

## Artículo científico

# Producción animal en pasturas de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* en los Llanos Orientales de Colombia

## *Animal production in three Urochloa decumbens-legume pastures in the Eastern Plains of Colombia*

ÁLVARO RINCÓN CASTILLO<sup>1</sup> y MAYRA VILLALOBOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), C.I. La Libertad, Villavicencio, Colombia. [agrosavia.co](http://agrosavia.co)

<sup>2</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), C.I. Carimagua, Puerto Gaitán, Colombia. [agrosavia.co](http://agrosavia.co)

### Resumen

En un suelo franco-arcilloso de la Altillanura colombiana fue evaluada bajo pastoreo rotacional con novillos cebú Brahman la producción animal en pasturas con las leguminosas *Centrosema molle* accesión CIAT 15160, *C. macrocarpum* accesión CIAT 15799 y *Grona heterocarpa* subsp. *ovalifolia* (sin. *Desmodium ovalifolium*) cv. Maquenque, en asociación con *Urochloa decumbens* (sin. *Brachiaria decumbens*) cv. Decumbens. El experimento se estableció en sabana nativa del Centro de Investigaciones Carimagua de Agrosavia, en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. Durante tres años de pastoreo, *C. molle* sobresalió por su buena producción y capacidad de asociación con la gramínea, llegando a 40% en la composición botánica en el primer año y 24% en el tercer año. La presencia de esta leguminosa permitió obtener una mayor ganancia de peso vivo (PV), en promedio 760 g/animal/día en época lluviosa y 500 g/animal/día en época seca. Con una carga animal promedio de 800 kg/ha de PV, la productividad anual por hectárea de las pasturas con *C. molle* alcanzó 600 kg de PV frente a un promedio de 380 kg/ha/año obtenido en las otras asociaciones y en la pastura de gramínea sola. Se concluye que *C. molle* CIAT 15160 es una leguminosa promisoría para la región y se recomienda comprobar su productividad y persistencia a nivel de productor, también en asociaciones con otras gramíneas.

**Palabras clave:** *Brachiaria decumbens*, *Centrosema molle*, composición botánica, ganancia de peso, persistencia.

### Abstract

In a loamy clay soil of the Colombian Altillanura, animal production of the legumes *Centrosema molle* accession CIAT 15160, *C. macrocarpum* accession CIAT 15799 and *Grona heterocarpa* subsp. *ovalifolia* (syn. *Desmodium ovalifolium*) cv. Maquenque, in association with *Urochloa decumbens* (syn. *Brachiaria decumbens*) cv. Decumbens, was evaluated under rotational grazing with zebu Brahman steers. The experiment was established in a native savanna area at the Carimagua Research Center of Agrosavia, in a randomized complete block design with three replications. During three years of grazing, *C. molle* stood out over the other legumes, due to its good forage production and ability to associate and persist with the grass, reaching 40% in the botanical composition in the first year and 24% in the third year. The highest animal liveweight (LW) gains were achieved with this legume with, on average, 760 g/animal/day in the rainy season and 500 g/animal/day in the dry season. With an average stocking rate equivalent to 800 kg LW/ha, mean annual hectare productivity of the pasture with *C. molle* reached 600 kg LW compared with an average of about 380 kg/ha/year obtained in the other associations and in the grass-only pasture. It is concluded that *C. molle* CIAT 15160 is a promising pasture legume for the region and confirming its productivity and persistence at farm level and in association with other grasses seems warranted.

**Keywords:** Botanical composition, *Brachiaria decumbens*, *Centrosema molle*, liveweight gain, persistence.

Correspondencia: Álvaro Rincón, Agrosavia, C.I. La Libertad, Km 22  
vía Villavicencio – Puerto López, Meta, Colombia.  
Correo electrónico: [arincon@agrosavia.co](mailto:arincon@agrosavia.co)

## Introducción

Es reconocido el aporte que hacen las leguminosas a la agricultura y a la ganadería por la fijación de nitrógeno atmosférico mediante la simbiosis entre las plantas y las bacterias *Rhizobium*, resultando en un incremento de proteína vegetal y animal (Dean 2013; Andrade et al. 2015). La utilización de leguminosas forrajeras en la alimentación de los bovinos ha sido estudiada en el trópico desde hace muchos años y se han demostrado los beneficios que se obtienen en: la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados; el consumo voluntario por los rumiantes en pastoreo debido a mayor disponibilidad y calidad del forraje (Barahona y Sánchez 2005); la mayor producción de carne o leche que se traduce en beneficio económico para el productor (Lazier y Clatworthy 1997; Rincón 2004; Sánchez 2013); y el potencial de impacto positivo en el sistema suelo-pasto (Lok Mejías et al. 2017) y en el medio ambiente, mediante su contribución a la intensificación sostenible de la producción ganadera, junto con la provisión de servicios ecosistémicos (Schultze-Kraft et al. 2018). Sin embargo; la adopción de tecnologías basadas en leguminosas forrajeras tropicales ha sido baja (Vázquez et al. 2019).

El aporte de las leguminosas es de especial importancia si se tiene en cuenta que el nitrógeno es el nutriente más deficitario no solo en los forrajes tropicales, sino también en los suelos Oxisoles como los de los Llanos Orientales de Colombia. Su deficiencia se manifiesta en una clorosis y baja concentración de proteína en las hojas, y, en general, limitada producción de forraje y lenta recuperación después de realizado un pastoreo.

En la Orinoquia colombiana (Llanos Orientales) se han liberado cuatro leguminosas forrajeras para pastoreo: *Stylosanthes capitata* cv. Capica, *Centrosema acutifolium* cv. Vichada, *Arachis pintoi* cv. Maní Forrajero y *Desmodium ovalifolium* (nuevo nombre: *Grona heterocarpa* subsp. *ovalifolia*) cv. Maquenque. Estas leguminosas, entregadas a los productores hace más de 20 años, han tenido limitantes en disponibilidad de semilla comercial y en su mayoría han tenido baja persistencia bajo pastoreo en asociación con gramíneas, afectando su uso por parte de los productores. En los últimos 10 años se han retomado esfuerzos en investigación orientada al desarrollo de nuevas opciones de germoplasma de leguminosas forrajeras adaptadas a las condiciones de los suelos de baja fertilidad de los Llanos Orientales de Colombia. Estas investigaciones se retomaron considerando: la baja disponibilidad de leguminosas comerciales; el actual interés por parte de los ganaderos en pasturas de asociaciones gramíneas-leguminosas; el

alto costo de los fertilizantes nitrogenados; y la necesidad del desarrollo de sistemas de producción sostenibles y amigables con el ambiente.

En etapas anteriores de evaluación agronómica de leguminosas herbáceas para asociarlas con gramíneas en condiciones de la Altillanura plana, fueron seleccionadas *Centrosema molle* (sin. *Centrosema pubescens*) accesión CIAT 15160 y *Centrosema macrocarpum* accesión CIAT 15799. Estos materiales sobresalieron por su adaptación a las condiciones de suelos ácidos, buena producción y calidad de forraje, tolerancia a plagas y enfermedades y producción de semilla. Posteriormente presentaron buena respuesta en asociación con gramíneas bajo pastoreo con ganado bovino, en términos de rendimiento de forraje y persistencia (A. Rincón, datos sin publicar).

En este trabajo se presenta la continuación del proceso de investigación que tuvo como objetivo determinar el efecto de las leguminosas seleccionadas, en asociación con una gramínea comercial, en la producción de peso vivo bovino, durante tres años de pastoreo. La hipótesis del trabajo fue que, en un sitio representativo para la Altillanura colombiana, *Centrosema molle* CIAT 15160 y *C. macrocarpum* CIAT 15799, en asociación con *Urochloa decumbens* (sin. *Brachiaria decumbens*), producen mayores ganancias de peso vivo bovino que la gramínea sola o asociada con una leguminosa testigo, *Grona heterocarpa* subsp. *ovalifolia* (sin. *Desmodium ovalifolium*) cv. Maquenque.

## Materiales y Métodos

### Localización

El experimento se realizó entre 2017 y 2019 en el Centro de Investigaciones Carimagua de Agrosavia localizado en la Altillanura colombiana a 300 km de la ciudad de Villavicencio, Departamento del Meta (4°03.500' N, 73°28.152' O; 150 msnm).

### Suelo y vegetación

El suelo del área experimental es de textura franco-arcillosa y clasificado como Oxisol de baja fertilidad natural (Cuadro 1).

### Precipitación y temperatura

Las lluvias ocurridas durante los tres años del experimento y, para comparación, el promedio de los tres años anteriores, se presentan en la Figura 1. Mientras que

en 2017 la precipitación total fue de 2,277 mm, algo inferior al promedio anterior (2,416 mm), en los años 2018 y 2019 se presentó un incremento importante especialmente durante junio, julio y agosto que ocasionó inundaciones en el área experimental.

La temperatura anual promedio en el C.I. Carimagua es de 26 °C. En la época seca, la temperatura máxima fue de 32–33 °C, mientras que en el periodo de lluvias estuvo entre 29 y 31 °C. La temperatura mínima ocurrida en la noche fue de 22.5 y 21.8 °C en las épocas seca y lluviosa, respectivamente.

#### Materiales forrajeros utilizados

- *Centrosema molle* (sin. *C. pubescens*), accesión CIAT 15160 (de aquí en adelante denominada ‘*C. molle*’)
- *Centrosema macrocarpum*, accesión CIAT 15799 (de aquí en adelante denominada ‘*C. macrocarpum*’)
- Leguminosa testigo: *Grona heterocarpa* subsp. *ovalifolia* (sin. *Desmodium ovalifolium*) cv. Maquenque (de aquí en adelante denominada ‘cv. Maquenque’)

- Gramínea acompañante con todas las leguminosas: *Urochloa decumbens* (sin. *Brachiaria decumbens*) cv. Decumbens (de aquí en adelante denominada ‘Decumbens’)

La nomenclatura aquí utilizada se rige por la taxonomía del USDA Genetic Resources Information Network (GRIN; [npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch](http://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxon/taxonomysearch)).

Las dos accesiones de *Centrosema* fueron seleccionadas con base en evaluaciones agronómicas en los tres años anteriores.

#### Tratamientos

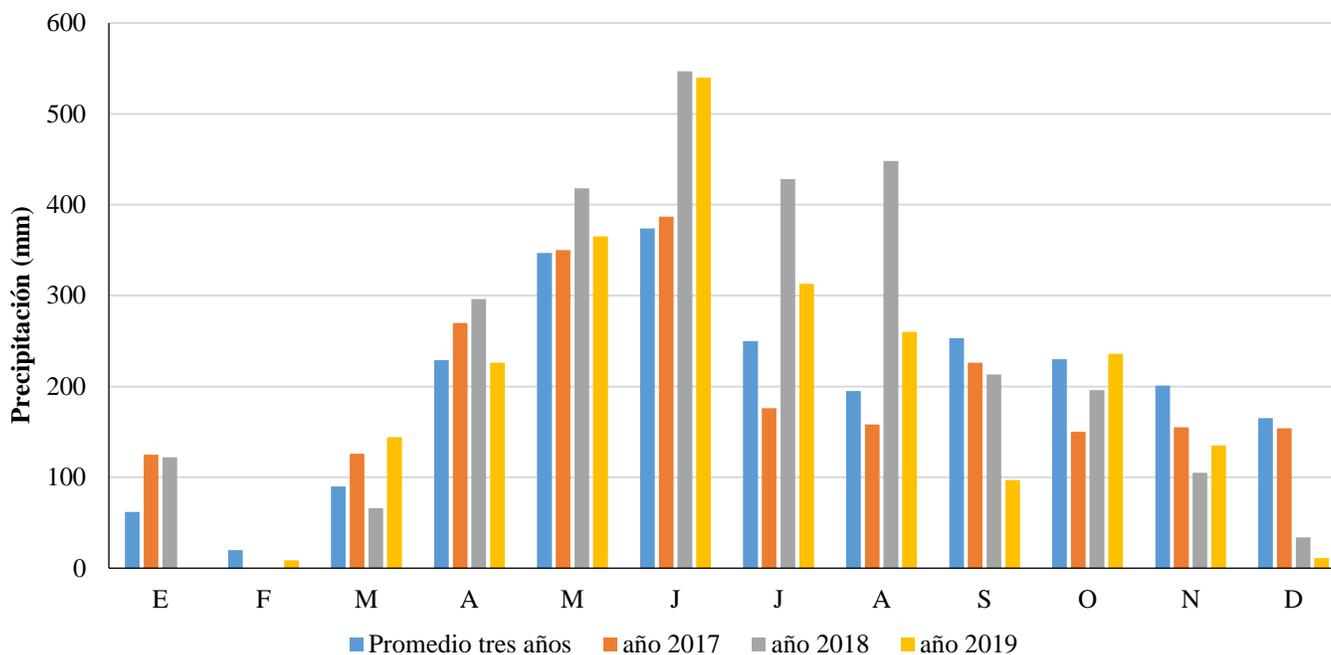
Los tratamientos estuvieron constituidos por las siguientes pasturas:

1. Asociación *Centrosema molle* + *Urochloa decumbens*
2. Asociación *Centrosema macrocarpum* + *Urochloa decumbens*
3. Asociación cv. Maquenque + *Urochloa decumbens*
4. Decumbens solo (sin leguminosa)

**Cuadro 1.** Características químicas del suelo bajo sabana nativa (con predominio de la gramínea *Trachypogon vestitus*) en el sitio experimental. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

pH	M.O. %	P (mg/kg)	S	Al	Ca (cmol/kg)	Mg	K	Sat. Al (%)
5.0	2.9	<3.87	1.8	2.2	0.6	0.20	0.09	65

M.O. = materia orgánica; P = fósforo; S = azufre; Al = aluminio; Ca = calcio; Mg = magnesio; K = potasio; Sat. Al = saturación de aluminio.



**Figura 1.** Precipitación mensual durante los años 2017, 2018 y 2019 comparada con el promedio de tres años anteriores (2014–2016). C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

### Diseño experimental

Los tratamientos se distribuyeron en bloques completos al azar con tres repeticiones. El área de la unidad experimental fue de 0.56 ha (70 × 80 m) y el área de cada tratamiento con las tres repeticiones fue de 1.68 ha para un total de 6.72 ha.

### Establecimiento del experimento

La preparación del suelo se realizó con dos pases de rastra y un pase pulidor. La densidad de siembra se ajustó al tamaño y la germinación de la semilla. Las leguminosas tuvieron una germinación de 70% (con una pureza de 90%) y se sembraron: *C. macrocarpum* – 12 kg de semilla/ha; *C. molle* – 8 kg/ha; cv. Maquenque – 0.5 kg/ha. La tasa de siembra de *Decumbens* (germinación y pureza de la semilla: 40 y 90%, respectivamente) fue de 4 kg/ha. La fertilización para la siembra estuvo constituida por (kg/ha): 620 Ca, 93 Mg, 51 P, 89 S, 45 N y 50 K. Las fuentes fueron cal dolomítica, escorias Thomas, yeso agrícola, fosfato diamónico (19% P, 18% N), cloruro de potasio (50% K), sulcamag (18% Ca, 9% Mg, 9% S) y kieserita (14% Mg, 20% S). Para la siembra se mezclaron la semilla y los fertilizantes y las mezclas se distribuyeron en sus respectivos lotes con una encaladora. Durante las dos primeras semanas se realizó control de hormiga cortadora de hoja (*Atta* sp. y *Acromyrmex landolti*), insuflando los hormigueros con un insecticida en polvo.

En el periodo de establecimiento de las pasturas se construyó la cerca perimetral con alambre de púas; la cerca divisoria interna de los potreros se hizo con cerca eléctrica. Se construyó la red hídrica para los bebederos en cada tratamiento, utilizando agua subterránea a partir de un pozo profundo accionado por un molino de viento.

Anualmente se aplicó una fertilización de mantenimiento compuesta por (kg/ha): 19 P, 18 K, 18 N, 22 S y 11 Mg, utilizando como fuentes fosfato diamónico y sulpomag (11% Mg, 22% S, 18% K).

### Pastoreo

Para la evaluación de la producción animal, se utilizó inicialmente un grupo de cinco bovinos macho cebú Brahman con edades (aproximadamente 1 año y medio) y pesos similares en cada tratamiento. Por consiguiente, se tuvieron cuatro grupos de animales. Cada animal se tomó como una repetición. El pastoreo se realizó en forma rotacional en las tres repeticiones de cada tratamiento con un periodo de ocupación de 14 días y un periodo de descanso de 28 días. El pastoreo tuvo una duración total

de 36 meses, tiempo durante el cual se realizó la ceba a dos grupos de animales. El primer grupo inició el pastoreo en enero de 2017 con un peso promedio inicial de 288 kg/animal y terminó en noviembre de 2018 para un total de 22 meses, con un peso final promedio de 509 kg/animal. Los cinco animales que iniciaron el pastoreo se ajustaron a tres cabezas en marzo de 2018 por baja disponibilidad de forraje (época seca). El segundo grupo (Grupo 2), compuesto también por cinco bovinos machos en cada tratamiento, inició el pastoreo en diciembre de 2018 con un peso inicial promedio de 240 kg/animal y finalizó en febrero de 2020 con un peso final promedio de 495 kg/animal, después de 14 meses de pastoreo. A los animales se le suministró sal mineralizada a voluntad y se cumplieron con los controles sanitarios y vacunas exigidos por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Para determinar el aumento de peso de los animales y calcular las ganancias de peso vivo (PV) diarias, la carga animal y la productividad anual de las pasturas en términos de PV por hectárea, se pesaron los animales en lo posible cada 56 días utilizando una báscula Tru-Test EC 2000 (Tru-Test Ltd, Auckland, Nueva Zelanda).

Las cargas animales que se usaron fueron calculadas con base en: un consumo diario de forraje de 3.5 kg materia seca (MS)/100 kg de PV de bovinos de un peso aproximado de 300 kg/animal; una disponibilidad de forraje promedio de 806 kg MS/ha al inicio del pastoreo; y una pérdida de forraje de 12% por pisoteo. Por consiguiente, las cargas animales estuvieron en el rango de 753–1,117 kg PV/ha en el primer grupo (incluyendo un ajuste que resultó necesario en Marzo de 2018 por baja disponibilidad de forraje), y en el segundo grupo en el rango de 643 y 1,350 kg PV/ha (sin ajuste) (Anexos 3 y 4).

### Evaluaciones

Durante el experimento se realizaron varias evaluaciones complementarias a nivel de suelo y pastura.

**Suelo.** Para determinar los efectos de los forrajes y la fertilización sobre la concentración de nutrientes en el suelo, se ejecutaron dos muestreos de suelo en el área experimental: antes de la labranza (10 submuestras) y a los dos años de realizada la siembra (10 submuestras). Los análisis se efectuaron en el laboratorio de suelos de Agrosavia y se determinaron: acidez intercambiable por extracción con KCl 1N, titulación con HCl y NaOH 0.01N; materia orgánica por el método de Walkley-Black; P por Bray II; Ca, Mg y K con extracción con acetato de amonio (NTC 5349 2008) y absorción atómica; y Fe, Mn, Zn, Cu y B con extracción con doble ácido (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl) (NTC 5526 2007).

*Pasturas.* Para describir algunas características clave de las pasturas que pudieran ser útiles en la interpretación de los resultados de producción animal, se determinaron: la cobertura (%) y altura del pasto (cm); su composición botánica (%); y la disponibilidad de forraje (kg MS/ha). Estas evaluaciones fueron realizadas en transectos, con 20 observaciones en cada potrero con un marco de 0.50 × 0.50 m, al finalizar el periodo de descanso y antes de entrar los animales al pastoreo. En total se hicieron seis evaluaciones durante la época lluviosa y tres evaluaciones durante la época seca. La cobertura se estimó visualmente en cada marco y la altura del pasto se midió con una regla, sin estirar las hojas de las plantas. Debido a limitaciones logísticas y de disponibilidad de personal, también la composición botánica (proporción de gramínea, leguminosa, malezas, leguminosas nativas y material muerto) se estimó visualmente. Estas estimaciones fueron ejecutadas por la misma persona quien recibió un entrenamiento especial en esta técnica, obteniéndose en un ejercicio previo de validación con 50 muestras un coeficiente de determinación  $R^2 = 0.79$  al comparar, mediante una regresión, los porcentajes estimados visualmente con los porcentajes basados en el peso verde de los diferentes componentes. Para determinar la disponibilidad de forraje (kg de MS/ha al final del periodo de 28 días de descanso), se cortó el material presente en el marco a una altura de 20–25 cm sobre el suelo o sea a la altura aproximada al final del pastoreo anterior. Se determinó el peso verde del forraje mediante una balanza electrónica y se secó en un horno secador de forraje a una temperatura de 70 °C durante 3 días, para obtener el contenido de humedad y calcular materia seca de las muestras.

Una de las muestras de forraje enteras (0.50 × 0.50 m), tomada en las tres repeticiones de cada tratamiento en la época lluviosa de 2018, se utilizó para determinar las concentraciones de proteína cruda (PC) mediante el método micro-Kjeldahl ([AOAC 1995](#)); fibra en detergente ácido (FDA) ([Van Soest 1963](#)); fibra en detergente neutro (FDN) ([Van Soest y Wine 1967](#)); y degradabilidad in situ de la materia seca mediante el método descrito por Nocek y English ([1986](#)), utilizando bolsas de nylon con 5 g de forraje incubado por triplicado durante 48 horas en el rumen de un bovino cebú comercial de 680 kg fistulado que pastoreaba en una pradera de *U. decumbens* con acceso a sal mineralizada y agua a voluntad.

#### *Análisis de datos*

La información obtenida fue analizada mediante el paquete estadístico SAS 8.3. Los datos se sometieron a análisis de

varianza y para la comparación de medias y para determinar la significancia se aplicó la prueba de Duncan con una probabilidad  $P < 0.05$ .

## **Resultados**

### *Suelo*

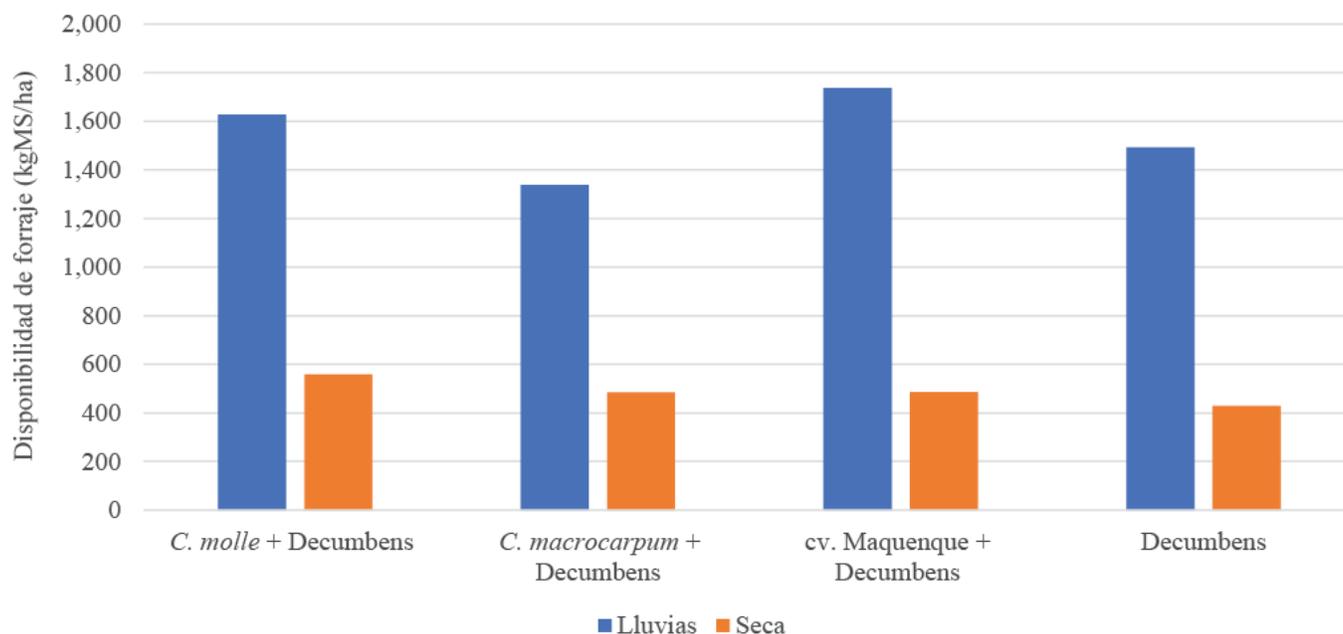
Con excepción de la disminución de la concentración y saturación de aluminio, las características químicas del suelo cambiaron poco después de dos años como consecuencia de la fertilización y los tratamientos. Entre estos últimos no se observaron diferencias ni tendencias claras ([Anexo 1](#)).

### *Evaluaciones agronómicas*

Los resultados de las evaluaciones de cobertura, altura y disponibilidad de forraje ([Anexo 2](#)) tampoco mostraron diferencias claras ni tendencias entre los tratamientos, tanto respecto a estos parámetros como a años. Las únicas diferencias claras se presentaron, como era de esperar, para la disponibilidad de forraje entre las épocas lluviosa y seca de cada año, sin que las diferencias entre los tratamientos fueran mayores. No obstante, se observó una leve ventaja de la pastura *C. molle* + *Decumbens* para la época seca (Figura 2).

### *Composición botánica*

La proporción de la respectiva leguminosa en las pasturas asociadas varió significativamente entre los tratamientos (Cuadro 2). En todas las evaluaciones, *C. molle* en su asociación con *Decumbens* presentó los valores más altos, los cuales variaron de alrededor de 40% en la pastura durante la primera mitad del experimento (las primeras tres evaluaciones) hasta una estabilización alrededor de 25% en la segunda mitad (Figura 3). Esta disminución en la segunda parte del experimento se observó también en las pasturas de las otras dos leguminosas y se debió a las inundaciones que se presentaron en el experimento como consecuencia de las fuertes lluvias en el sitio (junio–agosto 2018). La participación de *C. macrocarpum* en su asociación fue muy baja, independiente de la época, y la leguminosa prácticamente desapareció. Respecto a la participación de los otros componentes [gramínea, material muerto, leguminosas nativas (*Aeschynomene* sp. y *Desmodium* sp.) y malezas], a pesar de algunas diferencias significativas en algunas evaluaciones, no se observaron tendencias claras (Cuadro 2).



**Figura 2.** Disponibilidad promedio de forraje (rebrote de 28 días de edad) durante tres épocas lluviosas y secas en cuatro pasturas, 2017–2019. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

### Calidad nutritiva

En la época lluviosa del segundo año de pastoreo, se analizó la calidad nutritiva del forraje (Cuadro 3), destacándose la asociación de *C. molle* con Decumbens por la mayor ( $P < 0.05$ ) concentración de proteína cruda, lo cual era de esperar por la mayor presencia de la leguminosa en la mezcla. La fibra en detergente neutro (FDN) también fue superior en esta asociación, mientras que la fibra en detergente ácido (FDA) fue menor. La digestibilidad también fue más alta en esta misma asociación y en la pastura de Decumbens solo.

### Producción animal

**Ganancia de peso vivo diaria.** En el Cuadro 4 se presentan las ganancias diarias de peso vivo (PV) del primer grupo de novillos con base en siete pesajes entre enero 2017 y noviembre 2018. En el primer periodo (enero a junio) de pastoreo no se presentaron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ), pero en los pesajes posteriores los animales de la asociación de *C. molle* + Decumbens ganaron significativamente más peso. El efecto de las inundaciones presentadas entre junio y agosto 2018 por la alta precipitación es reflejado en las pérdidas de PV en casi todos los animales, con excepción de los que pastorearon la asociación *C. molle* + Decumbens.

En el Cuadro 5 se presentan las ganancias diarias de PV del segundo grupo de novillos con base en seis pesajes entre diciembre 2018 y febrero 2020. Se observa la misma tendencia que la del primer grupo pues en la mayor parte de los pesajes se pudo evidenciar más ganancia diaria de PV en la asociación de *C. molle* + Decumbens que en los otros tratamientos. Las diferencias, sin embargo, no fueron significativas. De igual forma al año 2018, en el periodo de mayo a septiembre de 2019, cuando ocurrieron inundaciones por alta precipitación y además se presentó fuerte ataque del insecto plaga ‘salivazo’ (*Aeneolamia* spp.), se observan ganancias de peso muy bajas (Cuadro 5).

En la época lluviosa, las ganancias de PV de los novillos en la asociación de *C. molle* con Decumbens fueron superiores ( $P < 0.05$ ) a las obtenidas en los otros tratamientos (Figura 4). Durante la época seca no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos.

Calculando la productividad por hectárea, con base en la ganancia diaria de peso y la carga animal expresada en kg peso vivo/ha, sobresale la asociación de *C. molle* con Decumbens, con una productividad de 611 y 595 kg/ha/año en el primer y segundo grupo, respectivamente (Figura 5). Las respectivas diferencias con el promedio de los otros tratamientos ascienden a 278 kg (80%) y 168 kg (39%) a favor de la pastura *C. molle* con Decumbens.

**Cuadro 2.** Composición botánica (%) de las pasturas durante las épocas lluviosas y secas 2017–2019. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

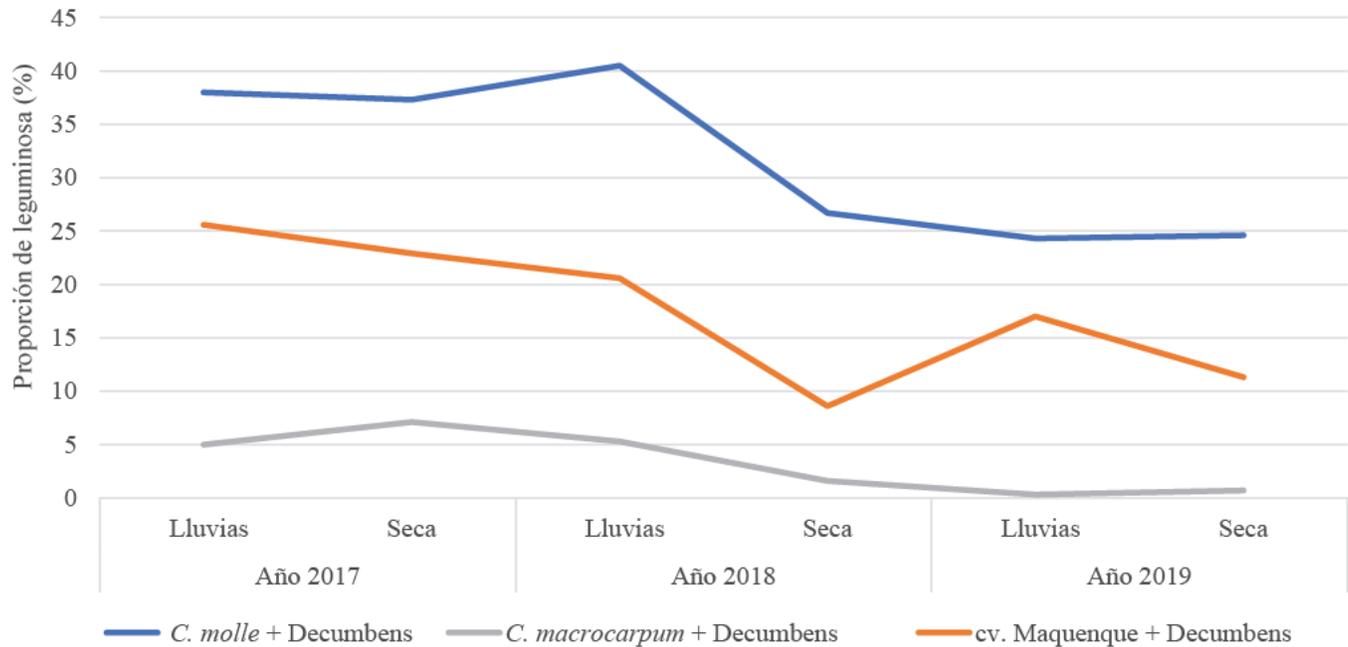
Pastura	Leguminosa	Gramínea	Material muerto	Leguminosas nativas	Malezas
<b>Época de lluvias 2017</b>					
<i>C. molle</i> + Decumbens	38.0a	27.8b	24.0c	2.3b	6.3
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	5.0c	39.8a	35.0ab	8.0a	3.3
cv. Maquenque + Decumbens	25.6b	33.8ab	28.0bc	3.6b	4.3
Decumbens solo	0.0c	43.1a	38.6a	5.6ab	5.6
Significancia	0.001	0.02	0.01	0.04	ns
C.V. (%)	19.3	14.1	13.4	41.9	31.0
<b>Época seca 2017</b>					
<i>C. molle</i> + Decumbens	37.3a	32.1b	26.0b	1.6	0.6
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	7.1c	44.3a	39.0a	4.6	1.6
cv. Maquenque + Decumbens	22.9b	40.4ab	28.3b	3.3	1.6
Decumbens solo	0.0c	43.2a	43.3a	6.6	3.3
Significancia	0.001	0.06	0.006	ns	ns
C.V. (%)	24.9	12.4	14.1	51.4	87.3
<b>Época de lluvias 2018</b>					
<i>C. molle</i> + Decumbens	40.5a	34.6b	9.7b	5.3	3.6b
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	5.3c	55.3a	18.3ab	4.3	13.0a
cv. Maquenque + Decumbens	20.6b	49.1a	19.0ab	3.0	4.6b
Decumbens solo	0.0c	58.6a	24.3a	4.3	7.0ab
Significancia	0.002	0.002	0.03	ns	0.06
C.V. (%)	26.9	10.5	26.7	35.3	54.1
<b>Época seca 2018</b>					
<i>C. molle</i> + Decumbens	26.7a	34.6	30.1	0.2c	0.0b
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	1.6c	48.3	32.7	5.3a	2.3ab
cv. Maquenque + Decumbens	8.6b	40.4	49.3	1.3b	0.3b
Decumbens solo	0.0c	38.3	46.2	5.0a	4.6a
Significancia	0.003	ns	ns	0.04	0.04
C.V. (%)	56.7	22.6	30.6	56.8	72.4
<b>Época de lluvias 2019</b>					
<i>C. molle</i> + Decumbens	24.3a	42.4	28.3	0.6b	1.6
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	0.3c	48.3	30.3	4.3ab	13.1
cv. Maquenque + Decumbens	17.0b	46.3	30.0	2.3b	2.0
Decumbens solo	0.0c	43.1	31.0	6.3a	12.3
Significancia	0.005	ns	ns	0.03	0.02
C.V. (%)	25.5	38.3	34.1	47.3	46.4
<b>Época seca 2019</b>					
<i>C. molle</i> + Decumbens	24.6a	47.0	20.6b	2.3b	3
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	0.7c	51.6	28.1ab	5.3ab	4
cv. Maquenque + Decumbens	11.3b	48.0	29.0a	5.6ab	1
Decumbens solo	0.0c	50.4	31.0a	6.3a	5
Significancia	0.0001	ns	0.006	0.01	ns
C.V. (%)	28.8	5.5	14.8	37.1	56.7

Promedios con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias significativas (Duncan  $P > 0.05$ ).

**Cuadro 3.** Calidad nutritiva del forraje (rebrote de 28 días de edad) de las pasturas de tres asociaciones de leguminosa con *Urochloa decumbens* vs. *U. decumbens* solo, durante la época lluviosa 2018. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

Pastura	Proteína cruda (%)	FDN (%)	FDA (%)	Digestibilidad (%)
<i>C. molle</i> + Decumbens	13.7a	66.6a	34.0b	66.7a
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	9.8c	63.5b	36.3a	64.2b
cv. Maquenque + Decumbens	11.7b	64.7b	36.0a	62.4c
Decumbens solo	9.2c	68.2a	36.1a	67.6a
Significancia	0.006	0.009	0.08	0.0001
C.V. (%)	7.5	2.3	2.9	1.2

Promedios con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias significativas (Duncan  $P > 0.05$ ).



**Figura 3.** Evolución de la proporción de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* cv. Decumbens, bajo pastoreo durante tres años. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

**Cuadro 4.** Ganancia de peso vivo (kg/animal/día) del primer grupo de novillos durante 22 meses de pastoreo en pasturas de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* y en la gramínea sola (enero 2017–noviembre 2018). C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

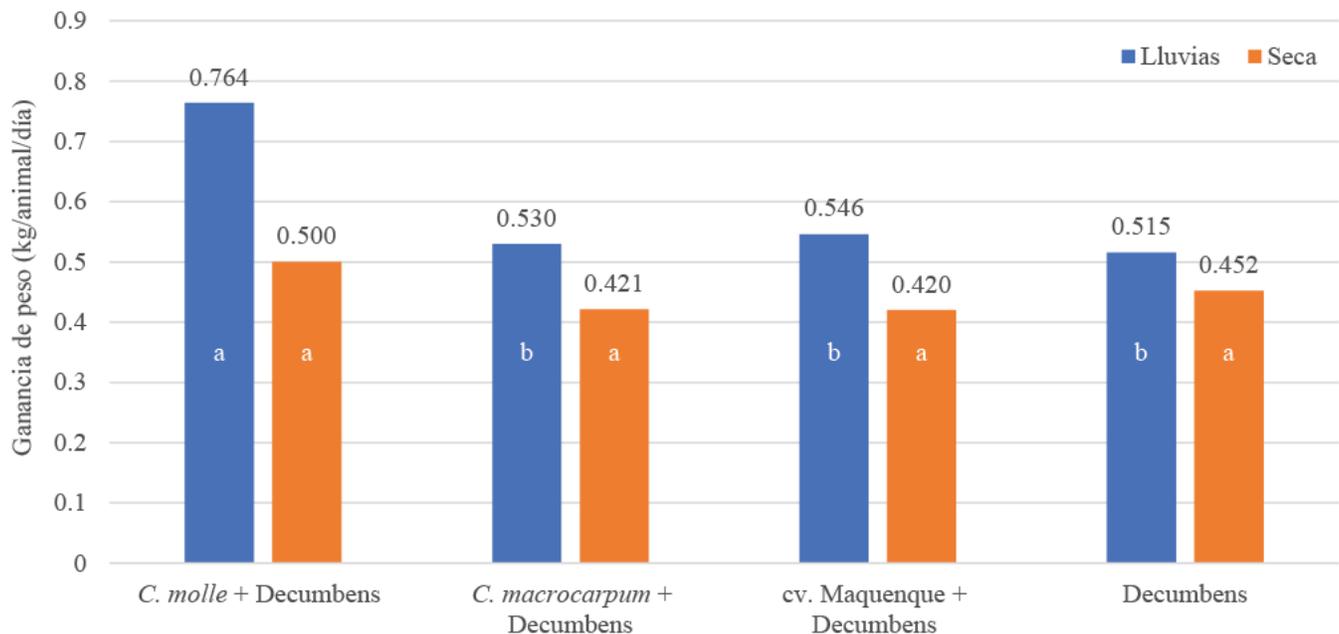
Pastura	Ene–Jun/17	Jun–Ago/17	Ago–Dic/17	Mar–Jun/18	Jun–Ago/18	Ago–Sep/18	Sep–Nov/18
<i>C. molle</i> + Decumbens	0.287	0.917a	0.780a	0.790	0.406a	0.553a	1.076
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	0.255	0.620b	0.565b	0.511	-0.377b	0.106c	1.090
cv. Maquenque + Decumbens	0.234	0.660b	0.635b	0.670	-0.384b	0.284b	1.015
Decumbens solo	0.336	0.740ab	0.650b	0.740	-0.608b	0.276b	0.924
Significancia	ns	0.02	0.01	ns	0.007	0.001	Ns
C.V. (%)	38.3	24.7	30.2	35.7	58.8	35.9	25.6

Promedios con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias significativas (Duncan  $P > 0.05$ ). Por problemas de logística no se reportan datos para el período diciembre 2017–marzo 2018.

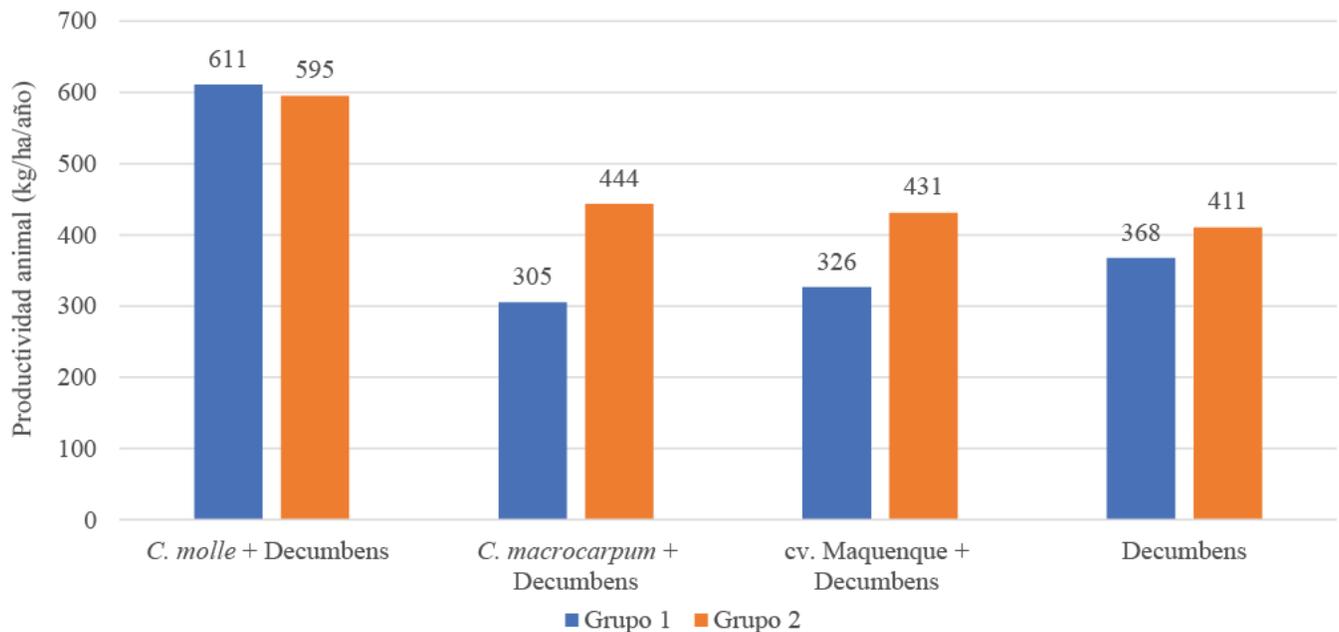
**Cuadro 5.** Ganancia de peso vivo (kg/animal/día) del segundo grupo de novillos durante 14 meses de pastoreo en pasturas de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* y en la gramínea sola (diciembre 2018–febrero 2020). C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

Pastura	Dic–Abr/19	Abr–May/19	May–Sep/19	Sep–Oct/19	Oct–Dic/19	Dic–Feb/20
<i>C. molle</i> + Decumbens	0.550	1.140a	0.170	0.984a	0.947a	0.672
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	0.486	0.570b	0.159	0.849ab	0.782ab	0.534
cv. Maquenque + Decumbens	0.397	0.770ab	0.082	0.783ab	0.817ab	0.586
Decumbens solo	0.420	0.610b	0.259	0.673b	0.716b	0.593
Significancia	ns	0.06	ns	0.01	0.05	ns
C.V. (%)	29.7	44.1	68.7	24.2	14.8	34.7

Promedios con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias significativas (Duncan  $P > 0.05$ ).



**Figura 4.** Ganancia de peso (kg/animal/día) de los novillos en pasturas de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* y la gramínea sola durante las épocas lluviosa y seca (promedios de tres años). C.I. Carimagua, Altillanura colombiana. Columnas con el mismo color y letras iguales no difieren significativamente (Duncan  $P > 0.05$ ).



**Figura 5.** Productividad de peso vivo (PV) por hectárea y año en dos grupos de novillos en pasturas de tres leguminosas asociadas con *Urochloa decumbens* y gramínea sola durante tres años (2017–2019). C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

## Discusión

Aunque no se presentó diferencia alguna entre los tratamientos, la disponibilidad promedio de forraje después del periodo de descanso cada 28 días, durante los tres años de evaluación fue de 1,500 kg MS/ha en

época lluviosa, coincidiendo con lo encontrado por Rincón (2004) en asociaciones de *Brachiaria decumbens* (ahora: *Urochloa decumbens*) con *Pueraria phaseoloides* (kudzu; ahora: *Neustanthus phaseoloides*) y *Arachis pintoi* (maní forrajero) en la Altillanura, pero superior a lo encontrado por Pérez y Pérez (2006) en

praderas de *Brachiaria brizantha* (ahora: *Urochloa brizantha*) solas y asociadas con kudzu, también en la Altillanura, con producción de forraje de 1,024 kg MS/ha con periodo de descanso de 28 días.

La alta proporción de *C. molle* en la asociación, desde el primer año de pastoreo, permite ver a este material como promisorio para los sistemas ganaderos de la región. Su capacidad de supervivencia después de más de dos meses bajo alta saturación de agua, ocurrida durante los periodos lluviosos de los años 2018 y 2019, permitió mantener un 24% de leguminosa en la composición botánica, demostrando la tolerancia de esta accesión de *C. molle* a los cambios del clima que se vienen percibiendo en la región en los últimos años. Humphreys et al. (1997) en Asia tropical, en la asociación de *C. pubescens* (ahora: *C. molle*) con *B. decumbens* (ahora: *U. decumbens*) reportaron una proporción de la leguminosa entre 21 y 24% que consideraron como adecuada frente a un mínimo deseable de 15%.

El *C. macrocarpum* asociado con Decumbens no alcanzó el 10% en la composición botánica en el primer año de pastoreo y después del segundo año disminuyó hasta casi desaparecer, mientras que el cv. Maquenque en el tercer año conservó una proporción de 14%. El factor que probablemente fue decisivo para la baja producción y persistencia de *C. macrocarpum*, en comparación con la buena producción y persistencia de *C. molle*, fue la falta de cepas efectivas de *Rhizobium* nativas en el área experimental con las que *C. macrocarpum* hubiera podido asociarse. Diferente a las evaluaciones agronómicas anteriores, en las que se identificó a *C. macrocarpum* como especie promisoría, las pasturas para producción animal se establecieron en sabana virgen donde no ha habido oportunidad de colonización por cepas específicas que *C. macrocarpum* parece requerir para una efectiva nodulación. Esta falta de asociación con rizobios aparentemente no pudo ser compensada por los 18 kg de N incluida en la fertilización de mantenimiento de todos los tratamientos. En contraste, *C. molle* sí noduló con rizobios nativos. Además, *C. molle* fue favorecido por dos características de la gramínea asociada: el hábito de crecimiento semierecto del Decumbens que permite el desarrollo de leguminosas de crecimiento voluble, y el debilitamiento de su vigor y capacidad de competencia con la leguminosa, debido al ataque del insecto plaga 'salivazo' (*Aeneolamia* spp.).

Al respecto, Kretschmer (1988) y Arcos Álvarez et al. (2018) hacen referencia a la falta de persistencia de las leguminosas forrajeras tropicales como el mayor obstáculo para su utilización en mezclas con gramíneas. Esta situación aún se mantiene y se agrava, por la falta de investigación que permita una mayor oferta de materiales e información sobre

el adecuado manejo para asegurar la estabilidad de la leguminosa en las asociaciones. Sin embargo, Shelton et al. (2005) reportan un número considerable de casos de asociaciones estables a nivel del trópico y subtropical. Similarmente, Lok Mejias et al. (2017), analizando una comparación de un sistema silvopastoril con una asociación gramíneas-múltiples leguminosas de 15 años en Cuba, concluyeron que asociaciones leguminosas-gramíneas pueden persistir durante largos periodos de tiempo con adecuada producción de biomasa e incremento de la fertilidad del suelo, siempre que se manejen con la correcta disciplina tecnológica.

El aporte de la leguminosa a la concentración de proteína cruda (PC) contribuyó al mejoramiento de la calidad del forraje disponible, especialmente en el caso de la pastura con *C. molle* (13.7% de PC en la mezcla). Esta especie es reconocida por su alta concentración de PC (17–25%; [Lascano et al. 1997](#)). También se pudo evidenciar buena concentración de PC en la pastura Decumbens solo con más de 9% y una digestibilidad de 67%, lo cual contrasta con la concentración de PC que con el manejo tradicional en la región y sin fertilización no alcanza 7% ([Rincón 2004](#)). Atribuimos la buena calidad del Decumbens a la edad del forraje disponible (28 días) y a la mayor concentración de materia orgánica en el suelo (2.9%) la cual, según los datos presentados por Rodríguez Borray y Bautista Cubillos (2019), debe considerarse como media a alta para la Altillanura. Esto indica que la fertilización aplicada en el establecimiento de las pasturas y la fertilización anual de mantenimiento, permitieron un buen desempeño de la gramínea ([Rincón 2010](#); [Pérez et al. 2018](#)).

La mayor proporción de leguminosa se reflejó en las ganancias de PV en la asociación con *C. molle*, llegando a más de 700 g/animal/día en época lluviosa en comparación con las otras pasturas (algo más de 500 g/animal/día). Estas ganancias resultan ser superiores a las reportadas por Garza Treviño y Portugal (1978, citados por [Argel et al. 1997](#)), con aumentos diarios de 524 g/animal en una asociación de *C. pubescens* (ahora: *C. molle*) con pasto Pangola [*Digitaria decumbens* (ahora: *D. eriantha*)] frente a 385 g/animal en Pangola sola.

Las ganancias obtenidas en la época seca en todas las asociaciones, con un promedio de 448 g/animal/día, demuestran un impacto importante en la producción de peso vivo, si se tiene en cuenta que en la Altillanura se presentan en esta época, por lo general, pérdidas en la productividad de ganado de carne o leche ([Castro et al. 2018](#)). La mayor ganancia de peso animal en la asociación *C. molle* + Decumbens significó 222 kg/ha/año más PV con respecto a las demás pasturas estudiadas. La productividad en peso vivo por hectárea en esta asociación coincide con la producción de 500–600 kg

PV/ha/ año reportado por Lascano et al. (1997) para regiones tropicales húmedas con suelos de fertilidad natural intermedia siempre que las pasturas se manejan de forma adecuada y se les aplica la fertilización necesaria.

## Conclusión

En el suelo franco arcilloso de la Altillanura colombiana, la accesión *C. molle* CIAT 15160 se destacó por su buena proporción en asociación con *U. decumbens* cv. Decumbens. Con una productividad de 600 kg PV/ha/año frente a 390 kg/ha/año producido por la gramínea sola, se demostró el beneficio de esta leguminosa en la alimentación de bovinos. Se recomienda revalidar su productividad y persistencia a nivel de productor, también en asociaciones con otras gramíneas. *C. molle* CIAT 15160 puede ser una buena opción para la deseada intensificación sostenible de las ganaderías en la Altillanura colombiana.

## Agradecimientos

A la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – Agrosavia por el apoyo técnico y administrativo; al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia por la financiación del proyecto; a Jorge Lozano (q.e.p.d.), Investigador de Agrosavia, por su apoyo en el manejo animal; y a Luis Alberto Ciprián, Asistente de Agrosavia, por el apoyo en labores de campo y evaluaciones.

## Referencias

(Nota de los editores: los enlaces se verificaron el 9 de marzo de 2021).

- Andrade CMS; Ferreira AS; Casagrande DR. 2015. Uso de leguminosas em pastagens: Potencial para consórcio compatível com gramíneas tropicais e necessidades de manejo de pastejo. En: Anais, 27 Simpósio sobre Manejo de Pastagem. Sistemas de produção, intensificação e sustentabilidade da produção animal. FEALQ, Piracicaba, São Paulo, Brasil. p. 113–152. [bit.ly/3cMNHcn](http://bit.ly/3cMNHcn)
- AOAC (Association of Official Agricultural Chemists). 1995. Official methods of analysis. 16th Edn. AOAC Inc., Arlington, VA, USA.
- Arcos Álvarez CN; Lascano AP; Guevara Viera RV. 2018. Manejo de asociaciones gramíneas-leguminosas en pastoreo con rumiantes para mejorar su persistencia, la productividad animal y el impacto ambiental en los trópicos y regiones templadas. Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal 2(2):1–31. [bit.ly/3qQEEqm](http://bit.ly/3qQEEqm)
- Argel PJ; Peralta M; Pizarro EA. 1997. Experiencia regional con *Centrosema*: América Central y México. En: Schultze-Kraft R; Clements RJ; Keller-Grein G, eds. *Centrosema*: Biología, agronomía y utilización. CIAT, Cali, Colombia. p. 427–454. [bit.ly/3mPBh1r](http://bit.ly/3mPBh1r)
- Barahona RR; Sánchez PS. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. Revista Corpoica 6(1):69–82. doi: [10.21930/rcta.vol6\\_num1\\_art:39](https://doi.org/10.21930/rcta.vol6_num1_art:39)
- Castro E; Mojica JE; Carulla JE; Lascano CE. 2018. Evaluación de leguminosas como abono verde en cultivos forrajeros para ganaderías en el Caribe seco colombiano. Agronomía Mesoamericana 29:597–617. doi: [10.15517/ma.v29i3.32350](https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.32350)
- Dean G.D.B. 2013. Importancia de las leguminosas en la alimentación de rumiantes. En: Perozo BA, ed. Manejo de pastos y forrajes tropicales. Cuadernos Científicos GIRARZ 13. Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A., Maracaibo, Venezuela. p. 169–176. [bit.ly/3vznY9i](http://bit.ly/3vznY9i)
- Humphreys LR; Ivory DA; Wong Choi Chee; Topark-Ngarm A. 1997. Experiencia regional con *Centrosema*: Asia tropical y región del Pacífico. En: Schultze-Kraft R; Clements RJ; Keller-Grein G, eds. *Centrosema*: Biología, agronomía y utilización. CIAT, Cali, Colombia. p. 629–647. [bit.ly/3gfKgHY](http://bit.ly/3gfKgHY)
- Kretschmer AE. 1988. Consideraciones sobre factores que afectan la persistencia de leguminosas forrajeras tropicales. Pasturas Tropicales 10(1):28–32. [bit.ly/3foE8N3](http://bit.ly/3foE8N3)
- Lascano CE; Teitzel JK; Eng Pei Kong. 1997. Valor nutritivo de *Centrosema* y producción animal. En: Schultze-Kraft R; Clements RJ; Keller-Grein G, eds. *Centrosema*: Biología, agronomía y utilización. CIAT, Cali, Colombia. p. 343–373. [bit.ly/3twIjdK](http://bit.ly/3twIjdK)
- Lazier JR; Clatworthy JN. 1997. Experiencia regional con *Centrosema*: África al sur del Sahara. En: Schultze-Kraft R; Clements RJ; Keller-Grein G, eds. *Centrosema*: Biología, agronomía y utilización. CIAT, Cali, Colombia. p. 649–684. [bit.ly/3twIjdK](http://bit.ly/3twIjdK)
- Lok Mejías S; Crespo G; Torres V. 2017. Influence of forage legumes on the soil-grass system. Cuban Journal of Agricultural Science 51(2):261–270. [bit.ly/3sBjqqG](http://bit.ly/3sBjqqG)
- Nocek JE; English JE. 1986. In situ degradation kinetics: Evaluation of rate determination procedure. Journal of Dairy Science 69:77–87. doi: [10.3168/jds.s0022-0302\(86\)80372-1](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(86)80372-1)
- NTC (Norma Técnica Colombiana) 5349. 2008. Determinación de las bases intercambiables: los cationes calcio, magnesio, sodio, potasio. Método de extracción con acetato de amonio 1 N y pH 7. ICONTEC. 6 p. [bit.ly/30TPBvC](http://bit.ly/30TPBvC)
- NTC (Norma Técnica Colombiana) 5526. 2007. Determinación de micronutrientes disponibles cobre, zinc, hierro, manganeso. ICONTEC. 6 p. [bit.ly/2OAv8tv](http://bit.ly/2OAv8tv)
- Pérez O; Bueno GA; Baquero JE; Onofre HG; Cassalet E; Molina AM; Arango MA; Velázquez JG; Rodríguez NS; Moreno ML; Amaya CV; Bernal JH; Correal WA; Pabón DM; Villalobos MA; Velázquez JH; Fuentes JC. 2018. Modelo productivo. Tecnologías integrales para sistemas de producción de bovinos de cría en la altillanura colombiana. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Mosquera, Colombia. p. 35–43. doi: [10.21930/agrosavia.model.7402681](https://doi.org/10.21930/agrosavia.model.7402681)

- Pérez R; Pérez O. 2006. Gramíneas forrajeras con potencial para sistemas de producción de ganadería bovina. MADR-CIAT-Corpoica. [bit.ly/3qXXUB6](http://bit.ly/3qXXUB6)
- Rincón A. 2004. Rehabilitación de pasturas y producción animal en *Brachiaria decumbens* en la Altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia. *Pasturas Tropicales* 26(3):2–12. [bit.ly/3rHnOtz](http://bit.ly/3rHnOtz)
- Rincón A. 2010. Concentración de minerales en suelos y fertilización de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. En: Rincón A; Jaramillo, C, eds. Manejo de la nutrición mineral en sistemas ganaderos de los Llanos Orientales de Colombia. CORPOICA, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Villavicencio, Meta, Colombia. p. 113–164. [hdl.handle.net/20.500.12324/19506](http://hdl.handle.net/20.500.12324/19506)
- Rodríguez Borray G; Bautista Cubillos R. 2019. Adopción e impacto de los sistemas agropecuarios introducidos en la altillanura plana del Meta. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria de Colombia (AGROSAVIA). Mosquera. [hdl.handle.net/20.500.12324/35451](http://hdl.handle.net/20.500.12324/35451)
- Sánchez GAJ. 2013. Asociación de gramíneas y leguminosas. En: Perozo BA, ed. Manejo de pastos y forrajes tropicales. Cuadernos Científicos GIRARZ 13. Fundación GIRARZ. Ediciones Astro Data S.A., Maracaibo, Venezuela. p. 177–184. [bit.ly/3ahvsF4](http://bit.ly/3ahvsF4)
- Schultze-Kraft R; Rao IM; Peters M; Clements RJ; Bai C; Liu G. 2018. Tropical forage legumes for environmental benefits: An overview. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales* 6:1–14. doi: [10.17138/tgft\(6\)1-14](https://doi.org/10.17138/tgft(6)1-14)
- Shelton HM; Franzel S; Peters M. 2005. Adoption of tropical legume technology around the world: Analysis of success. *Tropical Grasslands* 39:198–209. [bit.ly/3dmAyBD](http://bit.ly/3dmAyBD)
- Van Soest PJ. 1963. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 46:829–835. [goo.gl/tAmbLm](http://goo.gl/tAmbLm)
- Van Soest PJ; Wine RH. 1967. Use of detergent in the analysis of fibrous feeds. IV. Determination of plant cell-wall constituents. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 50:50–55. [goo.gl/HhyMLS](http://goo.gl/HhyMLS)
- Vázquez LD; Lara-Rodríguez DA; Sánchez AJ; Díaz PLA; Velázquez SMG. 2019. Tropical legumes as improvers of rangeland and agricultural soils. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22(1):203–211. [bit.ly/2QvRkoR](http://bit.ly/2QvRkoR)

**Anexo 1.** Características químicas del suelo en sabana nativa (= antes del establecimiento de las pasturas) y después de dos años de pastoreo. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

Pastura	pH	M.O. %	P (mg/kg)	S	Al	Ca	Mg	K	Sat. Al (%)
Sabana nativa antes de siembra	5.0b	2.9ab	<3.87 <sup>1</sup>	1.8b	2.2a	0.6b	0.20b	0.09	65a
<i>C. molle</i> + Decumbens	5.2a	3.0a	<3.87	1.5b	1.4b	1.1ab	0.28ab	0.09	44ab
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	5.2a	2.8b	<3.87	5.1ab	1.3b	1.2ab	0.30ab	0.09	40ab
cv. Maquenque + Decumbens	5.2a	3.0a	<3.87	6.2a	1.0b	1.9a	0.43a	0.11	26b
Decumbens solo	5.3a	3.0a	<3.87	7.2a	1.1b	1.5ab	0.34ab	0.09	31b
Significancia	0.07	0.09		0.02	0.05	0.01	0.09	ns	0.06
C.V. (%)	1.3	3.2		30.2	22.1	30.2	19.6	16.7	24.3

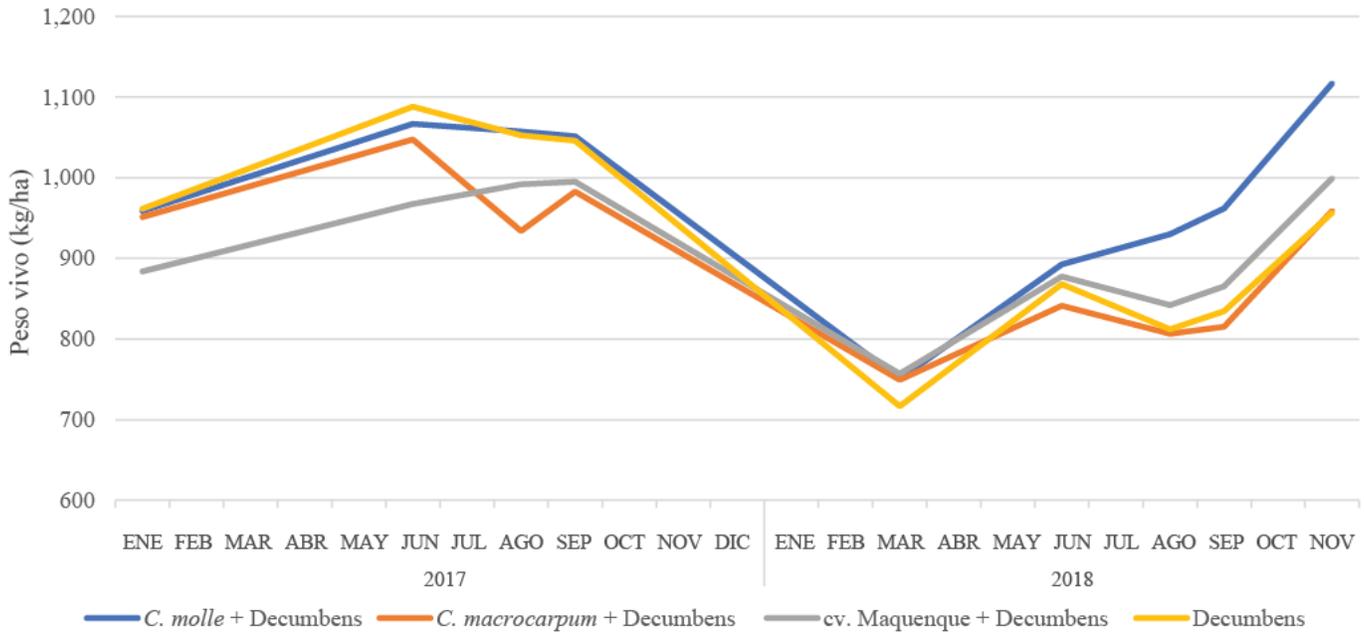
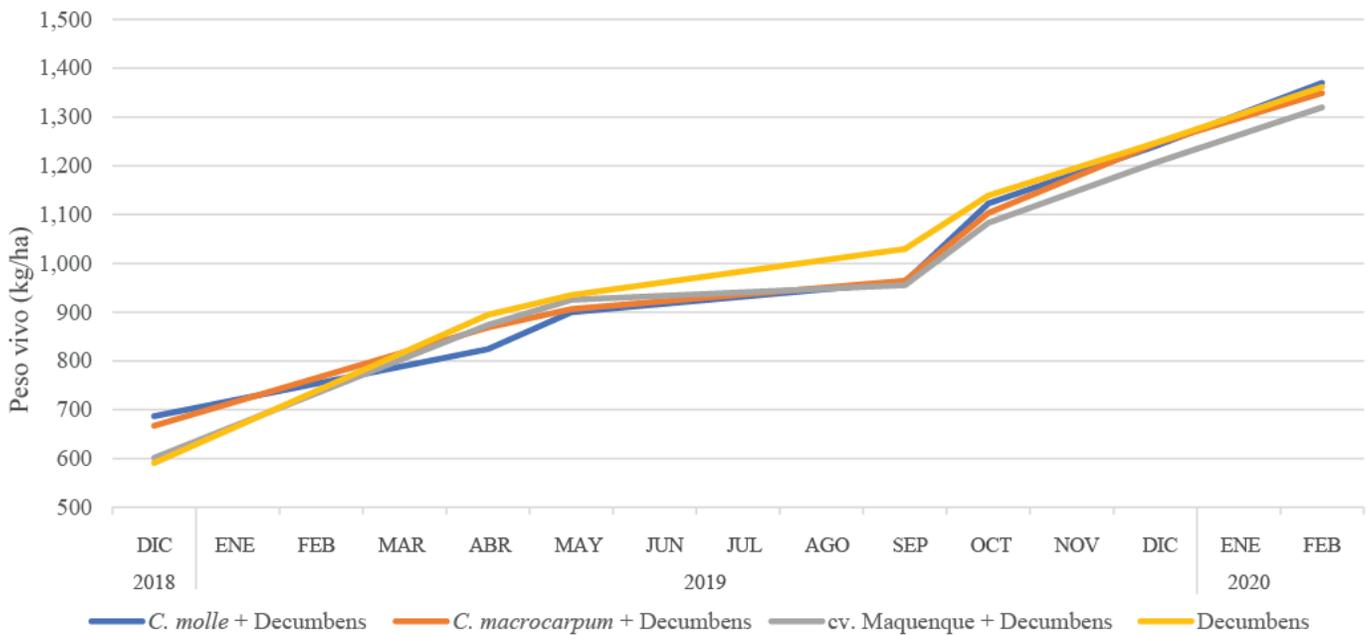
Promedios con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias significativas (Duncan P>0.05).

<sup>1</sup>El laboratorio que procesó las muestras no reporta valores de P menores de 3.87 mg/kg.

**Anexo 2.** Comportamiento agronómico de las pasturas durante las épocas lluviosa y seca, 2017–2019. C.I. Carimagua, Altillanura colombiana.

Pastura	Cobertura (%)	Altura (cm)	Disponibilidad de forraje (kg MS/ha)
<b>Época de lluvias 2017</b>			
<i>C. molle</i> + Decumbens	80.0	31.6	1,730
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	76.0	30.6	1,491
cv. Maquenque + Decumbens	75.3	30.3	2,014
Decumbens solo	78.3	30.0	1,819
Significancia	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.6	14.2	19.5
<b>Época seca 2017</b>			
<i>C. molle</i> + Decumbens	85.8a	35.0a	924
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	77.1ab	34.1ab	821
cv. Maquenque + Decumbens	75.8b	31.0b	800
Decumbens solo	77.5ab	31.6b	678
Significancia	0.008	0.06	ns
C.V. (%)	5.6	5.2	20.1
<b>Época de lluvias 2018</b>			
<i>C. molle</i> + Decumbens	91.3a	33.0	1,971
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	76.6c	31.6	1,652
cv. Maquenque + Decumbens	85.0ab	39.0	2,178
Decumbens solo	82.3b	36.6	1,855
Significancia	0.007	ns	ns
C.V. (%)	2.9	14.1	17.6
<b>Época seca 2018</b>			
<i>C. molle</i> + Decumbens	83.6a	32.1ab	193
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	74.7b	31.7ab	159
cv. Maquenque + Decumbens	80.6ab	35.1a	181
Decumbens solo	79.0ab	30.0b	192
Significancia	0.01	0.01	ns
C.V. (%)	5.4	7.1	29.1
<b>Época de lluvias 2019</b>			
<i>C. molle</i> + Decumbens	77.3	42.0	1,180
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	60.3	39.6	872
cv. Maquenque + Decumbens	69.3	42.6	1,020
Decumbens solo	55.0	39.6	803
Significancia	ns	ns	ns
C.V. (%)	28.6	16.8	32.3
<b>Época seca 2019</b>			
<i>C. molle</i> + Decumbens	80.0	29.0	560a
<i>C. macrocarpum</i> + Decumbens	75.3	28.7	477ab
cv. Maquenque + Decumbens	77.3	29.6	476ab
Decumbens solo	74.6	26.6	415b
Significancia	ns	ns	0.09
C.V. (%)	3.8	6.1	12.3

Promedios con letras iguales en la misma columna no presentaron diferencias significativas (Duncan P>0.05).

**Anexo 3.** Desarrollo de la carga animal (kg peso vivo/hectárea) en las pasturas. Primer grupo de animales, CI. Carimagua, Altillanura colombiana.**Anexo 4.** Desarrollo de la carga animal (kg peso vivo/hectárea) en las pasturas. Segundo grupo de animales, CI. Carimagua, Altillanura colombiana.

(Recibido para publicación 17 de septiembre de 2020; aceptado 26 de febrero de 2021; publicado 31 mayo de 2021)

© 2021



*Tropical Grasslands-Forrajés Tropicales* es una revista de acceso abierto publicada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en asociación con la Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales (CATAS). Este trabajo está autorizado bajo la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International ([CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).