

Effect of a grass-legume association on the dry matter yield and protein concentration of the prairie fertilized with phosphorus

Efecto de una asociación pasto-leguminosa en el rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la pradera fertilizada con fósforo

Pardo-Aguilar, Nohemí¹; Bolaños-Aguilar, Eduardo Daniel^{2*}; Lagunes-Espinoza, Luz del Carmen¹; Enríquez-Quiroz, Javier Francisco³; Fragoso-Islas, Abraham⁴

¹Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. H. Cárdenas, Tabasco. CP. 86500. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Huimanguillo. Huimanguillo, Tabasco, México. CP. 86600. ³Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental "La Posta". Paso del Toro, Veracruz, México. CP. 94277. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Sitio Experimental "Las Margaritas", Hueytamalco, Puebla, México. CP 73583.

*Autor para correspondencia: bolanos.eduardo@inifap.gob.mx

ABSTRACT

Objective: to determine the seasonal variation of the dry matter yield (DMY) and protein of the *Brachiaria humidicola*-*Arachis pintoi* association with and without phosphate fertilization.

Design/methodology/approach: DMY, protein, and leaf ratio in the plant were evaluated. Statistical analysis was on repeated measures in a completely randomized design with four replications.

Results: humidicola in monoculture (H) and humidicola-fertilized (HF) decreased their DMY by 0.90 t ha⁻¹ DM in november, averaging 0.89 t ha⁻¹ from November to June. From June 9 to July 14, H increased his DMY by 1.22 t ha⁻¹. Humidicola-cacahuatillo (HC) and humidicola-cacahuatillo-fertilized (HCF) registered an average RMS from October to February of 0.96 and 1.2 t ha⁻¹ DM, respectively. HCF registered higher DMY in January (1.27 t ha⁻¹) with respect to the average (0.71 t ha⁻¹) of the rest of the treatments. During the dry season HC and HCF were higher in DMY than monocultures. The humidicola of the association registered 19.21 g kg⁻¹ DM more protein, than the humidicola of the monoculture, being higher HCF than the rest of the treatments in rains.

Limitations on study/implications: a limitation in the time of the humidicola-cacahuatillo association could be the persistence of the legume, therefore monitoring is required to determine its permanence.

Findings/conclusions: the association when registering a higher RMS in the dry season, confers less seasonal variation, in addition to granting a higher protein concentration to the associated humidicola vs. the humidicola in monoculture.

Key words: Grass-legume association, dry matter yield, protein.

RESUMEN

Objetivo: determinar la variación estacional del rendimiento de materia seca de la parcela (RMS) y de proteína de la asociación *Brachiaria humidicola*-*Arachis pintoi* con y sin fertilización fosfatada.

Diseño/metodología/aproximación: se evaluó el RMS, proteína, y proporción de hoja en la planta. El análisis estadístico fue en medidas repetidas en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 7, julio. 2020. pp: 53-60.

Recibido: marzo, 2020. **Aceptado:** junio, 2020.

Resultados: humídicola en monocultivo (H) y humídicola-fertilizado (HF) disminuyeron su RMSP en 0.90 t ha^{-1} en noviembre, promediando 0.89 t ha^{-1} de noviembre a junio. Del 9 de junio al 14 de julio, H incrementó su RMSP en 1.22 t ha^{-1} . Humídicola-cacahuatillo (HC) y humídicola-cacahuatillo-fertilizado (HCF) registraron un RMSP de octubre a febrero de 0.96 y 1.2 t ha^{-1} MS, respectivamente. HCF registró mayor RMS en enero (1.27 t ha^{-1}) con respecto al promedio (0.71 t ha^{-1}) de los tratamientos restantes. Durante la época seca, HC y HCF fueron superiores en RMS que los monocultivos. El humídicola de la asociación registró 19.21 g kg^{-1} MS más proteína, que el humídicola en monocultivo, siendo superior HCF al resto de los tratamientos en lluvias.

Limitaciones del estudio/implicaciones: Una limitante en el tiempo de la asociación humídicola-cacahuatillo podría ser la persistencia de la leguminosa, por lo que se requiere de su monitoreo para determinar su permanencia.

Hallazgos/conclusiones: La asociación al registrar mayor RMSP en la época seca del año, confiere menor variación estacional, además de otorgar mayor concentración de proteína al humídicola asociado vs el humídicola en monocultivo.

Palabras clave: Asociación pasto-leguminosa, rendimiento de materia seca, proteína.

de producción de biomasa, por las variaciones del clima durante el año (Jones y Hu, 2006). Al asociar pastos con fabáceas se han disminuido las fluctuaciones en producción de biomasa durante el año, explicado por la diversidad genética de especies que componen la asociación (Prieto *et al.*, 2015). Resultados semejantes registraron Zuppinger-Dingley *et al.* (2014), quienes señalaron que especies distintas al asociarse presentan cambios morfológicos a corto plazo, dándole a la pradera mayor estabilidad en el tiempo. Estos trabajos, realizados en otras latitudes, indican que las asociaciones mitigan la estacionalidad de producción de las praderas, y mejoran su valor nutritivo. Con base en lo anterior, se determinó la variación estacional del rendimiento de materia seca y concentración de proteína de la asociación *Brachiaria humidicola*-*Arachis pintoi*, del Humídicola en monocultivo y del Humídicola asociado con *Arachis pintoi*, con y sin fertilización fosfatada.

MATERIALES Y MÉTODOS

Condiciones ambientales y tratamientos

El estudio se desarrolló en campo en tres épocas climáticas del año en el Rancho KARIGA S. P. R. de R. L., ubicado en el km 18 de la carretera Huimanguillo-Estación Chontalpa, Tabasco ($17^{\circ} 41' 31.59'' \text{ N}$, $93^{\circ} 28' 19.34'' \text{ O}$). Las épocas fueron: época de nortes (lluvias prolongadas de baja intensidad y temperaturas bajas), de septiembre a febrero; época seca, de marzo a mayo ($<90 \text{ mm}$ de lluvia/mes); y época de lluvias, de junio a julio ($>200 \text{ mm}$ de lluvia/mes). El suelo tiene pH ácido (4.7), es alto en materia orgánica (5%), bajo en nitrógeno (0.17%), fósforo (5.38 mg kg^{-1}) y potasio ($0.11 \text{ cmol kg}^{-1}$), y textura franco-arcillo-

INTRODUCCIÓN

Tabasco, México, cuenta con 1.58 millones de cabezas de ganado bovino, repartidas en 1.7 millones de hectáreas (SIAP, 2016). El 50.14% de esta superficie presenta praderas inducidas (Bolaños-Aguilar *et al.*, 2010), establecidas en suelos fértiles y en ecosistemas de Sabana. Los suelos de sabana son ácidos ($\text{pH} < 5.0$), con altas concentraciones de aluminio y bajos en fósforo disponible para las plantas (Pizarro *et al.*, 1996), causando deficiencia de fósforo en los animales, afectando su productividad. En Huimanguillo, Tabasco, estos suelos ocupan 140,000 ha, y aunque la aplicación de fósforo es recomendada para incrementar la producción de biomasa de los pastos (Gweii-Onyango *et al.*, 2011), existe poca información sobre trabajos realizados al respecto en Tabasco. Entre las especies de pastos (Poaceae) adaptadas a estos suelos de baja fertilidad está *Brachiaria humidicola*, caracterizada por su alta capacidad de carga animal, tolerancia a la mosca pinta y a encharcamientos prolongados (Enríquez *et al.*, 2011); sin embargo, es baja en proteína (Reyes *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2011). Una alternativa para aumentar el contenido de proteína en praderas de humídicola, es asociarlo con leguminosas. Existen información sobre el incremento del valor nutritivo de una pradera al contener especies forrajeras de la familia Fabaceae, por presentar mayor proteína y minerales que los pastos (Lüscher *et al.*, 2014), registrando mejoras en el rendimiento de biomasa de la pradera hasta en 21.5% promedio (Castillo *et al.*, 2014). Por ello, las asociaciones pasto-fabáceas pueden mejorar la nutrición y producción animal (Olivera *et al.*, 2012). Una fabácea altamente adaptada a suelos ácidos de baja fertilidad, al pastoreo pesado y a los encharcamientos prolongados, es *Arachis pintoi* o cacahuatillo. Por otra parte, los pastos presentan marcada estacionalidad

arenoso. Los datos de precipitación y temperatura (Figura 1), fueron obtenidos de la estación meteorológica Paredón, Huimanguillo. La pradera de *Brachiaria humidicola* fue establecida en 2005 para su pastoreo rotacional con ganado bovino. Se escogió un área topográficamente homogénea, y se delimitó con alambre de púas. Se formaron parcelas de 2.00 m de largo \times 1.50 m de ancho. El ensayo tuvo cuatro tratamientos consistentes en pequeñas parcelas de humidicola en monocultivo (H), humidicola en monocultivo + fertilización (HF), humidicola + cacahuatillo (HC) y humidicola + cacahuatillo + fertilización (HCF), cada tratamiento con cuatro repeticiones.

Previo al inicio del experimento, todas las parcelas fueron cortadas a 5 cm de altura. Posterior a este corte, para la formación de los tratamientos de la asociación *B. humidicola*-*Arachis pintoii* (cacahuatillo), se sembró la fabácea en seis parcelas de humidicola, por semilla y a "chorrillo" en dosis de 6 kg ha^{-1} y a 30 cm entre hileras, quedando dos hileras de ésta al centro de cada parcela. Para la fertilización fosfatada, se utilizó como fuente de fósforo el superfosfato triple con 46% de P_2O_5 en dosis de 100 kg ha^{-1} (Pastrana, 1994). Dada la baja solubilidad del fósforo, la fertilización se fraccionó en dos partes iguales, aplicándose 50 kg ha^{-1} el 20 de agosto 2014, y los 50 kg restantes el 8 de febrero 2015.

Fechas de corte y variables respuesta. El 2 de septiembre 2014 se realizó el corte de uniformidad en las 16 parcelas experimentales, y 35 días después (8 de octubre) inició la primera cosecha y toma de muestras, finalizando los muestreos el 14 de Julio 2015 (Cuadro 1). La parcela útil, ubicada al centro de cada parcela, presentó un área de 2 m^2 ($2 \times 1 \text{ m}$). Las variables respuesta fueron rendimiento de materia seca de la parcela (RMSP; t ha^{-1}) y concentración de proteína (g kg^{-1} MS) de cada parcela. El RMSP se deter-

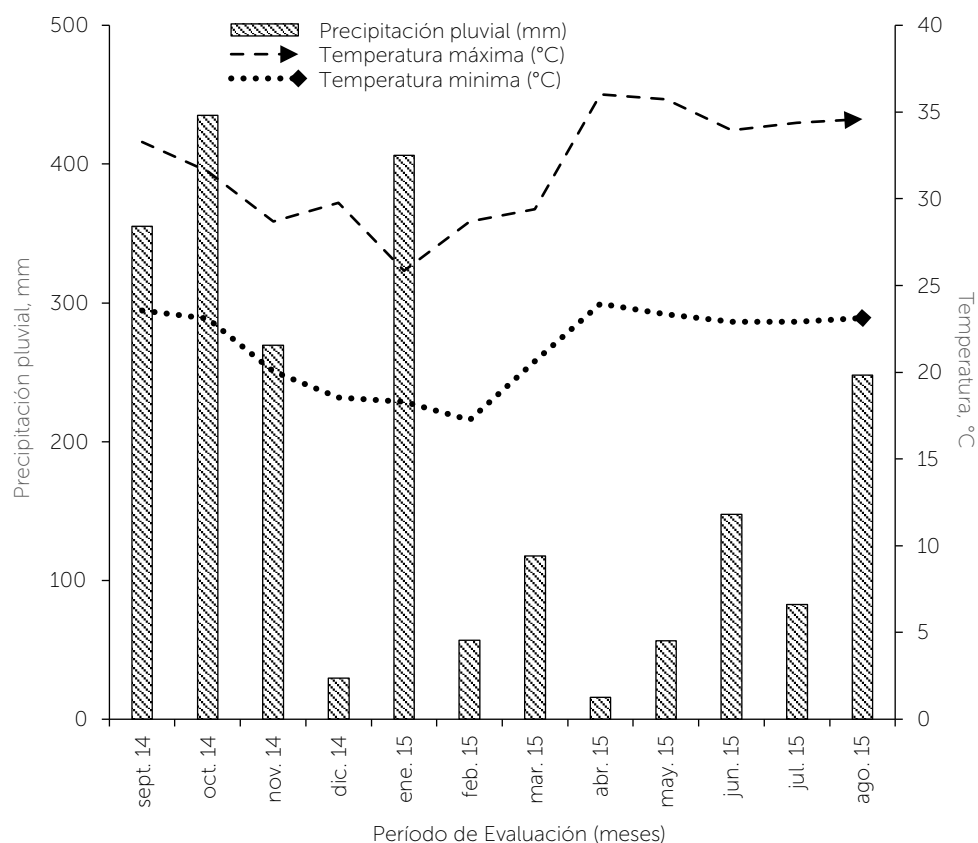


Figura 1. Datos promedio de precipitación pluvial y temperaturas máximas y mínimas del área de estudio. Huimanguillo, Tabasco.

minó por el método del cuadrante de 1 m^2 ($1 \times 1 \text{ m}$). El cuadrante se colocó en el centro de cada parcela experimental, y la biomasa total dentro del cuadrante se cosechó a una altura de 5.0 cm sobre el nivel del suelo en los cuatro tratamientos (H, HF, HC y HCF). Se obtuvo el peso fresco de la biomasa total, y se tomó una submuestra de 200 g para determinar el peso seco y realizar el análisis de proteína. Las submuestras por tratamiento y repetición se depositaron en bolsas de papel, y se secaron en una estufa de aire forzado durante 72 h a $60 \text{ }^\circ\text{C}$. Para calcular el RMSP se utilizaron los

Cuadro 1. Fechas de los cortes de uniformidad y de las cosechas y toma de muestras o datos en las tres épocas del año.

Época del Año	Corte de uniformidad	Cosecha y toma de datos
Nortes (2014 – 2015)	02 de septiembre	08 de octubre
	08 de octubre	11 de noviembre
	11 de noviembre	15 de diciembre
	15 de diciembre	20 de enero
	20 de enero	24 de febrero
Seca (2015)	24 de febrero	31 de marzo
	31 de marzo	8 de mayo
	8 de mayo	8 de junio
Lluvias (2015)	8 de junio	14 de julio

datos del peso fresco del cuadrante, y del peso seco de los 200 g con la fórmula:

$$RMSP = [(PF \times PS) / pf] / 100$$

donde, *PF*: peso fresco de la muestra del m² (g de materia verde, MV); *pf*: peso fresco de la submuestra (g MV) y *PS*: peso seco de la submuestra (g de MS).

En forma paralela a la toma de muestras para el cálculo del RMSP, se tomó una segunda submuestra de 200 g para la determinación del % de cacahuatillo en la mezcla. De los tratamientos formados por humídicola en monocultivo, se separó hojas de tallo de la gramínea y material muerto de la muestra. En los tratamientos formados por la asociación se separó la gramínea de la leguminosa, y en ambas especies se separaron hojas y tallos.

Los diferentes componentes se pesaron y secaron en la estufa de aire forzado por 72 h a 60 °C para obtener el RMS por componente, con la ayuda de una balanza analítica, y con estos rendimientos se determinó la composición botánica. Con los pesos de hojas y tallos se obtuvo la relación de hoja en la biomasa aérea total; Hojas/(Hojas+Tallos), del humídicola y del cacahuatillo. La concentración de proteína (g kg⁻¹ MS) de los cuatro tratamientos se cuantificó de las submuestras secas provenientes de 200 g de MV, que fueron previamente molidas a tamaño de partícula de 2 mm, donde se determinó N total por el método micro Kjeldahl (AOAC, 2000) y multiplicado por 6.25 para estimar proteína. En las asociaciones, la concentración de proteína se obtuvo de la mezcla humídicola-cacahuatillo y de cada una de estas dos especies por separado.

Diseño Experimental. El experimento fue analizado como medidas repetidas mediante PROC MIXED del SAS (SAS, 2010). Se compararon los cuatro tratamientos usando una estructura unifactorial (Londoño, 2004), siendo la fecha de corte el factor de medida repetida. En el ANVA se usó un modelo que incluyó el efecto de tratamiento, fecha de corte y sus interacciones. La aleatorización de tratamientos en las unidades experimentales fue en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación acumulada en los meses más secos del año apenas representó el 26 y 15% de la lluvia acumulada en la época de nortes y lluvias respectivamente.

Rendimiento de materia seca de la parcela (RMSP)

Hubo interacción significativa de tratamiento × fecha de cosecha en el RMSP (Cuadro 2). Los tratamientos del monocultivo (H y HF) redujeron su RMSP durante los primeros 35 d de crecimiento (8 de octubre-11 de noviembre) en 0.90 t ha⁻¹, y mantuvieron esta reducción durante los siguientes siete meses, hasta el mes de junio (Cuadro 2). Las asociaciones HC y HCF mantuvieron su RMSP inicial hasta el mes de febrero; posteriormente, ambos tratamientos registraron un incremento en 0.80 t ha⁻¹ al pasar de febrero a marzo (Figura 2A). Este incremento del RMSP se relacionó de manera significativa y negativa ($r^2 = -0.036$) con la proporción de hojas en la biomasa aérea del pasto humídicola, observando la menor proporción de hoja en el tratamiento H (Figura 2B).

No obstante, en el mes más frío (enero), HCF registró un RMSP superior al resto de los tratamientos (Figura 2A), con 0.55 t ha⁻¹ más con respecto al promedio de H, HF y HC. Este superior RMSP en HCF significa que la fertilización fosfatada tuvo mayor efecto en la fabácea. Resultados semejantes presentaron Du *et al.* (2009) en *Stylosanthes guianensis* en suelo con pH=4.5. Ellos observaron que los tallos de la Fabácea adquirieron mayor crecimiento induciendo mayor RMSP.

En nuestro estudio, los tallos del cacahuatillo no fueron separados para su evaluación individual, pudiendo ser los responsables del mayor incremento del RMSP. Otra explicación, pudo deberse a un incremento en RMS de la Fabácea debido a una mayor fijación de nitrógeno (sin mostrar evidencia) producto de un posible aumento del número de nódulos. Domínguez *et al.* (2017), observaron un incremento del número de nódulos de *Stylosanthes guianensis* al fertilizarse con fósforo en suelos pobres. En la época seca del año (abril y mayo principalmente) HC disminuyó el RMSP, pero continuó superior, con 0.64 t ha⁻¹ más, al promedio de los dos tratamientos en monocultivo (Cuadro 2). Es en la época seca que las asociaciones registran mayor RMSP promedio, siendo más evidente en mayo, con 0.76 t ha⁻¹ de MS más con respecto al promedio de los monocultivos (Figura 2A). Posteriormente, en la época de lluvias, H aumenta su RMSP para ser el más alto en rendimiento, junto con HCF, con 0.68 t ha⁻¹ más RMS con respecto al promedio de HF y HC. Estos resultados demuestran que las asociaciones (HC y HCF) inducen mayor estabilidad al RMSP en condiciones ambientales limitantes, lo que coincide con otros autores (Albayrak y Turk, 2013;

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca en la parcela (RMSP) y concentración de proteína en las diferentes fechas de cosechas por tratamiento, durante períodos de crecimiento de 35 días.

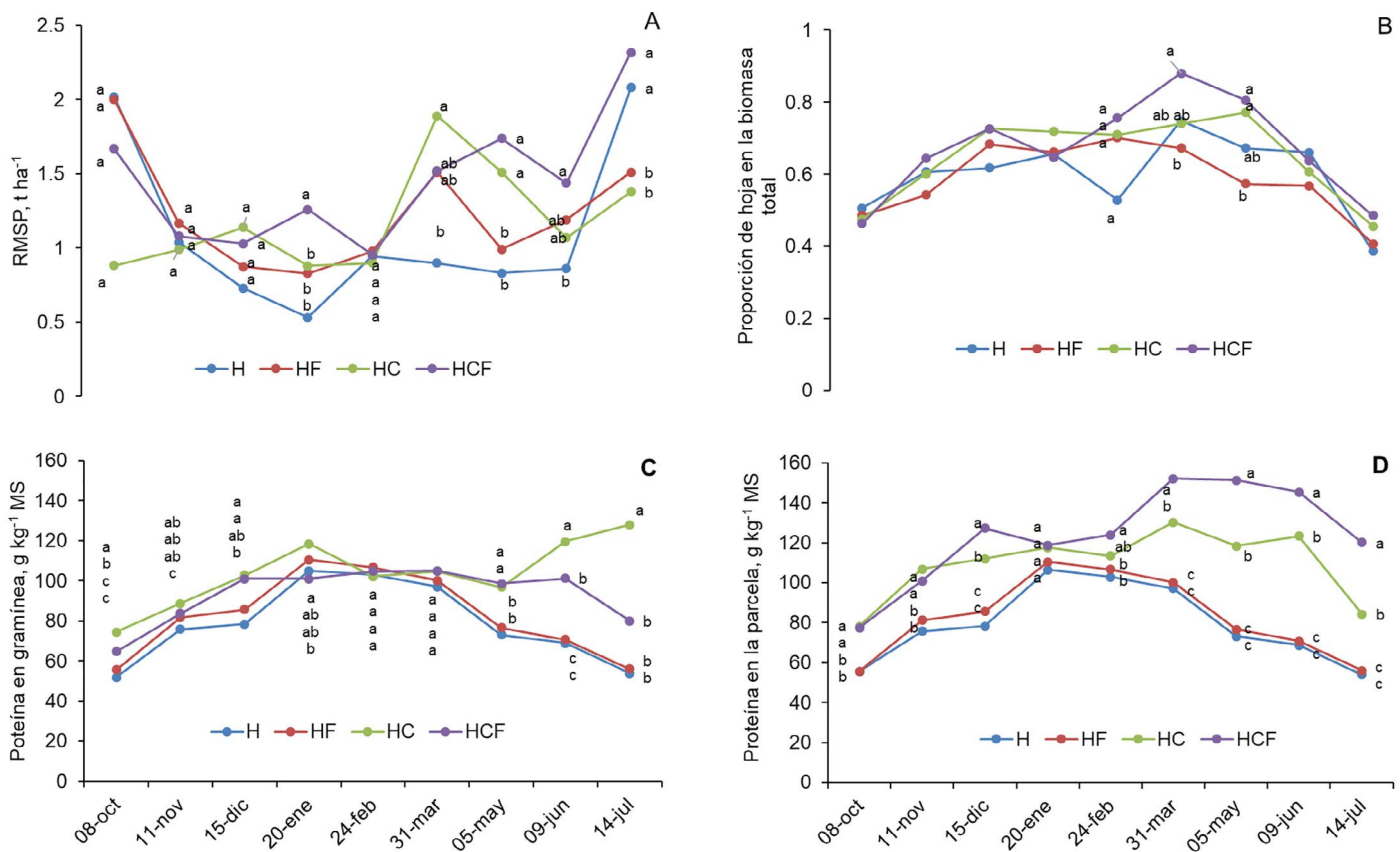
Tratamientos	Cosechas	RMSP (t ha ⁻¹)	Humidicola	Proteína (g kg ⁻¹ MS)	Parcela
		Parcela		Cacahuatillo	
Humidicola (H)	08/octubre	2.028 a	51.75 c	-	51.75 c
	11/noviembre	1.046 b	75.80 b	-	75.80 b
	15/diciembre	0.731 bc	78.34 b	-	78.34 b
	20/enero	0.532 c	105.0 a	-	105.0 a
	24/febrero	0.945 bc	102.9 a	-	102.9 a
	31/marzo	0.899 bc	97.11 a	-	97.11 a
	08/mayo	0.831 bc	73.14 b	-	73.14 b
	08/junio	0.860 bc	68.80 b	-	68.80 b
	14/julio	2.081 a	53.86 c	-	53.86 c
	Media	1.106	78.53		78.53
Humidicola + Fertilización (HF; 100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	08/octubre	1.983 a	56.30 c	-	56.30 c
	11/noviembre	1.139 b	83.69 b	-	83.69 b
	15/diciembre	0.716 b	75.70 b	-	75.70 b
	20/enero	0.727 b	108.2 a	-	108.2 a
	24/febrero	1.017 b	108.4 a	-	108.4 a
	31/marzo	1.150 b	96.84 a	-	96.84 a
	08/mayo	0.930 b	75.84 b	-	75.84 b
	08/junio	0.981 b	70.11 bc	-	70.11 bc
	14/julio	1.679 a	57.97 c	-	57.97 c
	Media	1.14	81.46		81.46
Humidicola + Cacahuatillo (HC)	08/octubre	0.882 c	74.48 b	166.9 c	78.277 c
	11/noviembre	0.999 c	83.77 b	188.9 b	106.95 b
	15/diciembre	1.144 bc	102.6 ab	199.8 b	112.02 b
	20/enero	0.881 c	118.4 a	211.4 ab	117.67 ab
	24/febrero	0.898 c	102.2 ab	199.8 b	113.34 b
	31/marzo	1.892 a	104.8 ab	198.7 b	130.37 a
	08/mayo	1.517 b	96.93 ab	204.7 b	118.46 ab
	08/junio	1.074 bc	119.5 a	230.3 a	123.30 ab
	14/julio	1.380 bc	127.8 a	210.8 ab	84.25 c
	Media	1.18	104.54	201.31	109.4
Humidicola + Cacahuatillo + Fertilización (HCF; 100 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅)	08/octubre	1.673 ab	64.64 d	155.6 b	74.43 c
	11/noviembre	1.085 b	88.63 bc	200.3 ab	100.2 b
	15/diciembre	1.037 b	101.0 ab	197.2 ab	127.2 ab
	20/enero	1.266 b	100.9 ab	205.5 ab	118.7 ab
	24/febrero	0.955 b	104.7 a	194.9 ab	124.0 ab
	31/marzo	1.525 ab	104.9 a	236.5 a	152.1 a
	08/mayo	1.749 ab	98.58 ab	201.9 ab	151.3 a
	08/junio	1.444 ab	101.2 ab	203.2 ab	145.4 a
	14/julio	2.320 a	80.07 c	225.8 ab	120.0 ab
	Media	1.45	93.87	202.37	123.74
Significancia:					
Tratamiento (T)		***	***	NS	***
Cosecha (C)		***	***	***	***
T × C		***	***	NS	***

Medias en la misma columna y dentro de cada sección seguidas por letras distintas son significativamente diferentes ($p < 0.05$). ***, Nivel de significancia al 0.001; NS, no significativo.

Domínguez et al., 2017), quienes demostraron mayor estabilidad del RMS de las praderas al incluir especies fabáceas en períodos secos del año. Prieto et al. (2015) demostraron que la diversidad de especies en una pradera regula su RMS y estabilidad por inducción de efectos complementarios.

Concentración de proteína en *Brachiaria humidicola*.

Se presentan resultados de proteína solo en humidicola, cuando crece en monocultivo y cuando está asociado con cacahuatillo. Hubo interacción significativa del tratamiento por fecha de cosecha (Cuadro 2). Esta interacción primero se presenta al aumentar la concentración



de proteína del humidicola del tratamiento H al pasar de $77 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, promedio de los meses de noviembre y diciembre, a $105 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de proteína, del H de los tratamientos HF y HCF en el mes de enero (Figura 2C). Posteriormente, la interacción se presenta nuevamente en la época seca del año (abril y mayo principalmente) donde el cruzamiento entre tratamientos, al pasar de una fecha a otra de cosecha, se vuelve significativa. La Figura 2C muestra como la concentración de proteína del pasto humidicola en los cuatro tratamientos, no es diferente dentro de una misma fecha de cosecha durante los primeros seis meses (octubre a marzo). Es a partir de la época seca hasta el inicio de la época de lluvias (junio) que el humidicola de las asociaciones registra mayor proteína, siendo superior en el humidicola del tratamiento HC, que en humidicola de HCF. En la época de lluvias (julio) disminuye la proteína en H, HF y HCF, promediando el humidicola de estos tres tratamientos $64 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, mientras que el humidicola de HC mantuvo su concentración, promedio de siete meses (diciembre a julio), en $110 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ (Cuadro 2). La disminución de proteína en humidicola posiblemente

se debió a su importante crecimiento inducido por las mayores precipitaciones, lo que ocasionó una dilución de proteína en la planta. El fenómeno de dilución de la proteína ha sido explicado en pastos tropicales por Juárez *et al.* (2011), y consiste en la disminución de la concentración de proteína por unidad de materia seca acumulada en la planta. Las mayores concentraciones de proteína en los nueve meses se registraron en humidicola de las asociaciones HCF y HC con 123.74 y $109.40 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$, respectivamente (Cuadro 2). No hubo diferencias significativas entre los tratamientos de humidicola en monocultivo (H y HF), ambos con un promedio de $80.6 \text{ g kg}^{-1} \text{ MS}$ de proteína. Otra explicación, de la disminución de proteína, es la menor proporción de hojas del humidicola en la época de lluvias (Figura 2B), ya que en el estudio se registró una relación alta (0.66) y significativa entre proteína y proporción de hojas en la biomasa aérea del humidicola.

Concentración de proteína en cacahuatillo

No hubo interacción significativa tratamiento por fecha de cosecha en cacahuatillo (Cuadro 2). Cacahuatillo no

registró diferencias entre los tratamientos HCF y HC a lo largo del estudio, por lo que la concentración promedio de proteína del cacahuatillo en ambos tratamientos (HCF y HC) fue de 201.84 g kg⁻¹ MS (Cuadro 2). Esta concentración de proteína en la fabácea fue superior al promedio (80 g kg⁻¹ MS) registrado en los tratamientos H y HF. No se registraron cambios morfológicos en cacahuatillo por efecto de fecha de cosecha o por fertilización, manteniendo el cacahuatillo una proporción de hoja en la biomasa aérea del 72% en ambos tratamientos (HC y HCF). Lo anterior, se contrapone con los resultados de Gweyi-Onyango et al. (2011) y Du et al. (2009), quienes registraron variaciones en crecimiento de tallo y de raíces por efecto de la fertilización fosfatada. En el estudio aquí presentado, la fertilización fosfatada no tuvo efecto significativo en la concentración de proteína en la fabácea.

Concentración de proteína en la parcela

La concentración de proteína en la parcela consistió en analizar, para el caso de las asociaciones, al humidicola y cacahuatillo mezclados. Las mayores concentraciones de proteína se registraron en las asociaciones, siendo superior en HCF (120.81 g kg⁻¹ MS), seguido de HC (110.20 g kg⁻¹ MS) (Figura 2D). La concentración superior de proteína en HCF se debió a su mayor proporción de la fabácea en la parcela (32.4%), con respecto a la proporción de fabácea registrada en HC (21.6%). No hubo diferencias entre los tratamientos de humidicola en monocultivo (H y HF), siendo la concentración promedio de ambos tratamientos de 80.6 g kg⁻¹ MS (Cuadro 2). Estos resultados demuestran que la fertilización fosfatada tiene efecto principalmente en la fabácea aumentando su proporción en la parcela, sin modificar la estructura de la planta como se discutió anteriormente. El efecto de la fertilización en el pasto no fue importante.

CONCLUSIONES

Al incluir *Arachis pintoi* en praderas de *Brachiaria humidicola* y fertilizar con fósforo, se mejora la estabilidad estacional del RMSF, y se aumenta la concentración de proteína. El aumento de proteína en la pradera ocurre por la superior concentración de proteína del Cacahuatillo (2.6 veces más que humidicola) y del humidicola asociado al cacahuatillo (81.46 vs 78.5 g kg⁻¹ MS del humidicola sin asociar). Se mejoró aún más la concentración de proteína de la pradera asociada por efecto de la ferti-

lización fosfatada, cuando la humedad en el suelo no es un factor limitante.

LITERATURA CITADA

- Albayrak, S., & Turk, M. (2013). Changes in the forage yield and quality of legume-grass mixtures throughout a vegetation period. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37, 139-147.
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemist. *Orr. Of Anal. Chem.* 17th ed. Washington, USA.
- Bolaños-Aguilar, E.D., Émile, J.C., & Enríquez-Quiroz, J.F. (2010). Les fourrages au Mexique: ressources, valorisation et perspectives de recherche. *Fourrage*, 204, 277-282.
- Castillo, G.E., Rascón, C.R., García, G.D., Rodríguez, J.J., Jaramillo, R.J., Aluja, A.S., & Mannelje L. (2014). Comportamiento ingestivo de vacas en una asociación grama nativa/*Arachis pintoi* en el trópico húmedo veracruzano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 5(4), 487-504.
- Domínguez, P.F.D., Bolaños, A.E.D., Lagunes, E.L.C, Salgado, G.S., Ramos, J.J., & Guerrero, R.J.D. (2017). Rendimiento de materia seca y concentración de fósforo de una asociación *Brachiaria humidicola*-*Stylosanthes guianensis*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(8), 1705-1717.
- Du, Y.M., Tian, J., Liao, H., Bai, C.J., Yan, C.J., & Liu, G. (2009). Aluminium tolerance and high phosphorus efficiency helps *Stylosanthes* better adapt to low-P acid soils. *Annals of Botany*, 103, 1239-1247.
- Enríquez, Q.J.F., Meléndez, N.F., Bolaños, A.E.D., & Esqueda, E.V.A. (2011). Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro Técnico No. 28. Campo Experimental La Posta. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Veracruz. 404 p.
- Gweyi-Onyango, J.P., Tesfamariam, T., & Neumann G. (2011). Contrasting responses to phosphorus status by *Arachis pintoi* (Krapov and W.C. Gregory): A lesson for selecting vegetables for cultivation in Kenyan Ecozones. *Asian Journal of Agricultural Research*, 10, 1-11.
- Jones, R.J., & Hu, F.D. (2006). Diet selection of steers grazing *Stylosanthes hamata* cv. Verano-grass pastures in north Queensland and its potential influence on botanical composition. *Tropical Grasslands*, 40, 65-69.
- Juárez, H.J., Bolaños, A.E.D., Vargas, L.M., Medina, S., & Martínez, H.P.A. (2011). Curvas de la dilución de la proteína en genotipos del pasto *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45, 321-331.
- Londoño, G.C. (2004). Análisis de medidas repetidas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Unidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. 41 p.
- Lüscher, A., Mueller-Harver, I., Soussana, J.F., Rees, R.M., & Peyraud, J.L. (2014). Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science*, 69, 206-228.
- Olivera, Y., Machado, R., Ramirez, J.F., & Castañeda, L. (2012). Evaluación del establecimiento de una colección de accesiones de *Brachiaria brizantha* asociadas con *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. *Pastos y Forrajes*, 35, 153-164.
- Pizarro, E.A., do Valle, C.B., Keller-Grein, G., Schultz-Kraft, R., & Zimmer, A.H. (1996). Regional experience with *Brachiaria*: Tropical

- America-Savannas. In: *Brachiaria: Biology, Agronomy and Improvement*. Miles JW, Maass BL and do Valle CB (Eds). CIAT Publications No. 259, Cali, Colombia. Pp. 225-243.
- Prieto, I., Violle, C., Barre, P., Durand, J.L., Ghesquiere, M., & Litrico, I. (2015). Complementary effects of species and genetic diversity on productivity and stability of sown grasslands. *Nature Plants*, 10, 1038.
- Reyes, P.Q., Bolaños, A.E.D., Hernández, S.D., Aranda, I.E.M., & Izquierdo, R.F. (2009). Producción de materia seca y contenido de proteína en 21 genotipos del pasto Humidicola *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick. *Universidad y Ciencia*, 25, 213-224.
- SAS Institute. (2010). User's Guide: Statistics, version 9.3. SAS Inst. Inc. Cary, N. C. USA.
- SIAP (2016). Sistema de Información Agrícola y Pecuaria. <http://www.gob.mx/SIAP/documento/población-ganadera>.
- Zuppinger-Dingley, D., Schmid, B., Petermann, J.S., Yadav, V., De Deyn, G.B., & Flynn, D.F.B. (2014) Selection for niche differentiation in plant communities increases biodiversity effects. *Nature* 515: 108-111.

