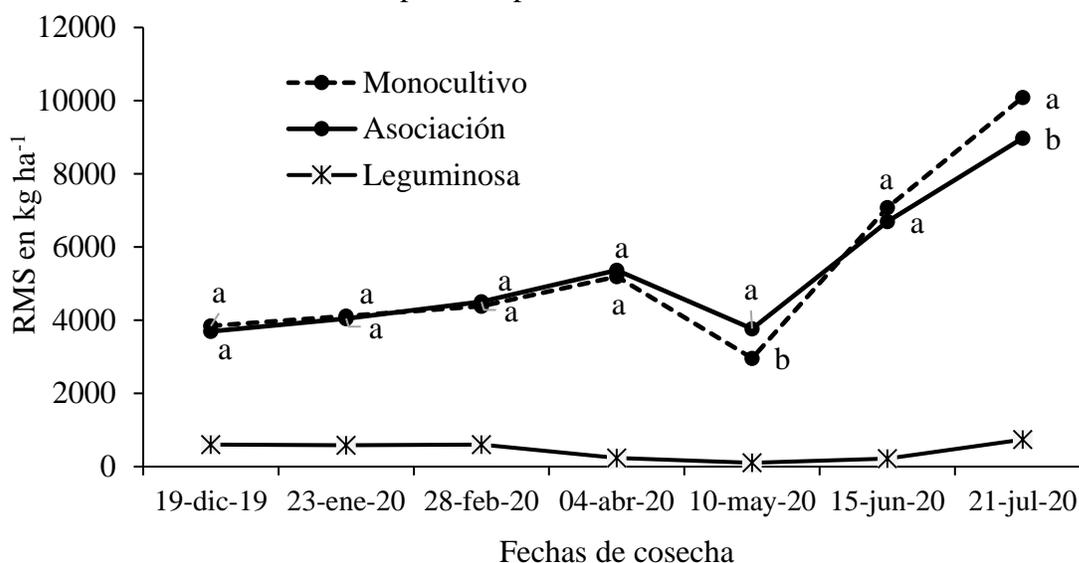
| Variables medidas               | Media   | Fecha (F)                 | Pradera (P)               | F x P                   |
|---------------------------------|---------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| RMS, kg ha <sup>-1</sup>        | 5337.07 | 383 x 10 <sup>5</sup> NS  | 107 x 10 <sup>3</sup> *** | 685 x 10 <sup>3</sup> * |
| Leguminosa, kg ha <sup>-1</sup> | 660.12  | 156 x 10 <sup>3</sup> *** | -----                     | -----                   |
| GL                              |         | 6                         | 1                         | 6                       |
| Proteína, g kg <sup>-1</sup> MS | 98.75   | 2975.9***                 | 4585.6***                 | 635.4**                 |
| FDN, g kg <sup>-1</sup> MS      | 716.42  | 43.44 NS                  | 8831.2***                 | 805.72*                 |
| Lignina, g kg <sup>-1</sup> MS  | 52.87   | 610.33***                 | 11.20 NS                  | 162.00 NS               |
| GL                              |         |                           |                           |                         |

FDN= fibra detergente neutro. GL= grados de libertad. \*, \*\*, \*\*\* Nivel de significancia al 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente. NS= no significativo.

Del 19 de diciembre al 4 de abril y en la cosecha del 15 de junio, no hubo diferencias ( $P > 0.05$ ) en la disponibilidad del RMS entre ambos tipos de pradera (Figura 1), con rendimientos de MS promedio de 3,769, 4,079, 4,444 y 5,279 kg ha<sup>-1</sup>, con respecto a las fechas 19-dic-19, 23-ene-20, 28-feb-20 y 04-abr-20, y con un rendimiento de 6,885 kg ha<sup>-1</sup> para la fecha del 15 de junio.

Las diferencias en RMS entre los dos tipos de pradera se dieron en la época seca (en la cosecha del 10 de mayo), y en la época de lluvias (cosecha del 21 de julio). Durante la época seca, la asociación mombaza-kudzú fue la pradera con mayor RMS, con un valor de 3,771 vs 2,963 kg de MS ha<sup>-1</sup> de la pradera constituida por mombaza (Figura 1). Al comparar una pradera asociada *Brachiaria humidicola-Arachis pintoi* vs *B. humidicola* en monocultivo, se observó que la pradera asociada fue más estable por registrar mayor RMS que la pradera en monocultivo en la época seca del año, en suelos muy ácidos (pH de 4.6) de baja fertilidad<sup>(1)</sup>.

**Figura 1:** Rendimiento de materia seca (RMS) de una pradera de mombaza en monocultivo, mombaza en asociación con kudzú, y de kudzú por separado, a la edad de rebrote de 42 días después del pastoreo en diferentes fechas de muestreo



<sup>ab</sup> Letras diferentes dentro de una fecha indica diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ).

La mayor estabilidad de producción de las praderas asociadas en épocas de difícil crecimiento para la planta ya había sido también observada en otros estudios<sup>(16,17)</sup>. Esta estabilidad de producción de la asociación, estuvo explicada anteriormente<sup>(9)</sup>, demostrándose que la diversidad de especies en una pradera regula su productividad y estabilidad por la inducción de efectos complementarios. Por otra parte, la fijación de nitrógeno al suelo por la leguminosa, pudo haber sido aprovechada por la gramínea y de esta manera obtener un mayor RMS que cuando está en monocultivo<sup>(18)</sup>. En la época de lluvias, particularmente en la cosecha del 21 de julio los RMS se invirtieron, ahora la pradera en monocultivo registró el mayor rendimiento con 1,115 kg ha<sup>-1</sup> más, que la registrada en la pradera asociada (Figura 1). Resultados semejantes fueron reportados con anterioridad<sup>(5)</sup>, en el que se registró, en una pradera de *Brachiaria humidicola* en monocultivo, 1,200 kg ha<sup>-1</sup> más de producción de MS que en la asociación *B. humidicola-Stylosanthes guianensis* en la época de lluvias.

Al observar la conducta del RMS entre fechas de cosecha, se registran cambios a lo largo del período de estudio para los dos tipos de pradera (Cuadro 3). En una primera etapa se registra una estabilidad en el RMS en ambos tipos de pradera del 19-dic-19 al 04-abr-20 por no observarse diferencias ( $P > 0.05$ ) en RMS entre fechas de cosecha en este período. Posteriormente, este patrón del RMS disponible incluyó una declinación al pasar del mes de abril a mayo (época seca del año), lo que coincidió con una disminución en más de 300 mm de precipitación acumulada, en ambos tipos de pradera. La pradera en monocultivo disminuyó el RMS en 2,232 kg ha<sup>-1</sup> al pasar del 4 de abril al 10 de mayo (período de 42 días), mientras que en este mismo período la pradera asociada registró una menor disminución con

1,593 kg ha<sup>-1</sup>. Lo anterior significó una tasa de reducción del RMS de 53 kg ha<sup>-1</sup>día<sup>-1</sup> para la pradera en monocultivo, y de solo 38 kg para la pradera asociada. Este mayor RMS de la asociación en la época seca coincide con otro estudio<sup>(19)</sup> en el que se observó mayor rendimiento en la época seca cuando se utilizan mezclas de gramíneas con leguminosas. Al término de la época seca, en particular del 10-mayo-20 al 21-jul-20 (época de lluvias) la pradera en monocultivo registró el mayor aumento del RMS, incrementándose en 7,129 kg ha<sup>-1</sup>, siendo en este mismo período el incremento menor para la pradera asociada, con un registro de 5,206 kg ha<sup>-1</sup> de MS. Este incremento coincidió con un aumento en 200 mm más de lluvia acumulada, con respecto a la lluvia acumulada de la época seca.

**Cuadro 3:** Forraje disponible (MS) en dos tipos de pradera, forraje disponible de la leguminosa en la pradera asociada proteína, fibra detergente neutro (FDN) y lignina del forraje disponible sobre siete fechas de cosecha

| Tipo de pradera          | Fechas de muestreo | Forraje disponible (kg MS ha <sup>-1</sup> ) | Leguminosa (kgMS ha <sup>-1</sup> ) | Composición química (g kg <sup>-1</sup> MS) |                     |                   |
|--------------------------|--------------------|--|-------------------------------------|---|---------------------|-------------------|
|                          |                    |  |                                     | Proteína                                    | FDN                 | Lignina           |
| Mombaza en monocultivo   | 19-dic-2019        | 3843.3 <sup>c</sup>                          |                                     | 80.4 <sup>b</sup>                           | 704.3 <sup>a</sup>  | 60.8 <sup>a</sup> |
|                          | 23-ene-2020        | 4111.3 <sup>cde</sup>                        |                                     | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 28-feb-2020        | 4385.5 <sup>cd</sup>                         |                                     | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 04-abr-2020        | 5195.0 <sup>c</sup>                          |                                     | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 10-may-2020        | 2963.0 <sup>e</sup>                          |                                     | 96.7 <sup>a</sup>                           | 691.8 <sup>a</sup>  | 41.2 <sup>b</sup> |
|                          | 15-jun-2020        | 7076.5 <sup>b</sup>                          |                                     | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 21-jul-2020        | 10092.0 <sup>a</sup>                         |                                     | 71.2 <sup>c</sup>                           | 686.7 <sup>a</sup>  | 43.7 <sup>b</sup> |
| Media                    | 5380.8             |  | 82.7                                | 694.2                                       | 48.6                |                   |
| Mombaza asociada a kudzú | 19-dic-2019        | 3695.8 <sup>d</sup>                          | 773.8 (21) <sup>a</sup>             | 121.8 <sup>b</sup>                          | 722.3 <sup>a</sup>  | 67.8 <sup>a</sup> |
|                          | 23-ene-2020        | 4047.3 <sup>d</sup>                          | 788.2 (20) <sup>a</sup>             | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 28-feb-2020        | 4503.0 <sup>dc</sup>                         | 728.3 (17) <sup>ab</sup>            | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 04-abr-2020        | 5364.3 <sup>c</sup>                          | 561.1 (11) <sup>bc</sup>            | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 10-may-2020        | 3771.5 <sup>d</sup>                          | 335.1 (9) <sup>d</sup>              | 142.7 <sup>a</sup>                          | 744.6 <sup>a</sup>  | 49.4 <sup>b</sup> |
|                          | 15-jun-2020        | 6694.3 <sup>b</sup>                          | 519.0 (8) <sup>dc</sup>             | -----                                       | -----               | -----             |
|                          | 21-jul-2020        | 8977.0 <sup>a</sup>                          | 915.2 (11) <sup>a</sup>             | 79.53 <sup>c</sup>                          | 748.73 <sup>a</sup> | 54.16             |
| Media                    | 5293.2             | 660.10                                       | 114.7                               | 738.5                                       | 57.1                |                   |

Números entre paréntesis la proporción de la leguminosa, calculada en base a las muestras cosechadas, en la pradera asociada medida en porcentaje.

<sup>abcd</sup> Promedios con letra diferente dentro de una columna por tipo de pradera, son diferentes estadísticamente ( $P \leq 0.05$ ).

El kudzú, presente en la pradera asociada, mantuvo un bajo RMS, lo que significó en una baja proporción de esta leguminosa dentro de la pradera, a través de las diferentes fechas de cosecha (Cuadro 3). En los meses con temperaturas mínimas y con humedad ambiental favorable (19-dic-19 al 28-feb-20) el kudzú registró los mayores RMS promediando 763.4 kg ha<sup>-1</sup>, lo que significó un 19.4 % del rendimiento de la pradera. Esta proporción tuvo una declinación considerable durante el período seco del año, disminuyendo su RMS a 335 kg ha<sup>-1</sup> (9 %) al pasar del 28 de febrero al 10 de mayo. Posteriormente, al final del estudio (mes

de julio) y durante la época de lluvias, el RMS del kudzú aumentó a  $915 \text{ kg ha}^{-1}$  pero mantuvo su proporción en la pradera en 11.0 % dado al elevado aumento en biomasa de la pradera (mombaza + kudzú) la cual pasó de  $3,771.5 \text{ kg ha}^{-1}$ , en el período seco, a  $8,977 \text{ kg MS ha}^{-1}$  al final del estudio (época lluviosa). Resultados semejantes, en cuanto el rendimiento de la leguminosa, fueron reportados con antelación<sup>(20)</sup>, mencionando un aumento en tres veces más del kudzú al pasar de la época seca a la época de lluvias; sin embargo, el pasto mombaza (planta C4), expresó el potencial que tiene para convertir, con mayor eficiencia, los fotoasimilados en biomasa cuando se encuentra en condiciones favorables de humedad, en comparación con el kudzú (C3).

### Composición química

Hubo interacción fecha de cosecha x tipo de pradera para la concentración de proteína y FDN, excepto para la concentración de lignina (Cuadro 2). En proteína, la interacción fue originada en la época de lluvias (21-jul-20) al no haber diferencias entre los dos tipos de praderas en concentración de proteína, promediando ambas praderas  $75 \text{ g kg}^{-1}$  de MS. Por el contrario, tanto en la época de nortes (19-dic-19) como en la época seca (10-mayo-20), la concentración de proteína fue mayor en la pradera asociada registrando 41 y  $40 \text{ g kg}^{-1}$  de MS más proteína que la pradera en monocultivo, en dichos períodos respectivamente (Figura 2). La pradera mombaza-kudzú registró una mayor concentración de proteína, como resultado de que kudzú tuvo 1.7 veces más proteína que el pasto mombaza, manteniendo esta leguminosa una alta concentración de proteína a lo largo del estudio, con un promedio de  $146.2 \text{ g kg}^{-1}$  de MS (Cuadro 4).

Entre fechas de cosecha, las variaciones en concentración de proteína fueron diferentes tanto en la pradera en monocultivo como asociada (Cuadro 3). Ambas praderas registraron las mayores concentraciones en la época seca (10-mayo-20), y las menores en la época de lluvias (21-jul-20). En la pradera en monocultivo se registraron valores promedio de 16 y  $25 \text{ g kg}^{-1}$ MS más de proteína en la época seca que en nortes y lluvias, respectivamente. La disminución de proteína en los dos tipos de pradera en el período lluvioso del año, posiblemente se debió a su mayor crecimiento de la planta inducido por las mayores precipitaciones, lo que ocasionó una dilución de proteína con el aumento en biomasa de la pradera. Este fenómeno de dilución de la proteína ha sido explicado en pastos tropicales<sup>(21)</sup>, y consiste en la disminución de la concentración de proteína por unidad de materia seca acumulada en la planta durante su crecimiento.

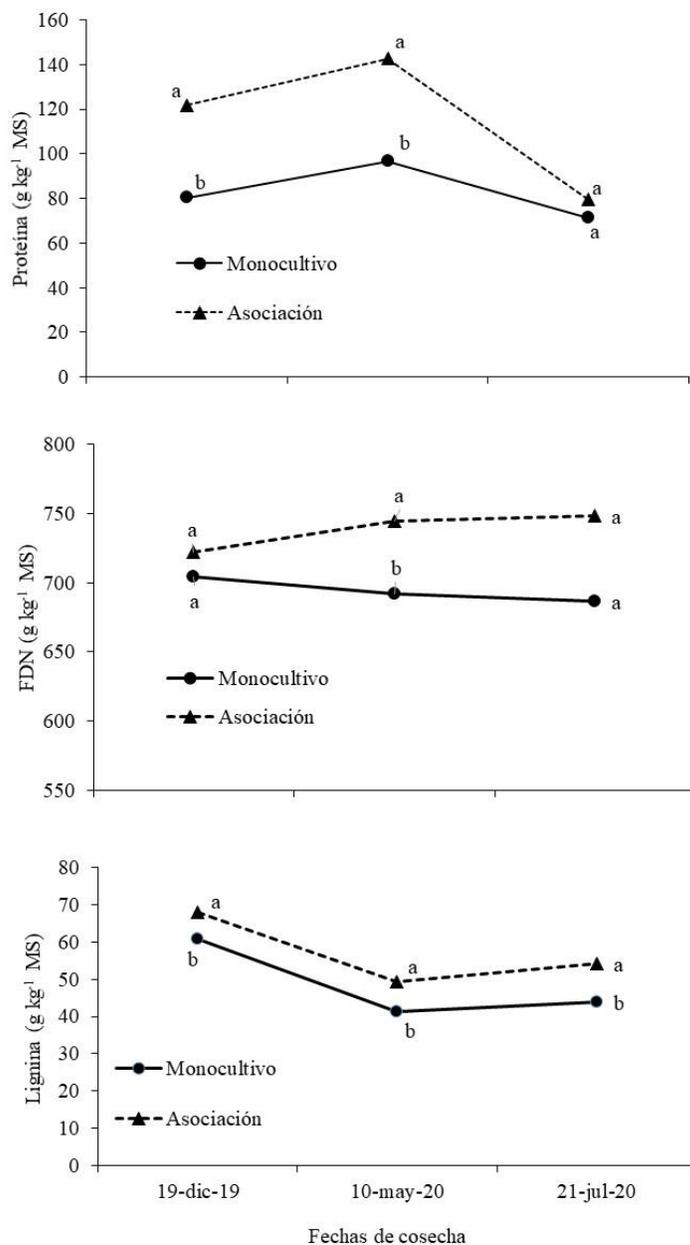
La interacción fecha de cosecha x tipo de pradera para la FDN (Cuadro 2) se registró en la época seca del año (10-mayo-20), por presentar mayor concentración la pradera asociada y no haber diferencias entre ambas praderas en las dos épocas del año restantes. En la época seca la pradera asociada registró  $52.8 \text{ g kg}^{-1}$  de MS más FDN que en la pradera en

monocultivo. En las épocas de nortes y lluvias, no hubo diferencias en concentración de FDN entre los dos tipos de pradera, registrándose valores promedio de 713.3 y 717.3 g kg<sup>-1</sup> de MS para el 19-dic-19 y 21-jul-20, respectivamente (Figura 2). Entre fechas de cosecha o épocas del año, tanto la pradera de mombaza en monocultivo como asociada con kudzú, la concentración de FDN no registró cambios (Cuadro 3). A lo largo del período de estudio la pradera en monocultivo promedió 694.2 g kg<sup>-1</sup> de MS y la pradera asociada 738.5 g de FDN.

Dada la ausencia de interacción fecha de cosecha × tipo de pradera para la concentración de lignina (Cuadro 2), las mayores concentraciones a lo largo del período de estudio se registraron en la pradera de mombaza-kudzú (Figura 2). Esta pradera asociada registró 7.0, 8.2 y 10 g kg<sup>-1</sup> de MS más lignina que la pradera en monocultivo para la época de nortes, seca y de lluvias, respectivamente. La mayor concentración de lignina en la pradera asociada es el resultado de la alta concentración de lignina registrada en kudzú, registrando un valor promedio de las tres épocas del año de 89.5 g kg<sup>-1</sup> de MS (Cuadro 4). Estos altos valores de lignina coinciden con otro estudio<sup>(22)</sup> en donde se evaluó el valor nutritivo del kudzú a diferentes edades para consumo animal, teniéndose como resultado que a los 40 días de edad el kudzú registraba concentraciones promedio de 90 g kg<sup>-1</sup> de MS, siendo menor la concentración de lignina antes de los 40 días.

Variaciones en concentración de lignina entre fechas de muestreo se observaron en ambos tipos de pradera. Tanto en la pradera en monocultivo como en asociación, la concentración de lignina fue mayor en nortes, y fue semejante en las épocas seca y de lluvias (Cuadro 3). Esta mayor concentración en nortes, se debió a la favorable disponibilidad de agua en el suelo lo que probablemente propició un aumento en el número de tallos de las plantas, pero con lento crecimiento por las temperaturas mínimas durante esta época. Los tallos con lento crecimiento aceleran el proceso de lignificación de los órganos vegetativos<sup>(23)</sup>. La pradera en monocultivo registró 18.3 g kg<sup>-1</sup> de MS más de lignina en nortes con respecto al valor promedio (42.4 g) de las épocas seca y de lluvias. Además, la pradera asociada registró 16 g más de lignina en nortes que el promedio (51.7 g) registrado en las épocas seca y de lluvias.

**Figura 2:** Concentración de proteína, fibra detergente neutro (FDN), y lignina de una pradera de mombaza en monocultivo, y de la asociación mombaza + kudzú, a la edad de rebrote de 42 días después del pastoreo en tres fechas de muestreo, representativas de las épocas de nortes (19-dic-19), seca (10-may-20) y lluvias (21-jul-20).



Letras diferentes dentro de una fecha, indican diferencias estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

**Cuadro 4:** Proteína cruda, fibra detergente neutro (FDN) y lignina del kudzú de la asociación, a la edad de rebrote de 42 días en tres fechas de cosecha diferentes

| <b>Fechas de muestreo</b> | <b>Proteína</b>    | <b>FDN</b><br><b>g kg<sup>-1</sup> MS</b> | <b>Lignina</b>    |
|---------------------------|--------------------|---|-------------------|
| 19 de diciembre 2019      | 152.4 <sup>a</sup> | 667.7 <sup>ab</sup>                       | 89.4 <sup>a</sup> |
| 10 de mayo 2020           | 144.9 <sup>b</sup> | 663.5 <sup>b</sup>                        | 88.6 <sup>a</sup> |
| 21 de julio 2020          | 141.4 <sup>b</sup> | 679.7 <sup>a</sup>                        | 90.4 <sup>a</sup> |
| Media                     | 146.2              | 670.3                                     | 89.5              |
|                           | <b>GL</b>          | <b>Cuadrados medios</b>                   |                   |
| Fecha de cosecha          | 2                  | 93.65**                                   | 210.68*           |
|                           |                    |   | 2.44 NS           |

GL= grados de libertad.

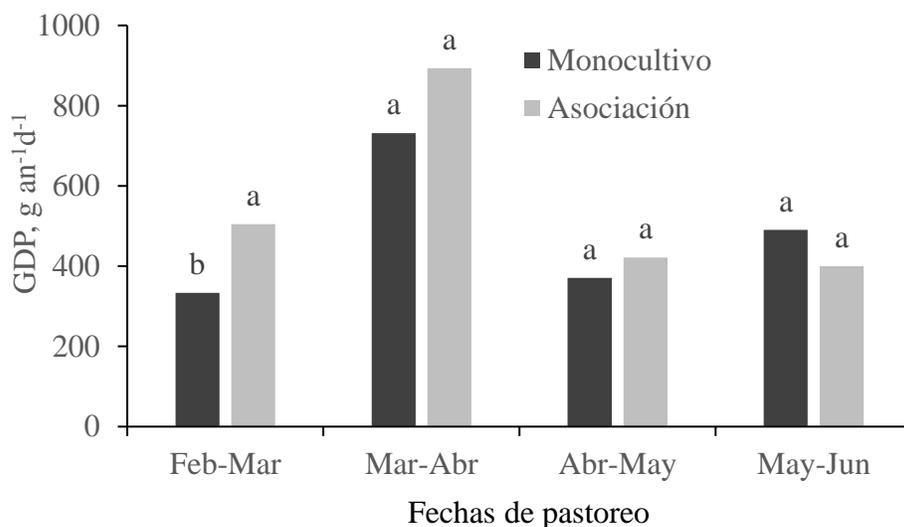
<sup>ab</sup> Promedios con letra distinta dentro de una columna son diferentes ( $P \leq 0.05$ ); \*, \*\*, \*\*\* Nivel de significancia al 0.05, 0.01 y 0.001, respectivamente. NS= no significativo.

### Ganancia diaria de peso del animal (GDP)

Los cambios en valor nutritivo y en rendimiento de forraje disponible con el progreso de las épocas del año fue reflejado en la GDP de las becerras en pastoreo (Figura 3). En el ciclo de pastoreo febrero-marzo la GDP fue diferente ( $P \leq 0.05$ ) entre los dos tipos de pradera, registrándose ganancias de 333 y 504 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para las praderas en monocultivo y en asociación, respectivamente. En el siguiente ciclo de pastoreo, en los meses de marzo a abril, no hubo diferencias en ganancia de peso ( $P > 0.05$ ), pero el promedio de ambas praderas fue alto con 813 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. En los dos ciclos posteriores abril-mayo y mayo-junio la GDP declinó en 416 y 367 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, respectivamente y en promedio de los dos tipos de pradera. Esta variabilidad fue atribuida a diferencias en calidad del forraje, principalmente. De marzo a principios de mayo, las praderas registraron un incremento en concentración de proteína, y una disminución en la concentración de lignina (Cuadro 3). Este aumento en los valores de la composición química posiblemente fue producto del aumento de temperatura y la disponibilidad favorable de humedad del suelo sobre todo en marzo y abril, ya que, en estas zonas, los suelos aún mantienen suficiente humedad hasta el mes de abril, lo que pudo inducir al aumento de rebrotes o formación de nuevas plantas jóvenes con mayor valor nutritivo. En el ciclo mayo-junio, a pesar del incremento elevado de la producción de forraje, gracias al aumento de la precipitación pluvial (200 mm más que en ciclo anterior; Cuadro 1), las becerras mantuvieron una baja GDP (445 g animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>). Esto se relacionó con un decremento en la concentración de proteína (Figura 3), y un aumento en la FDN (Cuadro 4). Con estos cambios en la composición química de la pradera, puede deducirse que la mayor producción de forraje ocurrida en este último ciclo de pastoreo, estuvo compuesta principalmente por tallos; es decir, por una disminución en la relación hoja/tallo, como se ha observado en otros estudios<sup>(24,25)</sup>. Pero también, pudo ser una consecuencia del empobrecimiento en proporción de la leguminosa en la pradera con el avance del tiempo. Solo en el primer ciclo de pastoreo (época de nortes), la pradera mombaza-kudzú registró la

mayor GDP de las becerras con un valor de 171 g día<sup>-1</sup> más que las que pastoreaban la pradera de mombaza en monocultivo. Esto se debió al mayor RMS de kudzú registrado en el mes de febrero (728.4 kg ha<sup>-1</sup>), que en abril (561 kg) o mayo (335 kg). En los ciclos restantes no hubo diferencias en GDP entre los dos tipos de pradera (Figura 3). La ganancia total promedio por animal para la pradera asociada fue de 80.26 kg vs 70.08 kg de la pradera en monocultivo; sin embargo, esta diferencia no fue importante ( $P>0.05$ ).

**Figura 3:** Ganancia diaria de peso (GDP) de becerras pastoreando mombaza en monocultivo y asociado con kudzú en cuatro fechas de pastoreo



## Conclusiones e implicaciones

La asociación mombaza-kudzú registró mayor estabilidad de producción de materia seca a lo largo del período experimental y mayor concentración de proteína con respecto a la pradera de mombaza en monocultivo durante la época de nortes y en la época seca, no así en la época de lluvias. La concentración de fibra detergente neutro fue semejante en nortes y en lluvias entre los dos tipos de pradera, y la concentración de lignina se mantuvo superior en la asociación en las tres épocas del año. Los resultados favorables en rendimiento y concentración de proteína de la pradera asociada se reflejaron en la mayor ganancia diaria de peso de los animales al término de la época de nortes (febrero-marzo).

## Agradecimientos

Los autores agradecen al INIFAP por su apoyo financiero, a través de recursos fiscales, para el desarrollo del proyecto “Potencial forrajero y producción animal en pastoreo en praderas asociadas gramínea-leguminosa en el trópico de México”, del cual surgió la presente investigación.

**Literatura citada:**

1. Pardo-Aguilar N, Bolaños-Aguilar ED, Lagunes-Espinoza LC, Enríquez-Quiroz JF, Fragoso-Islas A. Efecto de una asociación pasto-leguminosa en el rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la pradera fertilizada con fósforo. *Agro Product* 2020;13(7):53-60.
2. Reyes-Purata A, Bolaños-Aguilar ED, Hernández-Sánchez D, Aranda-Ibañez EM, Izquierdo-Reyes F. Producción de materia seca y concentración de proteína en 21 genotipos del pasto *Brachiaria humidicola*. *Rev Univ y Cienc* 2009;25(3):213-224.
3. Mayberry DA, Hatcher S, Cowley F. New skills, networks and challenges: the changing face of animal production science in Australia. *Anim Prod Sci* 2021;(61):201-207.
4. García A, Hernández A, Quero A, Guerrero J, Ayala W, Zaragoza J, Trejo C. Persistencia de *Dactylis glomerata* L. solo y asociado con *Lolium perenne* L. y *Trifolium repens* L. *Rev Mex Cienc Agríc* 2017;7(4):885-889.
5. Domínguez-Pérez D, Bolaños-Aguilar ED, Lagunes-Espinoza LC, Salgado-García S, Ramos-Juárez J, Guerrero-Rodríguez JD. Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una asociación *Brachiaria humidicola*-*Stylosanthes guianensis*. *Rev Mex Cienc Agríc* 2017;8(8):1705-1717.
6. Lüscher A, Mueller-Harver I, Soussana JF, Rees RM, Peyraud JL. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass Forage Sci* 2014;(69):206-228.
7. Yates RJ, Harrison RJ, Loi A, Steel EJ, Edwards TS, Nutt BJ, Porqueddu C, Gresta F, Howieson JG. Sourcing *Rhizobium leguminosarum* biovar *viciae* strains from Mediterranean centers of origin to optimize nitrogen fixation in forage legumes grown on acid soils. *Grass Forage Sci* 2021;76(1):33-43.
8. Zuppinger-Dingley D, Schmid B, Petermann JS, Yadav V, De Deyn GB, Flynn DFB. Selection for niche differentiation in plant communities increases biodiversity effects. *Nature* 2014;515(7525):108-111.
9. Prieto I, Violle C, Barre P, Durand JL, Ghesquiere M, Litrico I. Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nat Plants* 2015;(10):1038.
10. Olivera Y, Machado R, Ramírez F, Castañeda L. Evaluación del establecimiento de una colección de accesiones de *Brachiaria brizantha* asociadas con *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. *Pastos y Forrajes* 2012;(35):153-164.

11. Ramírez-Restrepo CA, Vera RR. Bodyweight performance estimated carcass traits and methane emissions of beef-cattle categories grazing *Andropogon gayanus*, *Melinis minutiflora* and *Stylosanthes capitata* mixed swards and *Brachiaria humidicola* pasture. Anim Prod Sci 2019;(59):729-740.
12. Toledo JM, Schutze-Kraft R. Metodología para evaluación agronómica de pastos tropicales. Toledo JM (Ed.). Manual para la evaluación agronómica. Cali, Colombia. CIAT; 1982:91-110.
13. Horwitz W, Latimer GW. Official methods of analysis of AOAC International. 18th edition, Association of official Analytical Chemistry International. Gaithersburg, Maryland, USA; 2005.
14. Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant; LTTIECA and London: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press; 1994.
15. SAS Institute. User's Guide: Statistics, version 9.3. SAS Inst. Inc. Cary, N. C. USA; 2010
16. Sleugh B, Moore KJ, George R, Brummer EC. Binary legume-grass mixture improve forage yield, quality and seasonal distribution. Agron J 2000;92(1):24-29.
17. Tilman D, Reich PB, Knops JMH. Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. Nature 2006;(441):629-632.
18. Rasmussen J, Soegaard K, Pirhofer-Walzl EJ. N<sub>2</sub>-fixation and residual N effect of four legumes species and four companion grass species. Eur J Agron 2012;36(1):66-74.
19. Portillo LPA, Meneses HB, Lagos BE, Duter EN, Castro RE. Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. Agron Mesoam 2021;32(2):556-572.
20. García-Ferrer L, Bolaños-Aguilar ED, Ramos-Juárez J, Osorio-Arce M, Lagunes-Espinoza LC. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. Rev Mex Cienc Pecu 2015;6(4):453-468.
21. Juárez-Hernández J, Bolaños-Aguilar ED, Vargas-Villamil LM, Medina S, Martínez-Hernández PA. Curvas de la dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. Rev Cub Cienc Agríc 2011;45(3):321-331.
22. Akoutey AM, Kpodekon T, Bannelier C, Gidenne T. Nutritive value of sun-dried *Pueraria phaseoloides* for rabbits under tropical conditions. World Rabbit Sci 2012; (20):209-213.
23. Borrás L, Maddonni GA, Otegui ME. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. Field Crops Res 2003;(82):13-26.

24. Bolaños-Aguilar ED, Émile JC. Efecto de la distancia entre surcos y densidad de siembra en el rendimiento y calidad del forraje de sorgo. *Rev Mex Cienc Pecu* 2013;4(2):161-176.
25. Wade RN, Seed P, McLaren E, Wood E, Christin PA, Thompson K, Rees M, Osborne CP. The morphogenesis of fast growth in plants. *New Phytologist* 2020;228(4):1306-1315.