



**COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS  
AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

**RESPUESTA PRODUCTIVA DEL  
PASTO *Urochloa* HÍBRIDO cv  
COBRA A DIFERENTES  
ESTRATEGIAS DE MANEJO**

JESÚS CÁMARA ACOSTA

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2018

**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Jesús Cámara Acosta, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser participe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis

Respuesta productiva del pasto Urochloa híbrido cv Cobra a diferentes estrategias de manejo

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 14 de noviembre de 2018

Firma del  
Alumno (a)

Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez

Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: Respuesta productiva del pasto *Urochloa* híbrido cv Cobra a diferentes estrategias de manejo realizada por el alumno Jesús Cámara Acosta bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
GANADERÍA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)

Dr. JUAN DE DIOS GUERRERO RODRÍGUEZ

ASESOR (A)

DR. JACINTO EFRÉN RAMÍREZ BRIBIESCA

ASESOR (A)

Dr. JAVIER FRANCISCO ENRIQUEZ QUIROZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2018

## RESPUESTA PRODUCTIVA DEL PASTO *Urochloa* HÍBRIDO cv COBRA A DIFERENTES ESTRATEGIAS DE MANEJO

Jesús Cámara Acosta, M. en C.  
Colegio de postgraduados, 2018

### RESUMEN

La variación en la cantidad de forraje producido durante el año es un problema en zonas tropicales; por ello, se buscan nuevos cultivares que no presenten estacionalidad y tengan buen valor nutritivo. Existen especies forrajeras productos del mejoramiento genético que son promisorias, dentro de las cuales se encuentra el pasto *Urochloa* híbrido cv Cobra. El objetivo de esta investigación fue evaluar la respuesta productiva y valor nutritivo del pasto *Urochloa* híbrido cv Cobra bajo cuatro estrategias de manejo. Se acondicionó una pradera de pasto Cobra, se dividió en 16 parcelas, de nueve m<sup>2</sup> cada una. Los tratamientos consistieron en tres manejos en base a intercepción luminosa (IL) (90, 95 y 100 % IL) y un manejo estacional a cortes fijos de 28 días (d) en primavera-verano y 35 d en otoño-invierno, con cuatro repeticiones analizadas en un diseño de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas. Las variables medidas fueron rendimiento de forraje, composición botánica, componentes morfológicos (hoja, tallo, inflorescencia, material muerto), relación hoja:tallo y hoja:no hoja, dinámica de tallo, peso de tallo, densidad de plantas, altura y en laboratorio un análisis químico proximal y digestibilidad *in vitro*. El manejo con mejor rendimiento fue el basado a 100 % IL con 5841 kg MS ha<sup>-1</sup>. Los manejos basados en intercepción luminosa no fueron diferentes estadísticamente en las tasas de crecimiento. Hubo variación en la composición botánica a lo largo del experimento al igual que en los componentes morfológicos. El manejo estacional obtuvo el mejor cociente en la relación hoja:tallo y hoja: no hoja. El manejo a 90 % IL produjo la mayor cantidad de tallos. Los manejos a 90 y 100 % IL obtuvieron el mayor peso d tallo 1.44 g. El manejo con mayor densidad de plantas fue a 95 % IL. El pasto presentó variación en la altura en todos los cortes. La mejor calidad nutritiva del pasto fue a 28 d en primavera, al igual que la digestibilidad. El manejo del pasto a intercepción luminosa 95 % IL aumenta el rendimiento, pero no la calidad nutritiva.

**Palabras claves:** intercepción luminosa, *Urochloa*, *Bracharia*, valor nutritivo.

## **PRODUCTIVE RESPONSE OF *Urochloa* HYBRID cv COBRA GRASS TO DIFFERENT MANAGEMENT STRATEGIES**

Jesús Cámara Acosta, M. en C.  
Colegio de postgraduados, 2018

### **ABSTRACT**

The variation in the amount of forage produced during the year is a problem in tropical zones; therefore, new cultivars are searched for that do not have seasonality and have good nutritional value. There is a range of forage species coming from breeding that are promising for tropical regions, among which Cobra grass is one. Therefore, the objective of this research was to evaluate the productive response and components of the yield of the hybrid *Urochloa* cv. Cobra grass to four grazing strategies. On established pasture of Cobra grass was conditioned, it was divided into 16 plots of 9 m<sup>2</sup> each. The treatments consisted of three managements based on luminous interception (90, 95 and 100 % IL) and a seasonal management with fixed harvests of 28 d Spring-Summer and 35 d Fall Winter, each with four repetitions analyzed in a completely randomized block under a split plot array. The variables measured were yield, botanical composition, morphological components, leaf: stem and leaf ratio: no leaf, tiller dynamics, tiller weight, plant density, height, proximal chemical and *in vitro* digestibility. The management with the best performance was the one based on 100 % IL with 5841 kg MS h<sup>-1</sup>, the treatments based on luminous intercept were not statistically different in the growth rates. There was variation in the botanical composition throughout the experiment as well as in the morphological components. There was no presence of weeds in the yield of all the management, only of other grass. Seasonal management obtained the best ratio in the leaf: stem and leaf ratio: no leaf. The strategy at 90 % IL produced the highest number of tiller. Strategies at 90 and 100 % IL obtained the highest tiller weight 1.44 g. The strategy with the highest density of plants was at 95 % IL. The grass presented variation in height in all cuts. The best nutritional quality of the cut grass was found every 28 days in Spring, as well as the digestibility. The management of grasses with light interception increases the yield but not the nutritional quality.

**Key words:** IL, *Urochloa*, *Bracharia*, Híbrido, PC, FDN, FDA, DIV. . . .

## **DEDICATORIAS**

Con gran cariño les dedico este documento a mis queridos abuelos Aquilino Cámara Solís (QDEP) y Andrea Zurita Moscoso, quienes con su forma de actuar me dieron lecciones de vida y me ayudaron a forjar parte de mi carácter. Abuelito fuiste un ejemplo para mí.

Al Dr. Alfonso Hernández Garay (QDEP) quien tuve la oportunidad de conocerlo y convivir con él durante un corto tiempo; en el cual, pude aprender de sus experiencias académicas en el área de forrajes.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradezco al Todopoderoso por permitirme la vida y el conocimiento para terminar esta etapa de mi vida.

Al Consejo Nacional de ciencia y tecnología (CONACYT) por el apoyo económico para la realización de la maestría.

Al Colegio de Postgraduados por las facilidades que me otorgaron siendo estudiante de la institución y por el financiamiento del experimento.

Al Campo Experimental La Posta del INIFAP por facilitar las instalaciones para la realización del proyecto.

A mi familia quien me apoyó durante el lapso de tiempo.

A la MC Dominga Hernández Canul compañera de vida quien me ayudó y motivó en toda esta etapa de nuestras vidas.

A los MC Eleazar Lugo y Juana Elvira Ramírez colegas y amigos con los que compartí aventuras y conocimientos en esta institución.

Al Dr. Javier Francisco Enríquez Quiroz que durante toda la fase experimental en las instalaciones de la Posta fue de gran ayuda para la realización de este proyecto, compartiendo sus conocimientos y experiencias en campo.

Al Dr. Eusebio Ortega Jiménez y Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez quienes me apoyaron en los trámites académicos para la continuación del grado, al igual, que compartieron sus conocimientos.

A los trabajadores Francisco Leiva y Quirino Fernández quienes fueron elementos importantes para el establecimiento del experimento.

A los IA Ricardo García, Merrie Arnaud y a la MVZ Yajaira Bejarano por la oportunidad de conocerlos y compartir momentos en el campo experimental.

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
DEDICATORIAS.....	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
CONTENIDO .....	viii
LISTA DE CUADROS .....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xi
1. Introducción.....	1
2. Características de las especies del género <i>Urochloa</i> .....	4
2.1.- Origen.....	4
2.2.- Clasificación taxonómica .....	5
2.3.- Descripción morfológica .....	5
3.- Factores que afectan el crecimiento de las plantas forrajeras .....	7
3.1.-Factores ambientales .....	8
3.1.1 Temperatura .....	8
3.1.2 Precipitación.....	9
3.2 Suelo .....	10
3.2.1 Nitrógeno (N).....	11
3.2.2 Fósforo (P) .....	12
3.2.3 Potasio (K) .....	12
3.3 Manejo.....	13
3.3.1 Frecuencia de la defoliación .....	14
3.3.2 Intensidad de la defoliación.....	15
3.4 Intercepción luminosa.....	17
4.- Objetivo general .....	22
4.1.-Objetivos específicos .....	22
5.- Hipótesis .....	22
6. Materiales y métodos .....	23
6.1 Sitio experimental .....	23
6.2 Acumulación de forraje .....	25
6.3 Tasa de crecimiento (TC) .....	25
6.4 Composición botánica y morfológica .....	26
6.5.- Relación hoja: tallo, hoja: no hoja.....	26
6.6.- Densidad de tallos .....	26
6.7.- Peso por tallo.....	27

6.8.- Densidad de plantas.....	28
6.9.- Altura de la planta.....	28
6.10.- Análisis Químico proximal .....	29
6.11.- Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	29
6.13.- Análisis estadístico .....	30
7.- Resultados y discusión .....	32
7.1.- Rendimiento .....	35
7.2.- Tasa de crecimiento .....	38
7.3.- Composición botánica .....	40
7.4.- Componentes morfológicos.....	42
7.5.- Relación hoja:tallo y hoja:no hoja.....	45
7.6.- Dinámica de tallo .....	48
7.7.- Peso de tallo.....	52
7.8.- Densidad de plantas.....	55
7.9.- Altura .....	57
7.10.- Análisis químico proximal .....	58
7.11.- Digestibilidad <i>in vitro</i> .....	62
8.- Conclusión .....	65
9.- Literatura consultada.....	66

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.- Gramíneas forrajeras liberadas como cultivares comerciales para zonas tropicales de América Latina.	2
Cuadro 2.- Número de cortes total de las diferentes estrategias de manejo del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra).	33
Cuadro 3.- Cocientes de la relación hoja:tallo y hoja:no hoja por cortes del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra) sometidos a diferentes manejos.	47
Cuadro 4.- Peso promedio de tallo (g) por cortes del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra) a los diferentes manejos.	53
Cuadro 5.- Densidad de plantas (plantas m <sup>-2</sup> ) estacional en diferentes manejos del pasto Cobra	55

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.- Panorámica de la distribución de las parcelas.	24
Figura 2.- Ceptómetro AccuPAR Model LP-80 empleado para las mediciones de intercepción luminosa.	25
Figura 3.- Técnica de conteo de tallos en el pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra).	27
Figura 4.- Peso de tallo por componentes morfológicos.	28
Figura 5.- Incubadora Daisy Ankom para determinación de digestibilidad <i>in vitro</i> .	30
Figura 6.- Promedio de las constantes meteorológicas registradas en el período del experimento.	32
Figura 6.- Días de descanso entre cortes durante el período experimental del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra) a diferentes estrategias de manejo.	34
Figura 7.- Vista vertical del pasto Cobra en época de seca y lluvias, respectivamente.	35
Figura.8- Rendimientos promedio (kg MS ha <sup>-1</sup> ) por cortes del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra) sometido a diferentes manejos.	36
Figura 9.- Enrollamiento de la hoja por déficit hídrico en pasto Cobra.	37
Figura 10.- Tasas de crecimiento promedio (kg MS h <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup> ) por cortes del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra) bajo diferentes manejos.	39
Figura 11.- Porcentajes de composición botánica de diferentes manejos del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra).	40
Figura 12.- Rendimientos promedio de los componentes morfológicos por corte de los diferentes manejos del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra).	43
Figura 13.-Demografía mensual de tallos del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv Cobra) a diferentes estrategias de manejo.	51
Figura 14.- Altura promedio (cm) por cortes del pasto Cobra ( <i>Urochloa</i> híbrido cv	57

Cobra) a diferentes manejos.

Figura 15.- Porcentajes promedio de FDN y FDA por cortes en el pasto Cobra 59  
(*Urochloa* híbrido cv Cobra) sometido a diferentes manejos.

Figura 16.- Porcentajes promedio de PC, lignina y cenizas por cortes del pasto 60  
Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) a diferentes manejos.

Figura 17.- Porcentajes promedio de digestibilidad *in vitro* por cortes del pasto 62  
Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) sometido a diferentes manejos.

## 1. INTRODUCCIÓN

En México, en décadas anteriores a 1980, la producción tropical se basó principalmente en especies de gramíneas nativas y naturalizadas provenientes de África; teniendo la necesidad de especies forrajeras adaptables al medio ambiente tropical, se inició un proceso para la introducción de especies forrajeras destacadas, por medio de instituciones públicas y privadas. La introducción de nuevas especies trajo consigo, un aumento de la producción animal; sin embargo, a pesar del aumento, la producción tropical extensiva no ha logrado alcanzar el potencial biológico, lo cual, le da una amplia dominancia sobre sistemas de producción intensivos (Quero *et al.* 2015).

Para finales de los 80's y principio de los 90's, Holmann *et al.* (2004) relata que por medio de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT) se llevó a cabo la liberación de cultivares comerciales tanto de gramíneas como de leguminosas tropicales, por toda América Latina y otros países de Asia (Cuadro 1). Durante este período, el área sembrada con *Urochloa* spp. fue de 6.5, 12.5, 1.0, 18.7 y 0.1 % del área total de pastos perennes en los países de México, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, respectivamente. La rápida expansión, se debió a la adaptación que presenta este género a los factores limitantes típicos de las zonas tropicales, como son: suelos ácidos, niveles altos de aluminio y manganeso intercambiables, baja disponibilidad de nutrientes y de materia orgánica, aunado al mal manejo de la pradera por parte de los productores (Cruz *et al.* 2011).

Cuadro 1.- Gramíneas forrajeras liberadas como cultivares comerciales para zonas tropicales de América Latina.

<b>Gramínea</b>	<b>Accesión N. CIAT</b>
<i>Andropogon gayanus</i>	621
<i>Urochloa dictyoneura</i>	6133
<i>Urochloa brizantha</i>	6780 26646 26110
<i>Urochloa decumbens</i>	606
<i>Urochloa humidicola</i>	679
<i>Megathyrsus maximus</i>	26900 16031 6962 6299

Holman *et al.* (2004)

El género *Urochloa* está conformado por alrededor de 100 especies, teniendo variación en algunos componentes morfológicos y fenológicos, dentro de los cuales sobresalen las especies y cultivares *U. brizantha* (A. Rich) Stapf, cv. Insurgente, *U. decumbens* Stapf, cv. Chontalpo o Señal y *U. humidicola* (Rendle) Schweick cv. Chetumal (Martínez *et al.* 2008).

La problemática de la producción de forraje se enfoca en los bajos rendimientos obtenidos a lo largo del año causado por estacionalidad de las condiciones climáticas; es por ello, que la búsqueda de nuevos cultivares está centrada en plantas forrajeras que no presenten estacionalidad y tengan buen valor nutritivo

(Barbosa *et al.* 2007). El grupo Papalotla® (2017) recientemente liberó nuevas variedades, las cuales prometen contrarrestar este problema, dentro de las cuales se encuentran: **Mulato II** (*Urochloa* híbrido CIAT 36087), **Cobra** (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BR02/1794), **Cayman** (*Urochloa* híbrido cv. CIAT BR02/1752), **Siambaza** (*Megathyrsus maximus* cv. Mombasa) y **Thaizania** (*Megathyrsus maximus* cv. Tanzania). El pasto Cobra es un nuevo híbrido del género *Urochloa* producto de la cruce entre las variedades *Urochloa ruziziensis* × *U. decumbens* × *U. brizantha*, destinado para alimentación animal. Este pasto es de crecimiento erecto, de tipo amacollado, se le atribuye gran producción de materia seca (MS) en intervalos cortos de rebrote. Es especial para utilizarlo en sistemas intensivos, se diferencia por su gran producción de hojas y muy poca cantidad de tallos, lo cual lo hace muy palatable y digerible por el animal (Pizarro, 2013; Pizarro y Hare, 2014).

Por otro lado, Da Silva y Júnior (2007) explican que para tener una producción eficiente en pastoreo se debe poner énfasis en las respuestas morfofisiológicas y morfogénicas de las plantas forrajeras; para así, determinar el potencial forrajero y desarrollar prácticas de manejos adecuadas a la especie.

En México, este pasto no ha sido evaluado en condiciones de clima tropical, por lo cual, se tiene la necesidad de evaluar la especie forrajera en campo, para determinar su comportamiento y productividad en condiciones ambientales específicas; para así, asegurar cantidad de forraje suficiente para los animales y la persistencia de la pradera.

## **2. CARACTERÍSTICAS DE LAS ESPECIES DEL GÉNERO *Urochloa***

### **2.1.- Origen**

El género *Urochloa* es un grupo de plantas pratenses de origen africano, lugar donde se han explotado desde tiempo muy antiguos y donde se halla concentrado el germoplasma nativo más extenso y variado; actualmente se pueden encontrar distribuidas en todo el mundo. Dentro del género, se encuentran tanto especies usadas para la alimentación de rumiantes, así como especies que se consideran malezas, por su bajo aporte nutritivo. El hábitat en el que se pueden encontrar es variado, se han hallado especies en zonas pantanosas, en bosques y áreas desiertas, pero el ambiente en el que regularmente se encuentran son las sabanas y en áreas tropicales. En la actualidad, se destaca por ser el género más utilizado para la alimentación del ganado bovino (Renvoise *et al.* 1998).

Se desarrolla en regiones donde predominan precipitaciones arriba de los 700 mm anuales, lo que permite su crecimiento; en lo que respecta al suelo, se desarrolla en diferentes tipos de suelos, de baja fertilidad hasta suelos muy fértiles, inclusive en suelos que sufren encharcamiento. Otras de sus características que llaman la atención son la alta producción de materia seca, tolerancia al déficit hídrico, absorción de nutrientes de estratos más profundos del suelo, reciclaje de nutrientes y tolerancia al sombreado (de Oliveira *et al.* 2015).

Las especies que se cuentan dentro del género son más de 100, las cuales presentan diferencias morfológicas y fenológicas, que les brindan ventajas en comparación con otras especies de forrajes (Martínez *et al.* 2008). En general, se encuentran distribuidas en las zonas tropicales, se desarrollan en suelos ácidos y pobres de nutrientes; además, presentan tolerancia a niveles altos de aluminio y manganeso intercambiables (Cruz *et al.* 2011). Otras de sus ventajas es que soportan alta carga animal y de igual forma toleran la sombra, cualidad que las hace una buena opción para los sistemas silvopastoriles (Melotto y Laura, 2009).

## 2.2.- Clasificación taxonómica

El género *Urochloa*, antes llamado *Brachiaria* spp. se encontraba clasificado en el reino *Cormobionta*; división *Magnoliophyta*; clase *Magnoliopsida*, subclase *Commelinidae*; orden *Poales*; familia *Poaceae*, subfamilia *Paniacoideae*; tribu *Paniceae* (Olivera et al. 2006).

En un principio, el género *Brachiaria* tenía cercanía con los grupos de *Eriochloa*, *Urochloa* y *Panicum*, pero estaban pobremente definidos. Algunos científicos mencionaban la posibilidad que el género *Brachiaria* estuviera estrechamente relacionado con *Urochloa* difiriendo solamente por la posición de las espiguillas, además de que las especies comercialmente importantes podrían quedar anexas al género *Urochloa* (Miles et al. 2004).

En investigaciones recientes, las “Brachiarias” fueron clasificadas como un complejo monofilético incluyendo el género *Urochloa*, ambos incluidos en las *Poaceae*. Este complejo *Brachiaria-Urochloa* es un grupo hermano del género *Panicum* L. La primera revisión taxonómica de *Brachiaria* clasificó el género en 9 grupos en base a la morfología de la inflorescencia y panícula. Las especies comerciales fueron asignadas a dos grupos taxonómicos principales, *B. ruziziensis*, *B. decumbens* y *B. brizantha* fueron asignados en el grupo taxonómico 5, mientras *B. humidicola* y *B. dictyoneura* fueron localizados en el grupo 6 (Jiménez et al. 2017).

Las variedades más utilizadas en México son: *Urochloa brizantha*, *Urochloa humidicola*, *Urochloa decumbens* y *Urochloa ruziziensis* (Martínez et al. 2008, Enríquez et al. 2011, Cruz et al. 2011)

## 2.3.- Descripción morfológica

En el año 2001, se lanzaron al mercado los primeros cultivares comerciales híbridos del género *Urochloa*; productos del mejoramiento genético en forrajes, provenientes de los cultivares colectados en África y de las colecciones de germoplasma provenientes de Australia y América tropical. Dicho avance, se logró

gracias al desarrollo de un clon sexual tetraploidizado del pasto Ruzi (*U. ruzizensis*) en la Universidad de Louvain en Bélgica en los años 80's; lo cual permitió hacer cruzamientos con accesiones de *U. brizantha* y *U. decumbens* (Argel, 2006; Pizarro *et al.* 2013)

El pasto Cobra (o BR02/1794 por su número de accesión) es producto del mejoramiento genético, es un clon apomítico, de una población sintética, tetraploide, resultado de tres ciclos de selección y recombinación. La población de cría sexual sintética contiene germoplasma de las especies de *Urochloa*. Esta es alógoma y heterogénea. La población de cría sexual tetraploide fue sintetizada en 1993, mediante la polinización abierta de veintinueve clones completamente sexuales, los cuales fueron seleccionados de poblaciones híbridas obtenidas de cruces entre nueve progenitoras de polen apomíticas seleccionadas de *U. decumbens* y *U. brizantha*, así como de germoplasma de *U. ruzizensis* artificialmente tetraploidizado; por lo tanto, el cultivar Cobra es un híbrido de tres vías (*Urochloa ruzizensis* x *U. decumbens* x *U. brizantha*) según lo descrito por Pizarro, (2013).

Es una planta de crecimiento erecto, perenne y amacollada, llegando alcanzar los 100 cm en etapa de floración, no presenta decumbencia. Sus hojas son pubescentes tanto del lado del haz como del envés, al igual que el tallo. El ancho de las hojas en promedio es de 1.5 cm, mientras que el largo presenta variación dependiendo de las condiciones ambientales en que se encuentre, logrando longitudes de aproximadamente 40 cm. El tallo por su parte, tiene un ancho de 1.7 cm promedio. La inflorescencia está compuesta por tres a cuatro ramillas que miden 7.5 cm, con alrededor de 35 semillas por ramilla (Enríquez *et al.* 2016).

Dentro de sus atributos resaltan la tolerancia a la sequía, a la quema, y a la sombra, es muy palatable y apto para el pastoreo; también se puede usar para producir heno o ensilaje como también puede ser usado como forraje de corte y acarreo. Su contenido proteico oscila entre 11 y 13 % a los 30 d y su digestibilidad

es de 69% lo que lo hace un pasto de alta digestibilidad y palatabilidad (Enríquez *et al.* 2016; Papalotla, 2017).

### **3.- FACTORES QUE AFECTAN EL CRECIMIENTO DE LAS PLANTAS FORRAJERAS**

Los sistemas de producción de rumiantes en zonas tropicales, se basa principalmente en la alimentación de los animales en praderas cultivadas de especies forrajeras, siendo la forma de alimentación más barata, de gran aptitud productiva y de fácil cultivo (Tonato *et al.* 2010).

Dichos sistemas son el resultado de la interacción entre factores bióticos y abióticos; los procesos que ocurren dentro de ellos son dinámicos y son el producto de las interrelaciones entre sus componentes, tales como son las plantas, los animales, el suelo y el clima (Santos *et al.* 2011). Los componentes abióticos son los que afectan en gran manera la respuesta productiva del sistema; mientras que, factores bióticos pueden ser controlados por medio de las prácticas productivas de elección.

Da Silva y Júnior (2006) señalan que para lograr una producción eficiente y con aspecto sustentable, es necesario que se respeten las exigencias y demandas de las interrelaciones entre los recursos físicos y vegetales. Así, el grado y el tipo de interacción entre los componentes del sistema son definidos por el manejo, por lo que se busca la armonía entre el medio ambiente y la planta forrajera, como premisa básica para después añadir el componente del recurso animal.

Por tanto, entiéndase manejo de la pradera como el conjunto de acciones en los factores suelo, planta, animal y medio ambiente que buscan el bienestar y la productividad de la comunidad de plantas y del medio (da Silva y Júnior, 2006).

### **3.1.-Factores ambientales**

Actualmente, se tiene registrado un aumento en la temperatura mundial ocasionada por el efecto invernadero, pudiendo registrarse un aumento entre 1.8 a 6.4°C al final del siglo; lo que provocará modificaciones en los ecosistemas promoviendo alteraciones en la vegetación, ya que afectan todas las fases del desarrollo de las plantas, desde la germinación hasta el crecimiento y establecimiento de las plantas (da Costa *et al.* 2017). Con dichas modificaciones en las condiciones meteorológicas, se prevé que durante el próximo siglo los patrones de lluvia y flujos de los ríos, así como también los niveles del mar, sufrirán alteraciones importantes (de Araujo, 2015).

Las variables meteorológicas (temperatura, precipitación pluvial, luminosidad, fotoperiodo y calidad de la luz) son las que más impactan en la producción de forrajes, debido a que afectan el crecimiento de las plantas disminuyendo la cantidad de biomasa disponible para los animales, ocasionando que la producción de forraje se comporte de manera estacional, por las fluctuaciones de temperatura y precipitación a lo largo del año (Tonato *et al.* 2010).

#### **3.1.1 Temperatura**

Se sabe que las plantas C<sub>4</sub> toleran altas temperaturas con respecto a las C<sub>3</sub>, teniendo un rango de crecimiento que va de 10 a 35°C, con óptimo fotosintético entre los 35 - 39°C, desarrollando una capacidad fotosintética mayor y más productiva (Del Pozo, 2002). Sin embargo, temperaturas que sobrepasen este rango causan disminución del crecimiento de las plantas forrajeras.

Botrel *et al.* (2002) evaluaron en zonas con elevada altitud y con presencia de heladas, diferentes especies forrajeras, destacaron las especies *Hemarrhia altissima*, *Setaria anceps* y *Cynodon dactylon* quienes registraron menor daño a las heladas y mayor producción en el período de invierno de 1768, 946 y 844 kg MS mes<sup>-1</sup>, además de obtener buenos valores de proteína en el mismo período. En otro trabajo donde se evaluó la respuesta de diferentes cultivares de pasto

Buffel con temperatura de 26, 29 y 32 °C y a diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> (370 y 550 ppm de CO<sub>2</sub>) Santos *et al.* (2012) reportan que las temperaturas altas con altas concentraciones de CO<sub>2</sub> promueven el desarrollo vegetal en las plantas, en función de la temperatura, debido a la disminución en la duración de vida de las hojas (DVF) y al número de hojas vivas por tallo (NFV/T). Este dato es corroborado por da Costa *et al.* (2017) en un trabajo realizado con *Amburana cearaensis* con diferentes rangos de temperatura y concentraciones de CO<sub>2</sub>. El rango más alto de las combinaciones (22-28-34°C/770) afectó la producción de biomasa, lo que evidencia que el efecto del CO<sub>2</sub> sobre el crecimiento de las plantas es dependiente de la temperatura. El CO<sub>2</sub> favorece el crecimiento por ser proveedor de esqueletos carbonados, mientras que la temperaturas elevadas reducen el crecimiento de la plantas, debido a la falta de acción de la enzima rubisco, que es muy sensible al aumento de temperatura y se inactiva con el estrés térmico.

### **3.1.2 Precipitación**

En México, la producción de forraje presenta un comportamiento estacional muy marcado atribuido a la cantidad de precipitación; sin embargo, el factor que realmente impacta no es la cantidad de precipitación, si no la distribución de la precipitación en las diferentes épocas. López (2006) hace enfoque en este punto y describe tres patrones de comportamiento de la lluvia, primero un comportamiento bimodal que se presenta en la parte sur, oriental y Valles Altos, llamada canícula o sequía intraestival, la distribución irregular de lluvias en las zonas áridas y el patrón modal que se registra en la zona mediterránea como es en la península de Baja California.

Con respecto a esto, se reconocen tres temporadas marcadas en las regiones tropicales del Golfo de México; Lluvias (junio-septiembre), Nortes (octubre-enero) y Seca (febrero-mayo) según explica Muñoz-González *et al.* (2016). La mayor producción de forraje se manifiesta en los períodos con más precipitación,

declinando conforme disminuye la humedad en el suelo. Por lo cual, los forrajes están sujetos a períodos de estrés hídrico, obligando a la planta hacer ajustes fisiológicos para contrarrestar la falta de agua; tales mecanismos son una combinación de evasión y resistencia a la sequía (Sanderson *et al.* 1997).

Estos mecanismos son puestos en manifiesto en un trabajo realizado por Carmona *et al.* (2003) donde evaluaron cuatro especies del género *Urochloa* (*U. decumbens*, *U. brizantha* y dos híbridos *U.* CIAT 36061 y *U.* CIAT 36060) en condiciones de riego constante y suspensión de riego. Al suspender el riego, todas las especies presentaron baja conductancia estomática, valores de potenciales hídricos más bajos y baja producción de biomasa. Sin embargo, los híbridos obtuvieron mejores valores bajo suspensión de riego que las especies *U. decumbens* y *U. brizantha*.

### **3.2 Suelo**

El suelo al igual que el clima, interactúa en los sistemas de producción pastoriles, teniendo influencia en el rendimiento, calidad y longevidad de las plantas. Así mismo, existen características propias del suelo que se deben tomar en cuenta para el manejo adecuado de la pradera; el nivel de fertilidad, textura, humedad, aireación y condiciones especiales como acidez, alcalinidad, salinidad, toxicidad, erosión y pendiente son algunas de ellas (Enríquez *et al.* 2011).

En las regiones tropicales, los suelos tienden a ser más degradados, ácidos y menos fértiles. A pesar de ello, muchas gramíneas C<sub>4</sub> son capaces de permanecer en estos sitios marginales y responder muy bien a las prácticas de manejo, atribuyéndose a la eficiencia en la extracción de nutrientes y agua del suelo (Mathews *et al.* 2004).

Los nutrientes primarios o macronutrientes que necesitan las plantas son el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) y en menor grado requieren cloro (Cl), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo) y níquel (Ni), entre otros minerales que las plantas

requieren en muy bajas proporciones (Mathews *et al.* 1998; Enríquez *et al.* 2011). Deficiencias o toxicidades de los mismos, afectan negativamente el comportamiento productivo de las especies forrajeras.

### 3.2.1 Nitrógeno (N)

El mineral más importante es el N, Escalante (1999) menciona que en cultivos para grano, el N tiene un efecto benéfico ya que aumenta el número y el tamaño de hojas por tallo, lo que genera incrementos en el área foliar (AF) y en el índice de área foliar (IAF). La importancia del N recae en que es constituyente de componentes celulares, en forma de aminoácidos, proteína y ácidos nucleicos, además, forma parte de la molécula de clorofila que auxilia en las reacciones de síntesis proteica. (Guarda y Campos, 2014).

En un análisis de crecimiento en función de la aplicación de N y días de rebrote con el pasto estrella, del Pozo *et al.* (2001) reportan que la aplicación de 50 kg de N aumentó el rendimiento de forraje conforme aumentaba la edad de la planta tanto en el período de seca como de lluvias. El incremento más alto se registró en el período de lluvias, además aumentó el IAF registrándose 3.76 y 5.92 en la semana 12 para el período de seca y lluvias, respectivamente. La duración del área foliar (DAF) también tuvo el mismo comportamiento que el IAF. Sin embargo, el comportamiento de la tasa de asimilación neta (TAN) y tasa de crecimiento del cultivo (TCC) mostraron comportamientos diferentes a los anteriores parámetros.

Fagundes *et al.* (2005) reportaron que la adicción de N por medio de fertilización trae incrementos en la biomasa del forraje; sin embargo, el patrón de acumulación de forraje está influenciado por las condiciones climáticas en las diferentes estaciones del año, esto en un trabajo realizado con *Urochloa decumbens* con dosis crecientes de N (75, 150, 225 y 300 kg ha<sup>-1</sup>). Por tanto, las condiciones meteorológicas influyen la absorción y el metabolismo del nutriente en la planta.

### 3.2.2 Fósforo (P)

La relación del P con el metabolismo de las plantas forrajeras, es que este nutriente está relacionado con la transferencia de energía, formado parte de las moléculas de adenosin trifosfato (ATP), y esta, a su vez, participa en el proceso de fotosíntesis. Otra función de suma importancia es la transportación de triosas del cloroplasto al citosol; se tiene reporte de que el P aumenta la eficiencia del N absorbido (Guarda y Costa, 2014). Siendo las leguminosas las especies que más requieren la adición de P (Mathews *et al.* 2004).

La interacción ente N y P fue comprobada en un experimento con Alfalfa (*Medicago sativa*) con niveles de N de 0 y 70 kg ha<sup>-1</sup> y P de 0, 17 y 34 kg ha<sup>-1</sup>; los mayores rendimientos se encontraron en las parcelas con el tratamiento de 70-34 de N y P, respectivamente (Fan *et al.* 2016). En este trabajo concluyen que la aplicación de P a esta especie aumenta el rendimiento de MS; sin embargo, también es afectado por las condiciones climáticas (bajas precipitaciones).

En un trabajo con gramíneas tropicales, Costa *et al.* (1997) comprobaron el efecto de la fertilización fosfatada en el pasto *Urochloa brizantha* cv Brizantha, adicionando niveles de 0, 50 y 100 kg ha<sup>-1</sup> en diferentes fuentes de P (superfosfato triple, superfosfato simple y fosfato natural parcialmente acidulado). Estos autores reportan que la mayor producción de MS se registró con la dosis de 100 y con las fuentes de superfosfato triple y superfosfato simple, con valores de 2650 y 2318 kg MS ha<sup>-1</sup> respectivamente. Adicionalmente, se redujo el porcentaje de plantas invasoras en el área, por lo que se concluye que la fertilización fosfatada resulta en una práctica de manejo benéfica.

### 3.2.3 Potasio (K)

El K es uno de los nutrientes más importantes en las plantas y animales, ya por ser un catión, participa activamente en el potencial osmótico de la célula o fluidos del cuerpo. En las plantas está involucrado en la extensión celular, movimiento

estomatal y turgencia de las células, además de ajustar la carga en el citoplasma, vacuola, xilema y floema (Mathews *et al.* 2004).

A pesar de la importancia que tiene el K, no es un elemento que se suplemente en grandes cantidades, debido que en el proceso de pastoreo este elemento es reintegrado a través de las excretas de los animales y las pérdidas de forraje en el suelo, por lo cual, la pérdida de K en un sistema es cuando el forraje es utilizado para corte, heno o ensilaje (Guarda y Campos, 2014).

Cuando se realiza una fertilización, Enríquez *et al.* (2011) recomiendan incrementar la porción de N en la dosis a aplicar, mientras que, para P y K, los niveles pueden ser más bajos; ya que el N es elemento al que más responden las plantas.

### **3.3 Manejo**

Dentro de las etapas del proceso productivo en sistemas de producción animal en pastoreo, la utilización de forraje tiene un alto porcentaje de eficiencia, logrando ser entre 40 y 80% (da Silva y Júnior, 2006). Esto se debe a la manipulación que se le da a la pradera a través del control del período de descanso y ocupación, la carga animal, prácticas de conservación y suplementación de los animales y de la pradera. Por tal motivo, el manejo del pastoreo es de suma importancia en el sistema de producción, no sin dejar de tomar en cuenta las prácticas de fertilización, corrección de suelo e irrigación.

De acuerdo con Costa *et al.* (2004), en el manejo del pastoreo se debe procurar:

- mantener la población y productividad de las especies forrajeras existentes en la pradera, para la utilización uniforme durante el año
- adecuar el máximo rendimiento y la calidad del forraje producido, con base en el pastoreo controlado
- suplir las exigencias nutricionales según las diferentes categorías de los animales y ciclo de producción

-manejar adecuadamente el complejo suelo/planta/animal para que la producción sea rentable.

Con respecto a la interacción planta/animal, Santos *et al.* (2011) mencionan que las plantas evolucionaron a la depredación de los rumiantes, y en respuesta a ello, desarrollaron mecanismos de defensa tal como la regeneración de tejidos después de ser cosechados los órganos aéreos. Inmediatamente de una remoción de tejidos, la planta sufre alteraciones morfológicas y fisiológicas, como disminución en la absorción de nutrientes, reducción en el crecimiento de las raíces y menor eficiencia fotosintética (Lemaire, 2001; Costa *et al.* 2004; Sbrissia *et al.* 2007).

De este modo, plantas que son cosechadas frecuente e intensamente tenderán a sufrir un proceso de plasticidad, caracterizándose por presentar pocos tallos y hojas largas; y, si esta práctica se continúa realizando, llevara a la reducción del número de plantas por m<sup>2</sup>, para finalizar en la desaparición de la misma (Sbrissia *et al.* 2007).

Es por ello, que el manejo de la defoliación influye en la velocidad de crecimiento, producción, composición, calidad y persistencia de la pradera. Por tanto, las prácticas de manejo de la defoliación como frecuencia, intensidad, momento de la defoliación y la respuesta de la planta tienen una función importante en la planeación y desarrollo eficiente, en el manejo de las praderas (Ramírez *et al.* 2009).

### **3.3.1 Frecuencia de la defoliación**

Es la probabilidad para cada unidad de planta (hoja o planta completa) para ser defoliada cada día (Lemaire *et al.* 2009). Una planta puede ser cosechada constantemente (pastoreo continuo) o puede ser cosechada cada determinado tiempo (pastoreo rotacional), durante el período de descanso se le permite a la planta acumular nutrientes para un nuevo rebrote y lograr un alto vigor de rebrote representado por la cantidad de MS producida (Costa *et al.* 2004).

Comparando la referencia días fijos con la intercepción de luz (95 % IL) como interrupción de la defoliación, Voltolini *et al.* (2007) dejaron en claro que usar los días fijos puede llevar a un sub uso de la pradera, con concentraciones de nutrientes muy bajas debido a la mayor acumulación de material muerto (MM); mientras que al usar el 95 % IL se encontró mayor rendimiento.

De acuerdo a este concepto, se ha propuesto la interrupción del rebrote cuando la pradera alcance el 95 % IL. Trabajos realizados con esta premisa reportan el máximo rendimiento al usar este enfoque como frecuencia de defoliación. En el pasto *Panicum maximum* cv Mombaza, Carnevalli *et al.* (2006) usando como frecuencias de defoliación los porcentajes de 95 y 100 % IL; reportan un rendimiento de 10 680 kg MS ha<sup>-1</sup> en el verano para el 95 % IL. En este trabajo resaltan la diferencia de días entre defoliación por estaciones del año, además de que la cantidad de material muerto (MM) encontrado cuando la planta alcanzó los 95 % IL fue menor que a la frecuencia de 100 % IL.

### **3.3.2 Intensidad de la defoliación**

Se expresa como la relación entre la longitud de la hoja o el tallo eliminado por el pastoreo en un sólo evento de defoliación y la longitud de la hoja o el tallo antes de la defoliación (Lemaire *et al.* 2009), dicho de otra manera, la cantidad de forraje remanente o la altura, que no es pastoreado por el animal después del pastoreo.

Cuando una pradera es sometida al pastoreo, los primeros órganos en ser removidos son las hojas y parte de tallos; dependiendo de la especie animal que coseche el forraje, habrá una altura a la cual el animal no podrá alcanzar a cosechar (Carvalho *et al.* 2001). Así, al ser cosechadas las hojas se reduce la asimilación de C, al igual que se reduce el IAF. Ello causa que se perturbe el proceso de fotosíntesis, ya que las hojas jóvenes son las más activas fotosintéticamente y son las más consumidas, de manera que las hojas de la parte de abajo del tallo, son hojas viejas e ineficientes en el proceso de la fotosíntesis. Por ello, la planta tarda en volver a recuperarse de una defoliación y si el pastoreo

fue severo, el IAF no será suficiente para recuperarse por lo cual, echará mano de las reservas de carbohidratos no estructurales (CNO), tardando más tiempo en formar tejido nuevo.

Por tal motivo, la cantidad de hoja remanente después del pastoreo es fundamental para que se recupere la pradera en corto tiempo, esta aseveración fue corroborada por Barbosa *et al.* (2007) en el pasto *Megathyrus maximus* cv Tanzania manejado a diferentes intensidades y frecuencia de manejo. Las intensidades fueron 25 y 50 cm y las frecuencias fueron cuando el pasto alcanzó los porcentajes de 90, 95 y 100 % IL. Los autores reportan que la intensidad de 50 cm presentó más ciclos de pastoreos que la intensidad de 25 cm, esto es explicado por la cantidad de masa de forraje residual, en la intensidad de 25 cm se encontró mayor cantidad de tallos y material muerto, mientras que, en la intensidad de 50 cm, la cantidad de tallo y material muerto fue menor y mayor la de hojas.

En México, Cruz *et al.* (2011) evaluaron durante dos años al pasto *Urochloa* híbrido cv Mulato I a diferentes regímenes de pastoreo, caracterizado por tres frecuencias de pastoreo (14, 21, 28 d) simulando dos intensidades, una severa (9-11 cm) y una ligera (13-15 cm). La combinación con la intensidad ligera presentó la mayor acumulación para todos los tratamientos con respecto a la intensidad de pastoreo severa; en general, la combinación, de frecuencia cada de 28 d y pastoreo ligero (13-15 cm) presentó las mayores acumulaciones de forraje en todo el experimento (12309 kg MS ha<sup>-1</sup>).

Para pastos templados en asociación se reportó el caso contrario, en la asociación Alfalfa (*Medicago sativa* cv Cuf 101) y Ovillo (*Dactylis glomerata* cv Potomac), con las combinaciones de dos frecuencias de pastoreo (25-35 d en época cálida y 35-45 d en época fría) y tres intensidades. (3-6, 7-10 y 11-14 cm), Hernández *et al.* (2012) el aumento en la intensidad de pastoreo ocasionó diferencia en el rendimiento anual obteniéndose en la intensidad severa 25371 kg

MS ha<sup>-1</sup>, caracterizada por un mayor aporte de hojas y tallos según la estación del año; apuntando que en esta asociación la intensidad durante el primer año de la pradera debe ser alta para mayor aprovechamiento.

En estos trabajos, los autores reportan influencia de las condiciones meteorológicas en el rendimiento de los tratamientos, registrando los mayores rendimientos de MS cuando las plantas tenían disponibilidad de agua y nutrientes. Sin embargo, cabe resaltar que en estos trabajos, las gramíneas tropicales como templadas no toleraron intensidades altas comparadas con la alfalfa; las gramíneas al ser cosechadas reducen su aparato fotosintético, por lo cual requieren de una cantidad de IAF para restablecer la captación de C; mientras que la Alfalfa presenta el rebrote de las yemas coronarias y no de los tallos y hojas residuales, por lo cual no es de importancia el IAF remanente en esta especie (Hernández *et al.* 2012).

Este efecto es notorio en el pastoreo continuo, donde la altura establecida modifica el comportamiento del pasto; pastos mantenidos a bajas alturas tienden a degradar la pradera y alturas altas promueven la subutilización del forraje generando que se acumule material muerto en la base de la planta, tanto en pasto de porte erecto como rastrero (Fagundes *et al.* 1999; Cano *et al.* 2004).

### **3.4 Intercepción luminosa**

Existen dos conceptos que fundamentan la interpretación de resultados en investigaciones relacionadas a la agricultura; el primer concepto se refiere a la captura de recursos y el segundo a la aplicación del concepto tiempo térmico (Black and Ong, 2000). El primer concepto quedó demostrado con una serie de trabajos donde enfatizan la relación que tiene la acumulación de MS con la captura de la intercepción luminosa; mientras que el segundo concepto se refiere a los efectos que causa la temperatura en el desarrollo del cultivo.

En este sentido, la cantidad de radiación que desciende sobre la tierra es de 10 a 4000 nanómetros (nm, 1nm=10<sup>-9</sup> m); dicha cantidad es dividida en regiones;

ultravioleta (10-400 nm), visible (400-700 nm) e infrarrojo (700-4000 nm) (Rossiello and Antunes, 2012). La región de 400-700 nm es también llamada Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR, por sus siglas en inglés), debido a que las plantas realizan la fotosíntesis a ese rango de radiación (Rossiello y Antunes, 2000; Zarate-Valdez *et al.* 2015, Brunetti *et al.* 2016; Decagon devices, 2016).

Bajo este concepto, Zarate-Valdez *et al.* (2015) enuncian que las hojas de las plantas absorben el 85% de la luz visible, 10% la reflejan y solo 5% es transmitida. Es así, que se reconocen tres etapas en el proceso de producción de sistemas de producción en praderas; crecimiento, utilización y conversión. Se entiende por crecimiento al proceso por el cual la planta capta energía solar y la fija en los tejidos vegetales a través de la fotosíntesis. Dicho proceso, está fuertemente influenciado por la disponibilidad de luz, temperatura, agua y nutrientes, lo que altera los procesos biológicos de la planta, tales como, aparición de tallo, producción de tejidos de la parte aérea y raíces, y acumulación de reservas orgánicas entre otros, teniendo un porcentaje de eficiencia muy bajo de 2 a 8% (da Silva y Junior, 2006).

Por otra parte, la cosecha de luz por parte del dosel de las plantas forrajeras está sujeta a limitaciones inherentes del orden de genético (estructura de la hoja, colocación de la biomasa, altura de la planta) y mecánico (requerimientos de biomasa para la exposición eficiente de la hoja) según explica Niinements (2010). Además, Black y Ong (2000) añaden limitantes asociados a la conformación genética de la especie vegetal, como el número de los elementos individuales del dosel, área superficial, distribución y efectividad de captura de dichos elementos. Otros elementos a considerar son la edad y tamaño de la planta, ya que estos afectan las características estructurales de la planta en razón de hoja, tallo y niveles de dosel (Niinements, 2010).

Así pues, la arquitectura del dosel interfiere en la distribución e intercepción de luz en una pradera, siendo una de las características más determinantes, ya que al

sobreponerse una hoja a otra, trae consecuencias en la competencia por luz, aunque sea mínima la diferencia (de Almeida, 2014). Es por ello, que se distinguen diferentes ángulos de hojas, planofilo (hojas en su mayoría horizontales), erectofilo (hojas en su mayoría erectas), plagiofilo (hojas en su mayoría a 45 grados) y extremofilo (hojas en su mayoría horizontales y verticales) (Unigarro *et al.* 2017).

En pastos perennes tropicales, se reconocen dos tipos de crecimiento, el amacollado que se caracteriza por un crecimiento erecto, con elongación de tallos, formando macollos densos, y el crecimiento rastrero, caracterizado por plantas con crecimiento postrado, con largos estolones o rizomas (Rossiello y Antunes, 2012). La forma de crecimiento de las plantas tiene influencia en la intercepción de luz, debido a que las especies de crecimiento rastrero tienden a tener sus hojas en posición horizontal. Por tanto, las hojas en ángulos horizontales tendrán mayor éxito de captar luz, al estar la mayor parte de su superficie expuesta a los rayos del sol. Por su parte, que las especies con ángulos rectos, sólo captan luz cuando los rayos del sol estén en perpendicular al dosel (Niinements, 2010).

En este sentido, para describir la estructura de una comunidad de plantas usualmente se utiliza el concepto de índice de área foliar (IAF), que se define como la cantidad de área de hoja por unidad de suelo ( $m^2$  hoja  $m^{-2}$  suelo), igualmente, se utiliza la distribución del ángulo de la hoja (DAH) y la agrupación de la hoja (Rossiello y Antunes, 2012).

Con relación a la intercepción de luz en las plantas forrajeras, da Silva y Nascimento Jr. (2007) en su revisión describen el proceso de acumulación de MS en el tiempo con las especies de clima templado ryegrass (*Lolium perenne*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*). Dicho proceso se caracterizó por ajustarse a una curva sigmoide, y al ser relacionado con variables como IAF e IL, encontró que el máximo rendimiento es alcanzado cuando la

pradera intercepta el 95 % IL, teniendo baja proporción de tallos y MM, por lo cual, también se logra una buena calidad del pasto a ese criterio.

A pesar de ser este dato muy importante en el manejo de los pastos, no se había realizado experimentos en especies tropicales; dentro de los primeros trabajos reportados en especies tropicales, Fagundes *et al.* (1999) reportan para la especie *Cynodon spp.* (Tifton 85, Florakirk y Coastcross) manejadas a diferentes intensidades de manejo (5, 10, 15, 20 cm de altura) la existencia de diferencia estadística ( $P=0.0001$ ) entre meses y cultivares con respecto al IAF. El mayor valor de IAF siempre fue obtenido en la altura de 20 cm independientemente de la variedad, la variedad que mayor valor obtuvo fue el Tifton-85, seguido del Florakirk y Coastcross. De igual forma, para la variable IL se encontró diferencias ( $P=0.0001$ ) entre meses y cultivares, ya que entre las alturas de 15 y 20 cm las variedades Tifton-85 y Florakirk pueden alcanzar los 95 % IL. Para la variedad Coastcross se presume que requiere una altura más alta para interceptar los 95 % IL ideales, ya que en todo el experimento no logró llegar a este porcentaje. Para la tasa de acumulación de forraje, solo se encontró diferencias entre meses ( $P=0.0001$ ) debido a las condiciones climáticas del período de estudio, registrándose la mayor tasa en el mes de mayor precipitación (diciembre) obteniéndose tasas de 104.3, 79.2 y 84.4 kg MS ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> para las variedades Tifton-85, Florakirk y Coastcross, respectivamente.

Trabajando en este mismo concepto, Carnevalli *et al.* (2006) evaluaron al pasto Mombaza (*Megathyrsus maximus* cv Mombaza) bajo diferentes estrategias de manejo utilizando los porcentajes a 95 y 100 % IL como condiciones de pre-pastoreo y dos alturas de residuales (30 y 50 cm) como condiciones de post-pastoreo. Los autores concluyen que la mayor acumulación de forraje se encontró en la frecuencia de 95 % IL y 30 cm de altura residual, mientras que la frecuencia de 100 % IL resultó en mayor acumulación de MM y tallos, lo que reduce la calidad del forraje. A 95 % IL fue correlacionado con la altura de 90 cm para generar manejos eficientes del forraje; variando la intensidad de pastoreo de

acuerdo al objetivo que se quiera en la explotación, mayor carga animal (30 cm) o ganancia de peso (50 cm).

Pedreira *et al.* (2007) evaluaron al pasto MG5 (*Urochloa brizantha* cv MG5) encontraron datos similares a los reportados al trabajar con intercepción luminosa como método de interrupción del rebrote. En dicho trabajo utilizaron tres estrategias de pastoreo, una basada a días fijo (cortes cada 28 d) y dos definidas en intercepción luminosa (cuando el dosel intercepta el 95 y 100 % IL), todos a una altura residual de 15 cm. El mayor número de pastoreo lo obtuvo la estrategia de 95 % IL, seguida de la estrategia a días fijos y 100 % IL, con 6, 5 y 4 d, respectivamente. Al igual, se encontró relación positiva entre la intercepción luminosa con la altura y el IAF en todas las estrategias evaluadas. Asimismo, la tasa media diaria de acumulación de forraje fue siempre mayor para la estrategia del 100 % IL durante todo el período de evaluación, sin embargo, esto se debió a la mayor acumulación de tallos y MM, mientras que para la estrategia de 95 % IL, estos datos fueron los más bajos. En este trabajo, los autores concluyeron que el manejo a días fijos no es una práctica recomendable ya que restringe las ganancias en eficiencia del sistema de pastoreo.

Con base a esta revisión, se delimita que existe poca información con respecto al manejo del pasto Cobra y que no se ha trabajado en los efectos de utilizar diferentes momentos de corte en la intercepción luminosa.

#### **4.- OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la respuesta productiva y componentes del rendimiento del pasto *Urochloa* híbrido cv Cobra a cuatro estrategias de pastoreo.

#### **4.1.-OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Evaluar el rendimiento de materia seca del pasto *Urochloa* híbrido cv Cobra a cuatro diferentes estrategias de pastoreo.

Evaluar la calidad nutritiva del pasto *Urochloa* híbrido cv Cobra a cuatro diferentes estrategias de pastoreo.

#### **5.- HIPÓTESIS**

El momento óptimo para la cosecha del pasto Cobra está influenciada por el porcentaje intercepción luminosa, en el que pueda cosecharse la mayor cantidad de biomasa de hojas y valor nutritivo, con la menor cantidad de material muerto.

## **6. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **6.1 Sitio experimental**

El experimento se llevó a cabo en el campo experimental “La Posta” del INIFAP, localizado en Paso del Toro, Medellín, Veracruz, localizado en el km. 22.5 de la carretera libre Veracruz-Córdoba, en las coordenadas que forman el paralelo 19° 02' LN con el meridiano 96° 08' LO. Según la clasificación climática de Köppen modificada por García (1987), el clima en el área corresponde al intermedio del tipo cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1), con temperaturas media, máxima y mínima de 25.4, 31.3 y 19.5 °C, respectivamente, una precipitación pluvial de 1336.8 mm, y 1379.5 mm de evaporación. La altura del sitio es de 16 msnm. Los suelos predominantes son del tipo vertisol, con pH de 6.9, con textura franco arcillo arenosa y un contenido de materia orgánica de alrededor del 2.6 %.

Se acondicionó una pradera establecida de un año de pasto Cobra, con distancia entre surco de 30 cm; de la cual, se delimitó un área de 400 m<sup>2</sup>, dividida en 16 parcelas, de nueve m<sup>2</sup> cada una, dejando espacios a los lados de dos metros y entre parcela de un metro (Figura 1). Previo al inicio del experimento, se fertilizaron las parcelas a razón de 150:50:50 de N, P y K, respectivamente, la dosis de P y K fueron aplicados en una sola ocasión, mientras que el N fue dividido en dos aplicaciones, la mitad al inicio del experimento y la segunda a la salida de las lluvias. Al igual, se le aplicó un tratamiento contra malezas de hojas anchas (2,4 D + picloram) y a mediados del mes de octubre, se le aplicó a todas las parcelas una dosis de cipermetrina, para combatir la presencia de mosca pinta. Después de aplicado el fertilizante, se metieron animales para rebajar el pasto; posteriormente, se niveló con una desbrozadora a 15 cm de altura residual para todas las parcelas. Se cortaron tres cuadros de un m<sup>2</sup> para forraje residual, se pesó en verde y se metió a una estufa de aire forzado a temperatura de 55°C hasta peso constante para obtener MS.



Figura 1.- Panorámica de la distribución de las parcelas.

Para las mediciones de interceptación de radiación solar se utilizó un ceptómetro lineal compuesto por 80 sensores independientes, separados a 1 cm que captan la radiación fotosintéticamente activa (Ceptómetro AccuPAR Model LP-80, Figura 2), distribuidos homogéneamente sobre una barra de un metro; las lecturas se realizaron aproximadamente a las 12:00 h (con la finalidad de captar la energía de los rayos solares en posición perpendicular al cultivo) en distintos sectores de la parcela experimental. A partir de las lecturas de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), medida por encima ( $PAR_a$ ) y por debajo ( $PAR_d$ ) del dosel, se obtuvieron los porcentajes interceptación de cada parcela, ponderando las cuatro repeticiones para tomar la decisión de corte a los tratamientos.



Figura 2.- Ceptómetro AccuPAR Model LP-80 empleado para las mediciones de intercepción luminosa.

### **6.2 Acumulación de forraje**

Para determinar el rendimiento de forraje por corte, en cada tratamiento, al inicio del experimento, se fijaron dos cuadros de 0.25 m<sup>2</sup> (50 x 50 cm) al azar, por repetición, en los cuales se cosechó todo el forraje a la altura de 15 cm, para todos los tratamientos; posteriormente el forraje se depositó en bolsas de papel debidamente etiquetadas, se pesaron y se colocaron dentro de una estufa de aire forzado a 60°C durante 72 h, una vez alcanzado el peso constante del forraje se registró el peso de la MS, para determinar el rendimiento por unidad de superficie (kg MS ha<sup>-1</sup>).

### **6.3 Tasa de crecimiento (TC)**

Con los datos de los rendimientos de forraje que se calculó por hectárea, estos se dividieron por la duración, en días, de los intervalos entre cortes para estimar la tasa de crecimiento utilizando la siguiente fórmula:

$TC = FC/t$ ;

Donde:

TC= tasa de crecimiento de forraje ( $\text{kg MS ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ )

FC= forraje cosechado ( $\text{kg MS ha}^{-1}$ )

t=días transcurridos entre cosecha (Garduño *et al.* 2009).

#### **6.4 Composición botánica y morfológica**

Para determinar la composición botánica, del forraje cosechado en los cuadros fijos en los muestreos, se tomó una submuestra de aproximadamente 200 g, la cual se separó por especie (pasto Cobra, otras gramíneas y malezas); de la proporción del pasto Cobra, se separó en componentes morfológicos de la planta; hojas, tallos, inflorescencias y material muerto y se secaron en una estufa de aire forzado a  $55^{\circ}\text{C}$  hasta peso constante y se pesaron, para así obtener la proporción de cada componente.

#### **6.5.- Relación hoja: tallo, hoja: no hoja**

Se estimó al dividir la biomasa total de hojas, entre la biomasa total de tallos por planta. Para el caso de la relación hoja/no hoja, la MS total de hojas se dividió entre la sumatoria de la MS total de tallos, inflorescencias y material muerto.

#### **6.6.- Densidad de tallos**

Al inicio del experimento, se establecieron al azar aros de PVC de 20.32 cm de diámetro, a nivel del suelo, por repetición de cada tratamiento, un aro por parcela; en donde mensualmente se contaron todos los tallos presentes dentro de cada aro y se registraron los cambios en la densidad poblacional de tallos durante el año (Figura 3).



Figura 3.- Técnica de conteo de tallos en el pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra).

#### **6.7.- Peso por tallo**

Para determinar el peso individual por tallo, un día previo a cada corte, se cosecharon aleatoriamente diez tallos a nivel de suelo por repetición, se separaron por componentes morfológicos. Se secaron en una estufa de aire forzado a 55°C por 72 h, para posteriormente registrar su peso. El peso seco de los diez tallos se dividió entre diez y con ello se estimó el peso promedio por tallo (Figura 4).



Figura 4.- Peso de tallo por componentes morfológicos.

#### **6.8.- Densidad de plantas**

Al inicio del experimento se estableció un cuadro fijo de un m<sup>2</sup> de área por cada repetición, en donde mensualmente, se contabilizó el número de plantas del pasto presentes en cada cuadro y se registraron los cambios en la densidad poblacional de plantas durante el año.

#### **6.9.- Altura de la planta**

Para relacionar la altura con el porcentaje IL, en los cuadros fijos se midió la altura de la planta antes del corte con una regla graduada de 100 cm de longitud y 1 mm de precisión. Para realizarla, se colocó la regla verticalmente a las plantas presentes y al tocar el primer componente morfológico se registró el dato, se tomaron 20 muestras por unidad experimental.

### 6.10.- Análisis Químico proximal

Los análisis de cenizas, proteína cruda (PC) se hicieron siguiendo la metodología propuesta por la AOAC (1964); para la obtención de fibra insoluble en detergente neutro y ácido (FDN, FDA), se siguió la metodología sugerida por ANKOM 2000. (ANKOM Technology, 2018). Para la obtención del porcentaje de lignina se utilizó la técnica de inmersión en ácido sulfúrico al 97 %, todos los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de nutrición animal del campus Montecillo. Para lo cual, se usaron parte de las muestras secadas en la estufa de aire, las cuales se molieron en un molino ciclónico (FOSS TECATOR, Höganäs, Suiza) con tamiz de 1 mm para realizar los análisis.

### 6.11.- Digestibilidad *in vitro*

Para determinar el porcentaje de digestibilidad verdadera, se siguió la metodología establecida para el método *in vitro* de la incubadora Daisy de la compañía Ankom Technology (2018), la cual se observa en la Figura 5. Se utilizaron bolsas Ankom F 57, enjuagadas previamente en acetona y puestas a peso constante, seguidamente se pesó 0.5 gr de muestra y se sellaron las bolsas. Se prepararon los buffers de acuerdo a la cantidad de número de bolsas por frascos y se inocularon con líquido ruminal de un bovino alimentado con forraje. Una vez que se mezclaron los frascos, se dejaron a una temperatura constante de 39°C durante 48 hrs. Transcurrido el tiempo, se drenó el líquido de los frascos y se lavaron las bolsas con agua corriente hasta que saliera transparente; seguidamente, se secaron con toallas de papel para eliminar el exceso de agua, para meter las bolsas a estufa para obtener el peso constante. El porcentaje se calculó con la siguiente formula:

$$\% \text{ IVTD} = \frac{100 - (W_3 - (W_1 \times C_1))}{W_2} \times 10$$

Donde:

$W_1$  = Peso de la bolsa

$W_2$  = Peso de la muestra

$W_3$  = Peso final después de secuencia *in vitro*

$C_1$  = Factor de corrección de la bolsa en blanco



Figura 5.- Incubadora Daisy Ankom para determinación de digestibilidad *in vitro*.

### 6.13.- Análisis estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. El motivo de bloqueo fue el desnivel de la pradera y los tratamientos fueron cuatro estrategias de pastoreo, de acuerdo a tres porcentajes IL 90, 95 y 100 %; y un manejo estacional, que consistió en cosechar a 28 d en primavera-verano y 35 d en las estaciones de otoño-invierno, todos manejados a 15 cm de altura residual. La comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey. El análisis de varianza de los tratamientos se efectuó utilizando el procedimiento GLM del programa SAS (2000), utilizando un arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas grandes correspondieron al corte y las parcelas chicas a las estrategias de manejo. De acuerdo al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + \epsilon_{ik} + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Es el valor correspondiente de la variable respuesta a la  $k$  del nivel  $i$  de  $A$  y el nivel  $j$  de  $B$ ,

$\mu$  = media general.

$A_i$  = efecto del nivel  $i$  de  $A$ ,

$B_j$  = Efecto del nivel de  $B$ ,

$AB_{ij}$  = Interacción  $A^*B$ , correspondiente al nivel de  $i$  de  $A$  y nivel  $j$  de  $B$ ,

$\epsilon_{ik}$  = Error experimental correspondiente a la repetición  $k$  del nivel  $i$  de  $A$  en la parcela grande,

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental correspondiente a la repetición  $k$  del nivel  $i$  de  $A$  y nivel  $j$  de  $B$  en las parcelas chicas.

## 7.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos meteorológicos registrados durante el período experimental fueron obtenidos de la estación meteorológica El Tejar, Medellín (CONAGUA, 2018). En la Figura 6, se muestran los promedios mensuales de las temperaturas máxima y mínima así como la suma total de precipitación y evaporación mensual. La precipitación ocurrida durante la etapa de investigación fue de 1822 mm de precipitación y 1097 mm de evaporación. En el 2017, los meses que presentaron mayor precipitación fueron julio y septiembre, y en 2018 el mes con menor precipitación fue marzo. La temperatura presentó el mismo comportamiento que la precipitación, siendo mayor en los meses de julio, agosto 2017 (34 y 35 °C , respectivamente), para después descender hasta 11 °C en el mes de enero de 2018. En los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo de 2018 se registró mayor evaporación que las precipitaciones causando depleción de humedad en el suelo cercana al porcentaje de marchitamiento permanente, observado por la característica morfológica de la planta con el enrollamiento de la hoja.

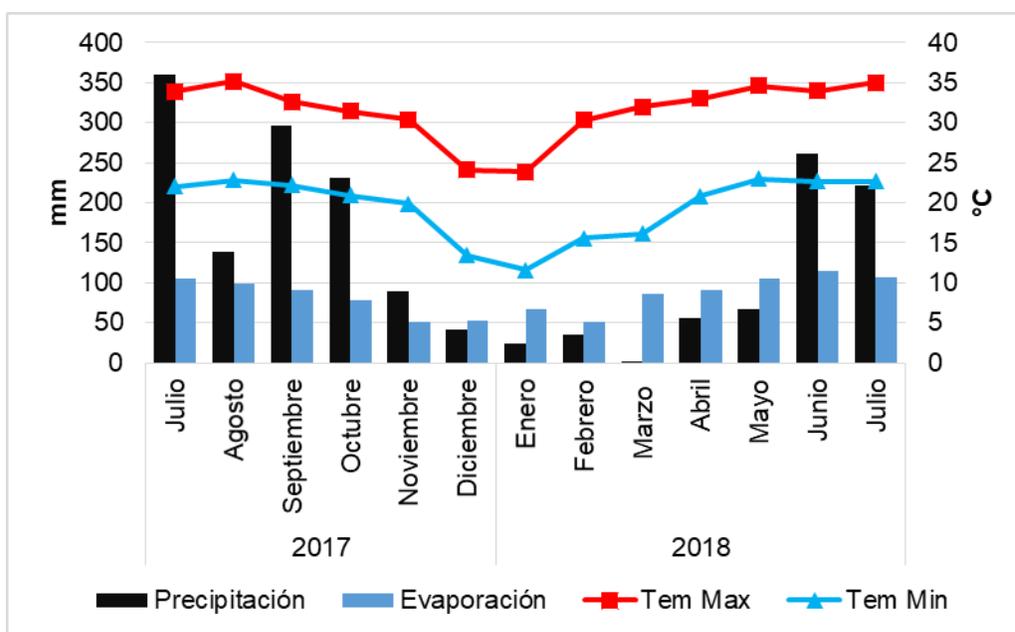


Figura 6.- Promedio de las constantes meteorológicas registradas en el período del experimento.

El número de cortes y días de descanso entre cortes de los diferentes manejos se muestran en el Cuadro 2 y Figura 6. El número de cortes es diferente a los

reportados por trabajos previos en los que utilizan la intercepción luminosa como método de interrupción del rebrote.

Cuadro 2.- Número de cortes total de las diferentes estrategias de manejo del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra).

Meses	90 % IL	95 % IL	100 % IL	Estacional
Julio-2017				
Agosto-2017	x	x		x
Septiembre-2017			x	x
Octubre-2017	x	x		x
Noviembre-2017	x			x
Diciembre-2017	x	x	x	
Enero-2018				x
Febrero-2018				x
Marzo-2018				x
Abril-2018				x
Mayo-2018				x
Junio-2018	X			x
Julio-2018		x	x	
Número de cortes	5	4	3	10

IL=intercepción luminosa.

En un trabajo similar realizado por Pedreira *et al.* (2007) reportan en pasto MG5 (*Urochloa brizantha* cv MG5) sometido a diferentes frecuencias de 95 y 100 % IL y cortes fijos a 28 d, números de cortes de 6, 4 y 5, respectivamente; con días de descanso que no superaron los 31 d, el período de experimentación fue de seis meses con condiciones climáticas similares a este experimento (1002 mm y 24 °C). Carnevalli *et al.* (2006) trabajando con pasto *Megathyrsus maximus* cv Mombaza manejado a dos alturas de pre pastoreo (95 y 100 % IL) y dos alturas pos pastoreo (30 y 50 cm), encontraron días de descanso similares al experimento en el manejo a 100 % IL, mientras que el manejo a 95 % IL registró días de descanso entre 22 y 25 d, datos menores a los encontrados en este trabajo, al igual que el número de cortes.

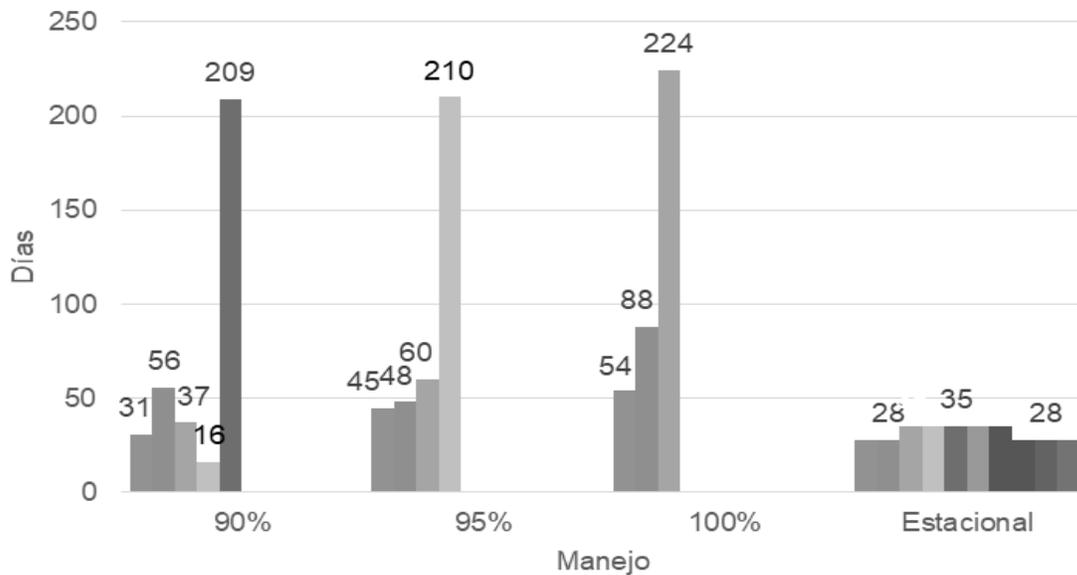


Figura 6.- Días de descanso por cortes durante el período experimental del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) a diferentes estrategias de manejo.

La variación en los resultados se atribuye a la arquitectura de la hoja (Rossiello y Antunes 2012) y a la distancia entre plantas (Mattera *et al.* 2013); al ser la hoja de ángulo erecto permite el paso de la radiación a los estratos más bajos aunado a la distancia entre plantas a la que fue establecida (30 cm), propiciaron a dejar espacios descubiertos, que fueron cubiertos solo cuando el pasto alcanzaba alturas altas, lo que se reflejó en el aumento de los días de descanso en los manejos a intercepción luminosa (Figura 6). Otro motivo que pudo haber influido fue la falta de cortes previos al experimento para adaptar el pasto al nuevo manejo y evitar variaciones en las mediciones (da Silva *et al.* 2008).



Figura 7.- Vista vertical del pasto Cobra en época de seca y lluvias, respectivamente.

### 7.1.- Rendimiento

Las formas de manejos fueron diferentes ( $p < 0.001$ ), igualmente los cortes difirieron ( $p < 0.001$ ) y hubo interacción cortes por tratamientos ( $p < 0.001$ ). El manejo con mejor rendimiento fue el basado a 100 % IL, a pesar de que este manejo tuvo menos cortes, produjo 5841 kg MS ha<sup>-1</sup>, seguido por el manejo a 95 % IL con 3914 kg MS ha<sup>-1</sup> y 90 % IL 2351 kg MS ha<sup>-1</sup>, el manejo estacional obtuvo el rendimiento más bajo (1040 kg MS ha<sup>-1</sup>). Entre cortes, el mejor corte fue el primero con un promedio de 5095 kg MS ha<sup>-1</sup>; mientras que el menor rendimiento lo produjo el octavo corte del manejo estacional a cortes cada 28 d en primavera (96 kg MS ha<sup>-1</sup>). En la Figura 8, se muestran las diferencias entre cortes y tratamientos.

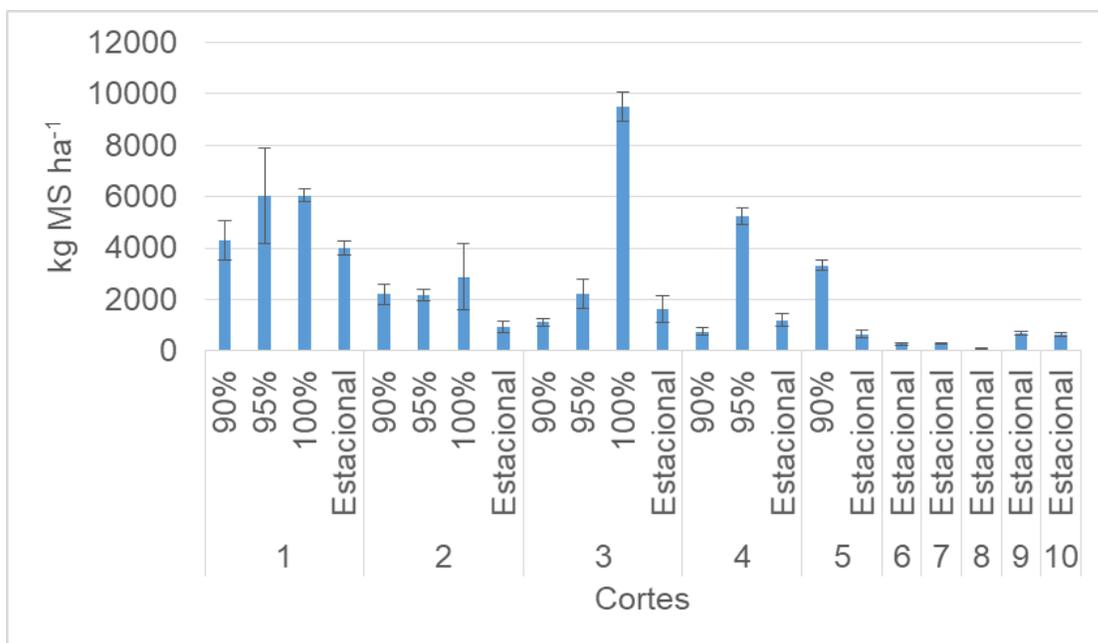


Figura.8- Rendimientos promedio (kg MS ha<sup>-1</sup>) por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) sometido a diferentes manejos.

El pasto Cobra presentó buena respuesta a la humedad y a la fertilización, los cortes con los mejores rendimientos fueron en los meses más lluviosos; al disminuir la disponibilidad de nutrientes en el suelo (agua y minerales) el rendimiento se redujo, dato que se aprecia en el manejo estacional, que presentó amplia variación en el rendimiento a través del tiempo debido al déficit de humedad. Por otro lado, la poca disponibilidad de nutrientes causó en los manejos basados en intercepción luminosa que no lograran producir suficiente forraje para llegar al porcentaje correspondiente. El período de escasez de lluvia en primavera provocó cambio en el aspecto visual de la hoja para todas las estrategias, al enrollarse la hoja, cambio observado en la Figura 9. Tal cambio está relacionado al estrés por sequía; al disminuir la humedad disponible para la planta en el suelo, ésta evita la pérdida de agua por medio de la transpiración en la superficie de la hoja expuesta al sol. Con ello se mantiene el estatus hídrico dentro de la planta, que dependiendo la severidad de la sequía, será el grado de enrollamiento (Sanderson *et al.* 1997).



Figura 9.- Enrollamiento de la hoja por déficit hídrico en pasto Cobra.

Los rendimientos encontrados en los manejos basados a interceptación luminosa fueron menores a los reportados por Pizarro *et al.* (2013) quienes muestran el rendimiento de diversos híbridos de *Urochloa* evaluados en Ubon, Tailandia, dentro de los cuales se incluyó el pasto Cobra. Los que los autores encontraron para este pasto fueron de 9420 y 11149 kg MS ha<sup>-1</sup> en dos épocas de lluvias, mientras que en dos épocas de seca reportaron 2655 y 2901 kg MS ha<sup>-1</sup>. En dicho trabajo no se especifica el manejo al cual fue sometido el pasto Cobra, pero si enfatiza la respuesta del pasto a las condiciones propicias de humedad. En un cultivar predecesor del pasto Cobra (Mulato I) Cruz *et al.* (2011) reportan datos similares a los encontrados en los manejos basados a interceptación luminosa en las diferentes temporadas, 2578, 1571 y 4929 kg MS ha<sup>-1</sup> para las épocas de nortes, seca y lluvias, respectivamente. El manejo del pasto Mulato se basó en una intensidad de 13-15 cm y frecuencia de corte a 28 d. Por otro lado, el rendimiento reportado por Cruz *et al.* (2011) no concuerda con el encontrado en el manejo estacional, a pesar de estar sujeto a las mismas condiciones de manejo.

En trabajos con cultivares de *Urochloa* con manejos a interceptación luminosa, demuestran variación de acuerdo al cultivar empleado. Calvano *et al.* (2011) encontró en el pasto Brizantha (*Urochloa brizantha* cv Brizantha) manejado a

diferentes intensidades (15, 30 y 45 cm) con carga animal variable, datos similares a los encontrados en este trabajo para los manejos basados a IL, 3135, 4.450 y 5715 kg MS ha<sup>-1</sup> para las intensidades 15, 35 y 45 cm, respectivamente; mientras que para el manejo estacional estos rendimientos son mayores a los que se produjeron. Por otra parte, Echeverría *et al.* (2016) trabajando con un cultivar híbrido Ipyora (*Urochloa* 'BRS RB331 Ipyora) encontró rendimientos de 3095 y 4037 kg MS ha<sup>-1</sup> en los manejos de 95 % e intersección máxima, que son inferiores a los encontrados a esos mismos porcentajes de intersección luminosa. En el cultivar Basilisk (*Urochloa decumbens*), Pedreira *et al.* (2017) reporta una producción total de 14.2 y 17.1 t MS ha<sup>-1</sup> para las frecuencias de manejo de 95 y 100 % IL, respectivamente, datos que son menores a los encontrados en este trabajo, donde el manejo a 95 % IL registró 15.7 y 18.4 t MS ha<sup>-1</sup> a 100 % IL.

La frecuencia de corte impuesta por las diferentes estrategias tuvo efecto en el rendimiento del pasto Cobra, los cortes más frecuentes resultaron en menor rendimiento (28 d). De acuerdo a lo enunciado por Lemaire (2001) y da Silva *et al.* (2015), los cortes frecuentes no permiten la acumulación de carbohidratos no estructurales y nutrientes esenciales para el siguiente ciclo de rebrote, lo que ocasiona en la planta pérdida de vigor (Costa *et al.* 2004). Los tratamientos sujetos a intersección luminosa produjeron rendimientos superiores, porque sus periodos de descanso fueron mayores. Sin embargo, se presentó una disminución en el rendimiento a medida que los nutrientes en el suelo se fueron agotando proceso normal en todas las especies (Zanine y Santos, 2004).

## **7.2.- Tasa de crecimiento**

Sólo se encontró efecto de cortes ( $p < 0.0001$ ). Los tratamientos basados en intersección luminosa fueron iguales estadísticamente con un promedio de 64, 60 y 54 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, para los manejos a 100, 95 y 90 % IL, respectivamente. El tratamiento estacional promedió 31 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Las mejores tasas de crecimiento fueron obtenidas en el primer corte para todos los manejos, la menor tasa de crecimiento se produjo en el octavo corte del

manejo estacional a 28 d (Figura 9). Al aumentar los períodos de descansos en los manejos a intercepción luminosa se redujo la tasa de crecimiento, sin embargo, los valores se mantuvieron entre 30 y 50 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

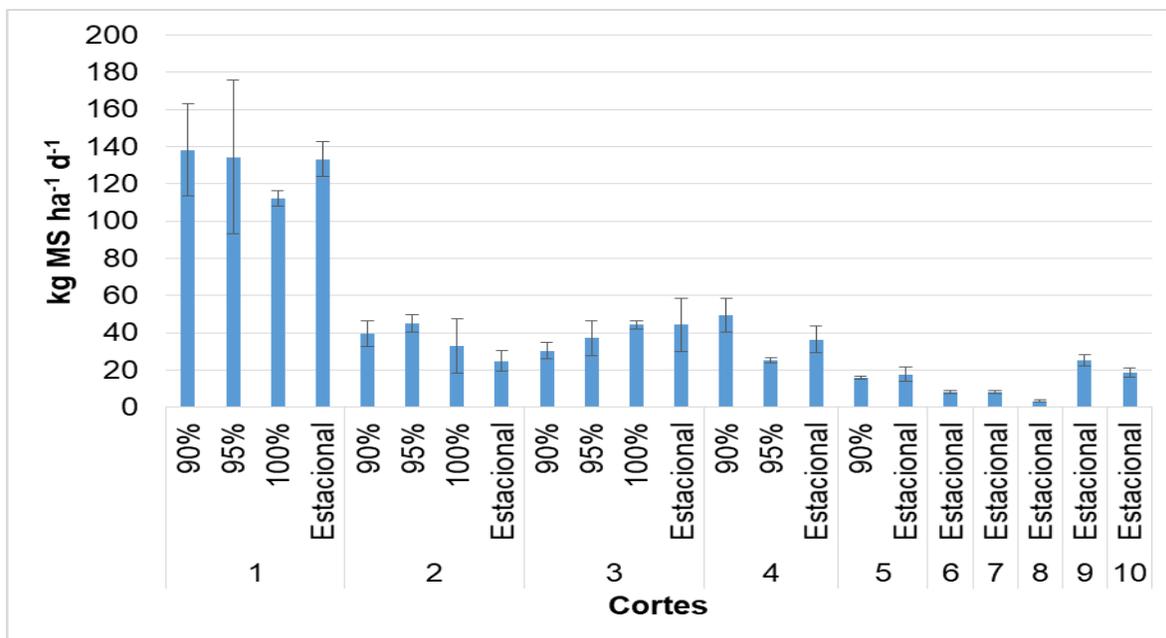


Figura 10.- Tasas de crecimiento promedio (kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>) por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) bajo diferentes manejos.

Los datos reportados son similares a los encontrados en el pasto Mulato I con cortes a días fijos por Cruz *et al.* (2011); donde el manejo a cortes cada 28 d presento variación con promedios de 29, 24 y 45 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> para las diferentes épocas del año en clima de trópico húmedo. En otro cultivar (MG5), las tasas encontradas son muy bajas a las reportadas por Pedreira *et al.* (2007) quienes encontraron tasas promedio de 121, 173 y 131 kg MS ha<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, para los manejos a 95 y 100 % IL y cortes cada 28 d, respectivamente.

En el primer trabajo (Cruz *et al.* 2011) la variación en las tasas de crecimiento se presentó por los cambios en cantidad del rendimiento, efecto del cambio en las variaciones climáticas de las épocas del año, principalmente precipitación. Por otro lado, Pereira *et al.* (2007) justificaron el aumento en las tasas de crecimiento por el incremento en el rendimiento de los componentes morfológicos del pasto, principalmente tallo, y días de descanso cortos. En lo que respecta a este trabajo,

el rendimiento fue elevado en los manejos a intercepción luminosa, sin embargo, los días de descanso no fueron constantes, superando los 30 d, lo que disminuyó las tasas de crecimiento.

### 7.3.- Composición botánica

Hubo variación en la composición botánica a lo largo del experimento. No hubo presencia de malezas en el rendimiento de todos los manejos; no así otros pastos, que estuvieron presente en el rendimiento de los diferentes manejos principalmente nativos del género *Axonopus* spp.; sin embargo, el porcentaje no superó el 13 % en general, la mayor presencia de otros pastos fue en los cortes realizados en los meses con registros de mayor precipitación, al disminuir la humedad en el suelo la presencia de otros pastos desapareció. La altura residual establecida para todos los manejos ayudó al pasto Cobra a competir contra malezas y otros pastos, no permitiendo su establecimiento (Figura 10).

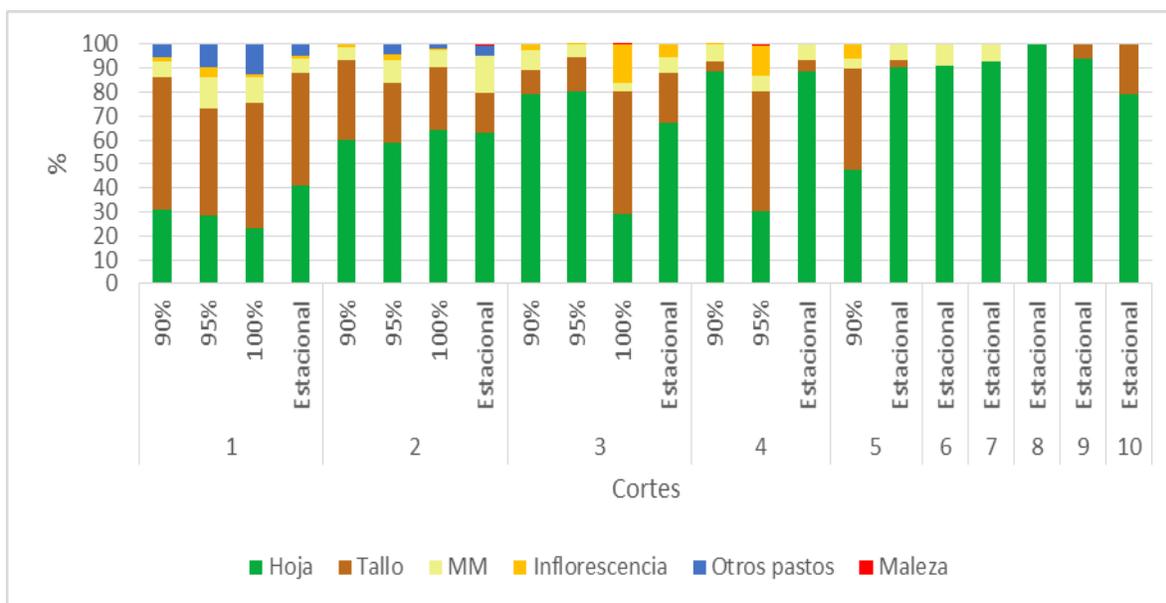


Figura 11.- Porcentajes de composición botánica de diferentes manejos del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra). MM\* Material muerto

Los componentes de hoja, tallo, MM e inflorescencia presentaron variación en los porcentajes. En lo que respecta a la inflorescencia, los manejos en base a

interceptación luminosa presentaron producción de inflorescencia en todos sus cortes, mientras que el manejo estacional sólo registró inflorescencia en dos cortes; sin embargo, no superó el 16 % de participación encontrado en el manejo a 100 % IL. Por otra parte, la presencia de MM fue bajo, no superó el 16 % de participación en todos los manejos, el manejo estacional en los cortes octavo, noveno y décimo, no tuvieron participación de MM.

Los porcentajes de participación de hoja y tallo presentaron amplia variación, el componente que más varió fue la hoja, ya que obtuvo desde un 100 % de participación en el octavo corte del manejo estacional, hasta un 23 % en el segundo corte del manejo a 100 % IL. A su vez, los porcentajes del tallo variaron desde un 0 % en el sexto, séptimo y octavo corte del manejo estacional hasta un 56 % en el primer corte del manejo a 90 % IL. El motivo de esta variación se debe principalmente al efecto causado por las estaciones del año, a medida que la humedad disminuyó el porcentaje de tallo también disminuyó, efecto observado en el manejo estacional.

La abundante producción de inflorescencia fue uno de los rasgos por el cual fue seleccionado el cultivar Cobra para la producción forrajera (Pizarro *et al.* 2013), a pesar de ello el porcentaje alcanzado no superó los 20 %. Sin embargo, en diferentes trabajos en base a IL la inflorescencia no es parte del rendimiento.

Difante *et al.* (2009) reporta en pasto Tanzania (*Megathyrsus maximus* cv Tanzania) porcentajes de hoja, tallo y MM de 62, 13, y 25 % en un manejo a 95 % IL y 25 cm de altura residual, y a 95 % IL y a 50 cm de altura residual encontró 60, 16 y 25 % para los componentes hoja, tallo y MM, respectivamente. Tales valores son diferentes a los encontrados en este trabajo, sobre todo en el porcentaje de MM que fue superior al encontrado. Para el porcentaje de tallo, los valores son menores a los que alcanzó el pasto Cobra, los porcentajes de hojas en los manejos a interceptación luminosa superaron el porcentaje reportado en Tanzania en el tercer corte. A su vez, Echeverría *et al.* (2016) en pasto Ipypora reporta a 95 % IL porcentajes de 73, 16 y 11 para los componentes hoja, tallo y

MM, respectivamente. El porcentaje de MM y hoja fue similar al del pasto Cobra, mientras que para tallo el porcentaje fue menor.

#### **7.4.- Componentes morfológicos**

Se encontró efecto de manejo ( $p < 0.001$ ) en los componentes de hoja, tallo, MM e inflorescencia; el efecto de corte ( $p < 0.001$ ) se presentó en los componentes tallo, MM e inflorescencia, mientras que existió interacción manejo corte ( $p < 0.001$ ) para todos los componentes botánicos.

El pasto Cobra produjo MS de inflorescencia en los manejos basados a intercepción luminosa; sin embargo, debido a los cortes fijos el manejo estacional no presentó producción de MS de inflorescencia en sus cortes. La mayor producción de MS de inflorescencia la obtuvo el manejo a 100 % IL (1595 kg MS ha<sup>-1</sup>) en su tercer corte (Figura 12). La presencia de inflorescencia se debió al buen estado hídrico y minerales en el suelo, además de la frecuencia de cortes, ya que al descender estos nutrientes y aumentar la frecuencia de corte, la presencia de inflorescencia fue disminuyendo hasta no tener participación. Este efecto fue más notable en el manejo estacional. Otro factor que intervino en la acumulación de MS de inflorescencia fue la época del año, ya que durante esos meses los pastos presentan floración.

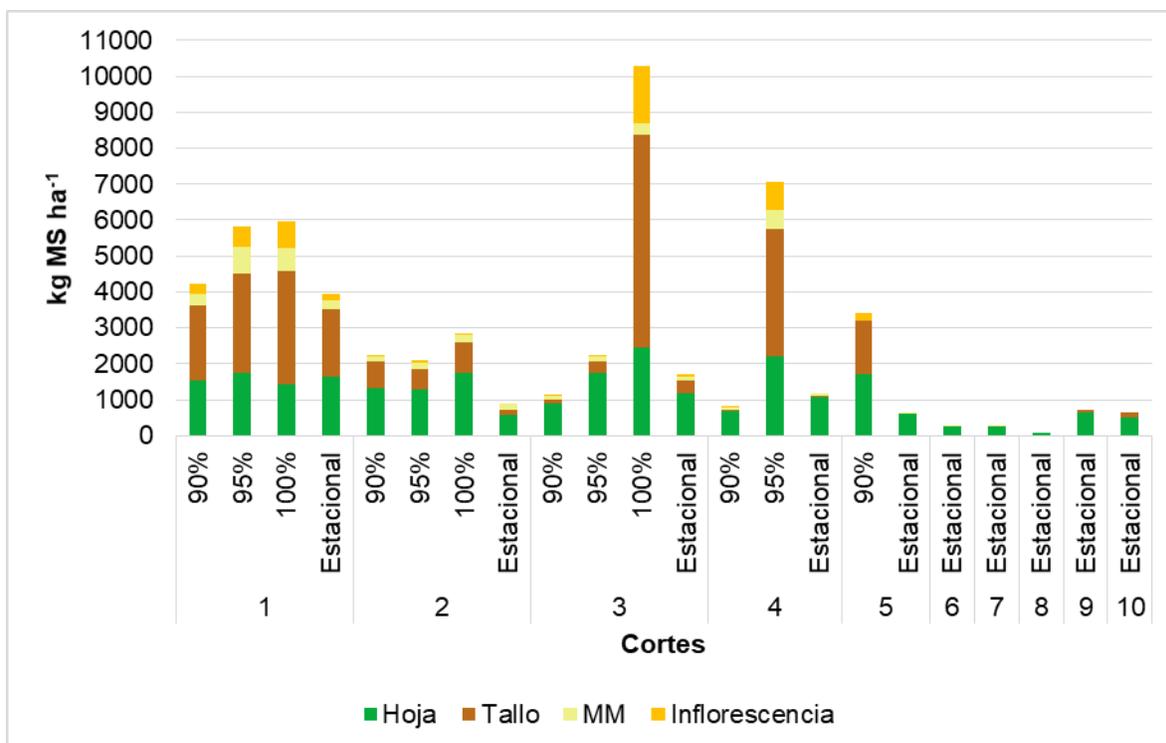


Figura 12.- Rendimientos promedio (kg MS ha<sup>-1</sup>) de los componentes morfológicos por corte de los diferentes manejos del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra).

La producción de MM fue moderada no superando los 800 kg MS ha<sup>-1</sup>. El manejo que más produjo MM fue el manejo a 95 % IL en su primer corte (728 kg MS ha<sup>-1</sup>), por otro lado, el manejo estacional registró las menores producciones de MM, sólo en los primeros tres cortes, para después no ser parte del rendimiento.

El rendimiento de tallo presentó variación entre todos los tratamientos. En los manejos a porcentaje intercepción luminosa, el rendimiento de tallo fue mayor, el manejo que produjo más MS de tallo fue el manejo a 100 % IL en su tercer corte (5898 kg MS ha<sup>-1</sup>). El manejo estacional produjo poco rendimiento de tallo, incluso en los cortes seis, siete y ocho no tuvo producción de tallo. La variación en el rendimiento de tallo es resultado de la respuesta del pasto a las condiciones de humedad presentes al momento de realizar los cortes, ya que en los meses en que se registró las mayores precipitaciones, el rendimiento del tallo fue mayor, mientras que en los meses que no hubo precipitación, el rendimiento de tallo fue casi nulo.

Al igual que el tallo, el rendimiento de hoja varió entre los manejos, el manejo estacional a cortes cada 28 d produjo la menor cantidad de hoja (97 kg MS ha<sup>-1</sup>), mientras que los manejos que más hoja produjeron fueron los manejos a 95 y 100 % IL, con 2192 y 2470 kg MS ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Los datos encontrados no concuerdan a los reportados por Cano *et al.* (2004), trabajaron con pasto Tanzania (*Megathyrsus maximus* cv Tanzania) quienes a diferentes alturas de pastoreo encontraron producciones de hoja de 3690 y 300 kg MS ha<sup>-1</sup> a alturas de 20 y 80 cm en períodos de lluvias, y 1430 y 730 kg MS ha<sup>-1</sup> en períodos de poca lluvia, en las mismas alturas. En esta misma variedad, Barbosa *et al.* 2007 reportaron a 25 cm de altura residual 3590, 4860 4130 kg MS ha<sup>-1</sup> de hoja a las frecuencias de 90, 95 y 100 % IL; a 50 cm 3690, 3940 y 3110 kg MS ha<sup>-1</sup> para las diferentes frecuencias de cosecha respectivamente, en verano. Tales resultados fueron superiores a los que se encontró en este trabajo, lo cual se debe a la especie utilizada, ya que el *Megathyrsus* spp. presenta mayor tamaño de hoja que las *Urochloa* spp.

En trabajos con cultivares de *Urochloa*, Marcelino *et al.* (2006) reportan producciones promedio de hojas, tallos y MM de 0.423, 0.503 y 0.165 kg m<sup>2</sup> MS a un manejo de 20 cm de intensidad y nueve hojas de frecuencia en el cultivar Brizantha (*Urochloa brizantha* cv brizantha). En el híbrido Mulato I (*Urochloa* híbrido 36061), Cruz *et al.* (2011) reportan promedio de producción de hoja de 2713, 2101 y 5197 kg MS ha<sup>-1</sup> para las diferentes épocas del año, nortes, seca y lluvias, respectivamente, a una intensidad ligera (13-15 cm altura) y frecuencia de 28 d. A este mismo manejo, la producción de tallo fue de 671 y 1473 kg MS ha<sup>-1</sup> para nortes y lluvias, respectivamente. Estos datos son superiores a los datos encontrados en el pasto Cobra para la producción de MS de hoja; para tallo son inferiores a los reportados en el cultivar Brizantha (Marcelino *et al.* 2006) y superiores a los obtenidos en el híbrido Mulato I (Cruz *et al.* 2011). Sin embargo, la producción de MM fue menor en el pasto Cobra que en Brizantha.

La producción de forraje y sus componentes es regulada por las variables ambientales, la morfogénesis de la especie forrajera empleada y las

características de la pradera (Lemaire *et al.* 2009). A su vez, la morfogénesis es una variable genéticamente determinada por la especie vegetal, medida a través de las tasas de aparición de hoja, alargamiento y vida media de hoja; las cuales son influenciadas por temperatura, intensidad luminosa, disponibilidad hídrica, nutrientes y efectos del pastoreo (Marcelino *et al.* 2006).

El manejo, en razón de frecuencia e intensidad, son los principales modificadores del rendimiento y las variaciones morfológicas. Por ejemplo, en pastoreo continuo, las plantas son defoliadas frecuentemente lo que reduce la participación de tallo en la cosecha, y en pastoreo rotacional, el descanso impuesto genera el alargamiento del tallo por competencia de luz intensidad, causando mayores rendimientos de forraje, con aumento de tallo y MM (Carvalho *et al.* 2001). Dicha variación en el manejo del pastoreo es explicada a través de la plasticidad expuesta por Lemaire (2001). Por ello, se busca el punto medio en el cual se obtenga la mayor producción de forraje con la menor participación de tallo y MM, con el motivo de que el mayor componente producido y consumido sea la hoja, el cual se obtiene cuando la planta alcanza 95 % IL (da Silva y Júnior, 2006). A pesar de los datos encontrados, el pasto Cobra mostró buena producción de hoja, reflejada por la continua producción de hoja en el manejo estacional, aun en ausencia de precipitación, causado por la altura residual establecida, ya que permite el desarrollo normal de la hoja al proteger la vaina (Matthew *et al.* 2001), lo que lo hace buen material vegetativo de elección para establecer en el trópico.

#### **7.5.- Relación hoja:tallo y hoja:no hoja**

Hubo efecto de corte ( $p < 0.0001$ ) e interacción de corte por manejo ( $p < 0.0001$ ) para la variable de hoja:tallo; para la variable hoja:no hoja solo se encontró efecto de corte ( $p < 0.0001$ ). Dentro de los manejos, dichos cocientes presentaron variación por cortes.

Los manejos a 90 % IL y estacional obtuvieron el mayor cociente (8.6); entre cortes, los cortes seis, siete y ocho presentaron el mejor cociente (0) debido a que

en esos cortes el rendimiento se compuso principalmente de hoja, lo que resultó en 0 al realizar la división (Cuadro 3).

En lo que respecta a la relación hoja:no hoja también el manejo a 100 % IL promedió el mejor cociente (0.9), y el mayor promedio fue obtenido por el manejo estacional (6.4); entre cortes, el octavo corte del manejo estacional fue el que obtuvo el mejor promedio (0), ya que en este corte el rendimiento sólo fue hoja.

Cuadro 3.- Cocientes de la relación hoja:tallo y hoja:no hoja por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) sometidos a diferentes manejos.

Relación hoja:tallo											
Manejos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
90 % IL	0.77 ± 0.19 a	1.92 ± 0.06 a	8.37 ± 1.6 a	30.96 ± 17.48 a	1.12 ± .010 a						8.61 A
95 %IL	0.66 ± .16 ab	2.38 ± 0.80 a	6.35 ± 2.88 ab	0.60 ± 0.06 b							2.50 B
100 % IL	0.45 ± 0.05 b	2.98 ± 1.70 a	0.56 ± 0.02 bc								1.33 B
Estacional	0.88 ± 0.09 a	3.93 ± 1.32 a	3.32 ± 0.81 c	18.40 ± 5.33 ab	36.94 ± 14.92 a	0	0	0	18.75 ± 10.24	3.94 ± 0.95	8.62 A
Media	0.70 B	2.77 B	4.65 b	16.67 A	19.04 A	0	0	0	18.75 A	3.918 B	

Relación hoja:no hoja											
Manejos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Media
90 % IL	0.58 ± 0.14 ab	1.49 ± 0.09 a	3.93 ± 0.77 ab	8.61 ± 2.70 a	0.90 ± 0.07 b						3.10 B
95 % IL	0.43 ± 0.07 bc	1.61 ± 0.21 a	4.39 ± 1.71 a	0.43 ± 0.03 b							1.72 B
100 % IL	0.31 ± 0.05 c	2.15 ± 1.04 a	0.40 ± 0.01 c								0.95 B
Estacional	0.72 ± 0.11 a	2.00 ± 0.62 a	2.04 ± 0.17 cb	8.22 ± 2.47 a	9.95 ± 2.92 a	10.16 ± 1.84	8.23 ± 6.84	0	18.75 ± 10.24	3.92 ± 0.95	6.40 A
Media	0.51 DE	1.81 DE	2.67 DE	5.75 BCD	5.43 BCD	10.16 B	8.23 BC	0	18.75 A	3.91 CDE	

±=error estándar IL= intercepción luminosa. Promedios con la misma letra no son diferentes estadísticamente (p<0.05). Letras minúsculas representa diferencias entre manejos, letras mayúsculas en vertical diferencias entre manejos, letras mayúsculas en horizontal diferencia entre cortes.

Los datos encontrados son superiores a los que reporta Cruz *et al.* (2011) y Echeverría *et al.* (2016) en los híbridos de *Urochloa* Mulato I e Ipypora, el máximo promedio fue de 7.2 (cortes cada 28 d) en época de lluvias para el pasto Mulato I, y 5.2 para el Ipypora en primavera; mientras que en el pasto Cobra se encontró valores de 36. En todos los pastos se presentaron cambios en la relación hoja:tallo debido a la variación entre los componentes de hoja y tallo, dicha variación causada por las condiciones climáticas del año. Es por ello, que cambios en la estructura de la planta lleva a la reducción de los componentes morfológicos (esencialmente hoja) y disminuye estas relaciones (Echeverría *et al.* 2016), lo cual quedo comprobado por los datos encontrados.

#### **7.6.- Dinámica de tallo**

En la Figura 13 se muestra la demografía poblacional de tallos (DPT) por manejo, además de estación del año y fecha de conteo. En las gráficas se observa el daño causado por la presencia del salivazo dentro de los primeros meses; el efecto de cortes frecuentes fue evitó que los manejos a 90 y 95 % IL y estacional fueran afectados por esta plaga. Sin embargo, el manejo a 100 % IL fue el más afectado, lo que disminuyó la población inicial de tallos y prolongó los días de descanso para el siguiente corte. Además, la primera fertilización no estimuló la generación de nuevos tallos sólo estimuló el alargamiento de tallo para floración, característica que se presentó en las estaciones de verano y otoño. La segunda dosis de fertilización junto con cortes frecuentes estimuló la aparición de tallos en los manejos en base a intercepción luminosa.

Se inició con un población promedio de  $638 \pm 314$  tallos  $m^2$ . En el mes de marzo los manejos basados en IL crearon la mayor cantidad de tallos en todo el período, 2048,1449 y 1271 tallos  $m^2$ , para los manejos 90, 95 y 100 % IL, respectivamente; para el manejo estacional la mayor cantidad de tallos fue en el mes de febrero (882 tallos  $m^2$ ).

En otoño se presentó la mayor cantidad de tallos creados debido a la presencia de humedad, a la segunda dosis de fertilización y a la frecuencia de cortes. A su vez, en primavera se generó la menor cantidad de tallos por la deficiencia de humedad. En el caso del manejo estacional la frecuencia de cortes repercutió en este fenómeno. Los tratamientos en base a intercepción luminosa presentaron el mismo patrón de aparición de tallos, mientras que el manejo estacional presentó un patrón uniforme en todo el período.

En estudios realizados con cultivares de *Urochloa*, se han encontrado diferentes comportamientos. Sbrissia et al. (2010) reportan medias de 1069, 978, 865 y 692 tallos m<sup>2</sup> en el pasto Brizantha (*Urochloa brizantha* cv brizantha) a las alturas de manejo de 10, 20, 30 y 40 cm, respectivamente. Estos datos son menores a los encontrados pero con el mismo patrón; pastos mantenidos altos reducen la DPT, como ocurre en las alturas de 30 y 40 cm en el trabajo de Sbrissia et al. (2010) y en el manejo a 100 % IL de este trabajo. En otro cultivar de porte rastrero (*Urochloa decumbens* cv Basilisk) manejado a dos intensidades (5 y 10 cm) y a dos frecuencias (95 y 100 % IL), Portela et al. (2011) encontraron datos similares a los del pasto Cobra, donde el manejo a intensidad de 10 cm y frecuencia de 100 % IL presentó la menor DPT en todas las estaciones del año. A su vez, la mayor DPT fue obtenida por el manejo más alto (5 cm y 95 % IL), datos justificados por las intensidades y frecuencias manejadas, donde las intensidades y frecuencias altas permitieron la entrada de luz a la base del dosel, lo que estimuló la creación de tallos, efecto contrario en intensidades y frecuencias bajas.

De igual forma en un trabajo similar al realizado, Filho et al. (2012) en pasto Brizantha manejado a dos frecuencias de pastoreo (25 cm equivalente a 95 % IL y 35 cm a 100 % IL), a la misma intensidad manejada en el pasto Cobra (15 cm), encontró el mismo comportamiento presentando en el pasto Cobra, donde la DPT inicial fue de 765 y 864 tallos m<sup>2</sup> para finalizar el experimento con 1471 y 1227 tallo m<sup>2</sup> para las frecuencias de 25 y 35 cm, respectivamente. Por otro lado, Luna et al. (2017) reportó DPT de 243 y 414 tallos m<sup>2</sup> para los cultivares Piata y MG5,

en respuesta a cortes cada 30 d a 20 cm, datos muy bajos a los encontrados en el pasto Cobra.

Existen factores intrínsecos, como lo es el genotipo de la especie, que afecta la DPT (de Carvalho *et al.* 2000) lo cual quedó mostrado con los diferentes resultados presentados anteriormente. Además de este factor, el manejo de frecuencia e intensidad de pastoreo tienen una función importante en la DPT, da Silva *et al.* (2008) explican que en pastoreos frecuentes e intensos, tanto en manejo rotacional como continuo, resultan en mayor renovación de tallos; ya que estimula la activación de las yemas axilares en la base del tallo por medio de la penetración de la radiación solar (Gastal y Lemaire, 2015), efecto notable en el manejo a 90 % IL, el cual obtuvo la mayor DPT de todos los manejos. Sin embargo, los cortes muy frecuentes como en el manejo estacional no produjeron el mismo efecto, ya que al ser cosechado más frecuentemente agotó las reservas de carbohidratos no estructurales (da Silva *et al.* 2015; Gastal y Lemaire, 2015) lo que causó la menor aparición de tallos a lo largo del período.

Los factores que mayor influencia presentaron en la demografía de tallos fue la estacionalidad (Matthew *et al.* 2000, da Silva *et al.* 2015) y la presencia de salivazo (de Carvalho *et al.* 2000), las cuales aumentaron la muerte de los mismos. En primavera, la muerte y la disminución en la aparición de tallos fue por el efecto combinado de elevadas temperaturas y baja humedad en el suelo (Matthew *et al.* 2013). Por otro lado, la floración (Matthew *et al.* 2013) no tuvo efecto en la demografía aun cuando se presentó en dos estaciones, como es característico en especies templadas (Hernández *et al.* 1997; Stivani *et al.* 2014).

A pesar de las fluctuaciones en la DPT bajo los diferentes manejos, esto no indica la evidencia de degradación en la pradera, sino el mecanismo por el cual la pradera optimiza la intercepción de luz en base al manejo al cual es sometida, según lo explica Matthew *et al.* (2013), es así, que se pueden obtener producciones aceptables aun con bajas densidades de tallos (Sbrissia *et al.* 2010).

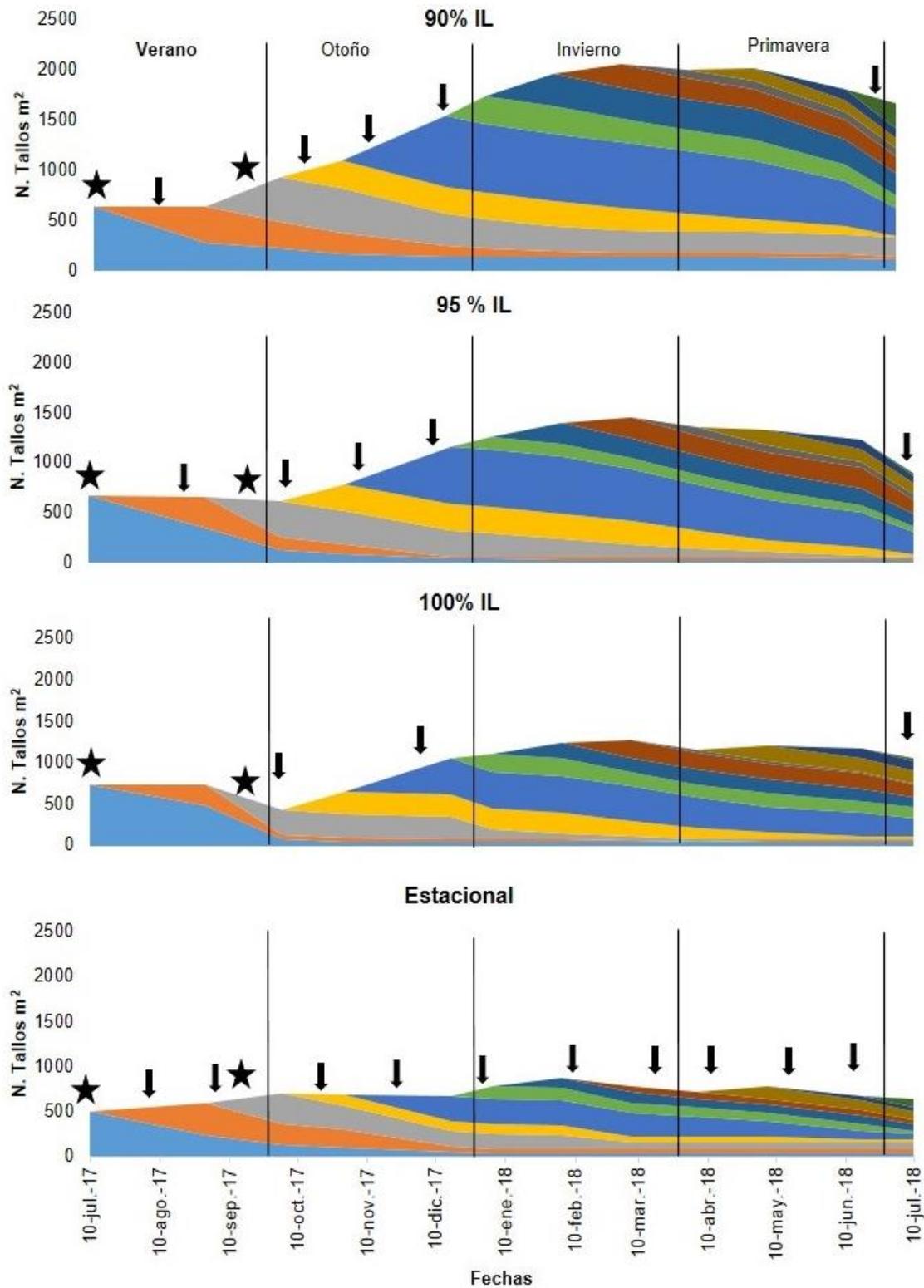


Figura 13.-Demografía mensual de tallos del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) a diferentes estrategias de manejo. ★Fertilización ▾ Cortes.

### **7.7.- Peso de tallo**

Se encontró efecto de manejo ( $p < 0.0001$ ) e interacción corte por manejo ( $p < 0.0001$ ). Los manejos a 90 y 100 % IL obtuvieron el mayor peso de tallo 1.44 g, mientras que el menor peso de tallo promedio fue para el manejo estacional 0.59 g. Entre cortes, el menor peso lo obtuvo el manejo estacional en cortes cada 28 d, en los cortes sexto, séptimo y octavo (0.49 g), mientras que el mayor peso de tallo por corte fue encontrado en el primer corte (1.19 g). Es así, que los manejos con mayor altura obtuvieron los pesos mayores que los manejos mantenidos a menor altura.

El cambio de peso promedio de tallo en los diferentes manejos es atribuido a la MS de tallo entre cortes y a la frecuencia de cortes. En los meses lluviosos se produjeron mayores cantidades de MS de este componente morfológico. Esto se debió a la elongación de tallos para floración (datos presentados anteriormente), efecto que se observa en los tratamientos a 90 y 95 % IL (Cuadro 4) por la disminución drástica en el peso promedio de tallo. El efecto de frecuencia de corte, se observa en el manejo estacional donde el peso del tallo fue menor en todos los cortes no superando el gramo de peso.

Cuadro 4.- Peso promedio de tallo (g) por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) a los diferentes manejos.

Manejos	Peso de tallo (g)										Promedio	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
90 %	1.02 ± 0.15 b	1.08 ± 0.08 b	0.66 ± 0.03 b	0.54 ± 0.02 b	1.03 ± 0.09 a							0.86 B
95 %	1.51 ± 0.25 a	1.24 ± 0.13 b	0.80 ± 0.18 b	2.20 ± 0.40 a								1.44 A
100 %	1.29 ± 0.15 ab	1.63 ± 0.24 a	1.51 ± 0.24 a									1.44 A
Estacional	0.94 ± 0.15 b	0.46 ± 0.05 c	0.78 ± 0.10 b	0.55 ± 0.04 b	0.53 ± 0.08 b	0.49 ± 0.06	0.49 ± 0.03	0.49 ± 0.01	0.66 ± 0.05	0.48 ± 0.03		0.59 C
Promedio	1.19 A	1.10 A	0.94 AB	1.10 A	0.78 BC	0.49 C	0.49 C	0.49 C	0.66 BC	0.48 C		

±=error estándar IL= intercepción luminosa. Promedios con la misma letra no son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas representa diferencias entre manejos, letras mayúsculas en vertical diferencias entre manejos, letras mayúsculas en horizontal diferencia entre cortes.

Estos datos difieren con los reportados por Santos *et al.* (2006), quienes evaluaron al pasto Tanzania (*Megathyrsus maximus* cv Tanzania) a tres niveles de intensidad de pastoreo, encontrando pesos promedio entre 0.83 g y 5.29 g, datos mayores a los obtenidos en este trabajo. Sbrissia *et al.*, (2001) en pasto Bermuda (*Cynodon dactylon* cv Coastcross) reportan pesos promedios de tallos de 0.015, 0.033, 0.041 y 0.065 g, en manejos mantenidos a 5, 10, 15 y 20 cm de altura, respectivamente, datos que son muy inferiores a los encontrados en el pasto Cobra. Sin embargo, dicha diferencia entre pesos promedio es debido al tamaño diferente de las especies, el *Megathyrsus spp.* es de porte erecto y mayor altura, por lo que sus tallos son más pesados que las especies *Urochloa spp.* y *Cynodon spp.*

Sbrissia y da Silva (2008) encontraron diferencias de pesos promedios de 0.38, 0.68, 1.04 y 1,02 g en praderas mantenidas a 10, 20, 30 y 40 cm, respectivamente, de pasto Brizantha (*Urochloa brizantha* cv Brizantha). Estos datos son similares a los encontrados en el pasto Cobra, siguiendo el mismo patrón que a mayor altura de pradera los tallos son más pesados.

La variable peso de tallo está relacionado a la ley de tallo/densidad enunciada por Yoda *et al.* (1963). Esta ley menciona que, dentro de una población de plantas, al aumentar la densidad de tallos estos serán de menor peso; por el contrario, en densidades menores de tallo el peso promedio de tallo será mayor. Dicha condición es atribuida a la competencia de recursos entre tallos (Chapman y Lemaire, 1993). El principal nutriente por el que compiten las plantas es la radiación solar, por lo cual, las plantas tratan de captar la mayor cantidad de radiación posible explorando estratos más altos que las demás plantas, consecuencia que lleva a la elongación del tallo. Seguido a este efecto, praderas mantenidas a alturas altas presentan densidades bajas de tallo con peso de tallo mayores. Esto se atribuye a la falta de luz en la base del tallo; ya que, la mayor cantidad de radiación es absorbida por las hojas en estratos superiores, lo que no permite la entrada de la radiación para el estímulo de las yemas basales y de esta forma aumentar la formación de tallo (da Silva *et al.* 2007). Tal efecto se presentó en el manejo a 100 % IL que registró los mayores pesos promedios de tallo en todos sus cortes.

Mientras tanto, en praderas mantenidas a alturas bajas, o que son frecuentemente defoliadas, el peso promedio de tallo es menor con aumento en la densidad de tallo, patrón observado en el manejo a 90 % IL, manejo que presentó la mayor densidad de tallos y peso promedio de tallo bajo con respecto al manejo de 100 % IL. Tal comportamiento no ocurrió en el manejo estacional, pues la defoliación muy frecuente repercutió severamente en el peso y densidad de tallo, ya que los valores de esta variable fueron los más bajos con respecto a los manejos a intercepción luminosa.

### 7.8.- Densidad de plantas

No se encontró efecto de estación del año ( $p > 0.0016$ ), manejo ( $p > 0.0070$ ) e interacción estación por manejo (0.9899). Los manejos que recibieron cortes frecuentes obtuvieron las densidades mayores de plantas, el manejo a 90 % IL y el manejo estacional con un promedio de 42 plantas, mientras que el manejo con menor densidad fue el de 100 % IL (36 plantas). En cuanto a estación del año, la mayor densidad promedio de plantas se obtuvo en invierno y la menor en verano y otoño (Cuadro 5). Se observa efecto de estación en primavera, por la reducción de plantas en todos los manejos, debido a la poca precipitación registrada en esos meses. En verano y otoño, las bajas densidades promedio de plantas son atribuidas a la excesiva lluvia y a la presencia de salivazo en los meses que comprenden esas estaciones.

Cuadro 5.- Densidad de plantas (plantas m<sup>-2</sup>) estacional en diferentes manejos del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra).

Manejo	Verano	Otoño	Invierno	Primavera	Promedio
90 % IL	41 ± 2.33 a	38 ± 2.75 a	47 ± 2.26 a	36 ± 2.60 a	42 A
95 % IL	36 ± 2.33 ab	38 ± 2.75 a	45 ± 2.26 a	38 ± 2.60 a	39 AB
100 % IL	36 ± 2.33 b	33 ± 2.75 a	43 ± 2.26 a	34 ± 2.60 a	36 B
Estacional	39 ± 2.33 ab	40 ± 2.75 a	47 ± 2.26 a	42 ± 2.60 a	42 B
Promedio	37 B	37 B	45 A	38 B	

±=error estándar, IL= intercepción luminosa, promedios con la misma letra no son diferentes estadísticamente ( $p < 0.05$ ). Letras minúsculas representa diferencias entre manejos entre estaciones, letras mayúsculas en horizontal diferencias entre estaciones, letras mayúsculas en vertical diferencia entre manejos.

A pesar de eso, los datos encontrados están dentro de los valores encontrados por otros investigadores, al respecto en un trabajo realizado en Mozambique por

Miranda *et al.* (2015) quienes reportan densidades de planta en diferentes cultivares de *Urochloa spp.* con valores de 34, 148, 320 y 1359 plantas $m^{-2}$  para los cultivares de Piata, MG5, Ruzizensis y Tupi, respectivamente. De igual forma, Queiroz *et al.* (2011) mencionan que una densidad de 10 a 20 plantas  $m^{-2}$  son aceptables en praderas establecidas de gramíneas tropicales, rango que fue superado por todos los manejos.

Dentro de las características del pasto Cobra resalta la resistencia a sequía (Papalotla, 2018), esto hace que el pasto produzca mucha MS de raíz para explorar horizontes inferiores en busca de agua (Carmona *et al.* 2003) y poder sobrevivir a la temporada de déficit. Por otro lado, el exceso de agua provoca anoxia en los pastos no adaptados, al cubrir todos los espacios del suelo y no permitir el intercambio gaseoso en las raíces (Enríquez *et al.* 2015). Esto explica las bajas densidades en las estaciones de mayor precipitación, así como también, la presencia de salivazo afecta el número de plantas (Enríquez *et al.* 2011), el efecto combinado de ambos repercutió en esta variable.

Otra razón por la cual se atribuye las densidades de plantas bajas, es por la competencia interespecífica de plantas. Lemaire, (2001) explica la competencia entre plantas como la interacción entre plantas individuales inducida por la necesidad de adquirir recursos limitantes, permitiendo la reducción del número de sobrevivientes y/o una disminución en su crecimiento. Esta competencia se lleva a cabo principalmente debajo del suelo (Zanine y Santos; 2004), es allí, donde se haya la mayor cantidad de nutrientes esenciales utilizados por la planta para crear material vegetativo, como son el agua y 20 minerales esenciales. Por tanto, al disminuir estos compuestos se crea un ambiente de competencia, donde las plantas dominantes son las que adquieren la mayor cantidad de nutrientes, consecuentemente, son las que presentan un rebrote vigoroso, lo que causa reducción o muerte de plantas vecinas (Lemaire, 2001). Esto explica los cambios de las densidades de plantas dentro de las diferentes estaciones del año, a pesar de ello, la densidad de plantas se mantuvo constante en todos los manejos, lo que demuestra buena capacidad de persistencia de esta especie.

## 7.9.- Altura

Hubo efecto de manejo ( $p < 0.0001$ ), corte ( $p < 0.0001$ ) e interacción corte por manejo ( $p < 0.0001$ ). La mayor altura promedio la alcanzó el manejo a 100 % IL con 83 cm, mientras que la menor altura promedio fue registrada en el manejo estacional, 34 cm. Entre cortes, la mayor altura promedio se registró en el primer corte (70 cm), al paso de los cortes fue disminuyendo la altura hasta alcanzar 19 cm, dato observado en el octavo corte del manejo estacional (Figura 14).

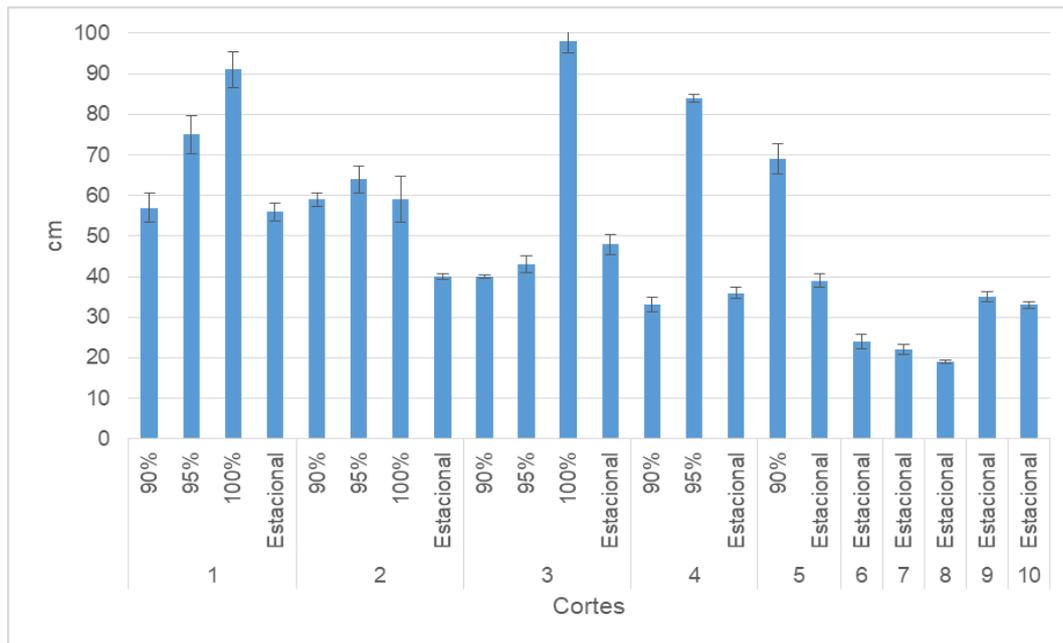


Figura 14.- Altura promedio (cm) por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) a diferentes manejos.

La altura estuvo influenciada por el alargamiento del tallo; cuando el tallo tenía disponibilidad de nutrientes y condiciones climáticas favorables, como temperatura y humedad, la altura de la planta fue mayor. En medida que la humedad del suelo disminuyó, el largo del tallo también lo hizo, lo que provocó las menores alturas. Además, el efecto de frecuencia de cortes no permitió que la planta elongara el tallo causando alturas bajas, como se observa en el manejo estacional.

Una de las herramientas confiables y de mayor precisión es la altura medida a través de la regla graduada (Castro *et al.* 2011). Así, en trabajos realizados con IL la altura en centímetros ha sido altamente correlacionada al momento óptimo, en el cual, el pasto alcanza su mayor producción y calidad (95 % IL), esta variable mostró constancia a lo largo de las estaciones del año, manejo de alturas residuales y

estadio fisiológico de la planta (da Silva y Júnior, 2006). Esto facilita el manejo de los pastos sin tener que utilizar equipo especial para la medición de la IL.

En el pasto Mombaza (*Megathyrus maximus* cv Mombaza) Carnevalli *et al.* (2006) encontraron que a la altura de 90 cm el pasto alcanza el 95 % IL; en Tanzania (*Megathyrus maximus* cv Tanzania) se encontró el 95 % IL a una altura de 70 cm (Barbosa *et al.* 2007); en otras especies como *Cynodon*, Santos and Viera (2012) recomienda usar los pastos *Cynodon dactylon* cv Tifton 85 y *Cynodon dactylon* cv Coastcross a alturas de 25 y 30 cm respectivamente. Pedreira *et al.* (2007) reporta que a 30 cm el pasto *Urochloa brizantha* cv Xaraes alcanza el porcentaje IL deseado.

En lo que respecta a este trabajo, no se encontró la altura ideal para el manejo en condición a 95 % IL debido por las variaciones extremas que presentó el pasto, lo que difiere de los trabajos presentados, donde la causa principal es la falta de adaptación al pasto antes de comenzar el experimento, por lo que se requiere de más tiempo de evaluación para definir la altura ideal de manejo,

#### **7.10.- Análisis químico proximal**

Se encontró efecto de corte ( $p < 0.0001$ ) e interacción corte por manejo ( $p < 0.0001$ ) en las variables FDN y lignina, en FDA hubo efecto de manejo ( $p < 0.0001$ ), corte e interacción corte por manejo ( $p < 0.0001$ ), para PC sólo hubo efecto de corte ( $p < 0.0001$ ) y en Cenizas se encontró efecto de corte ( $p < 0.0001$ ) e interacción corte por manejo ( $p < 0.0001$ ).

Los datos encontrados de las diferentes variables muestran variación en todos los cortes, los cuales se muestran en la Figura 15. En lo que respecta a la variable de fibra insoluble en detergente neutro, los mayores valores fueron encontrados en los manejos a 95 y 100 % IL (65 y 64 %, respectivamente) y el menor en el manejo estacional (58 %), entre cortes el noveno corte del tratamiento estacional fue el menor con 45 % de FDN. Para la fibra insoluble en detergente ácido, el mejor promedio lo obtuvo el manejo a 100 % IL con 39 %, de igual forma que la FDN el menor promedio fue encontrado en el manejo estacional (58 %). A su vez los mejores resultados por corte fueron obtenidos en el séptimo y octavo corte del manejo estacional.

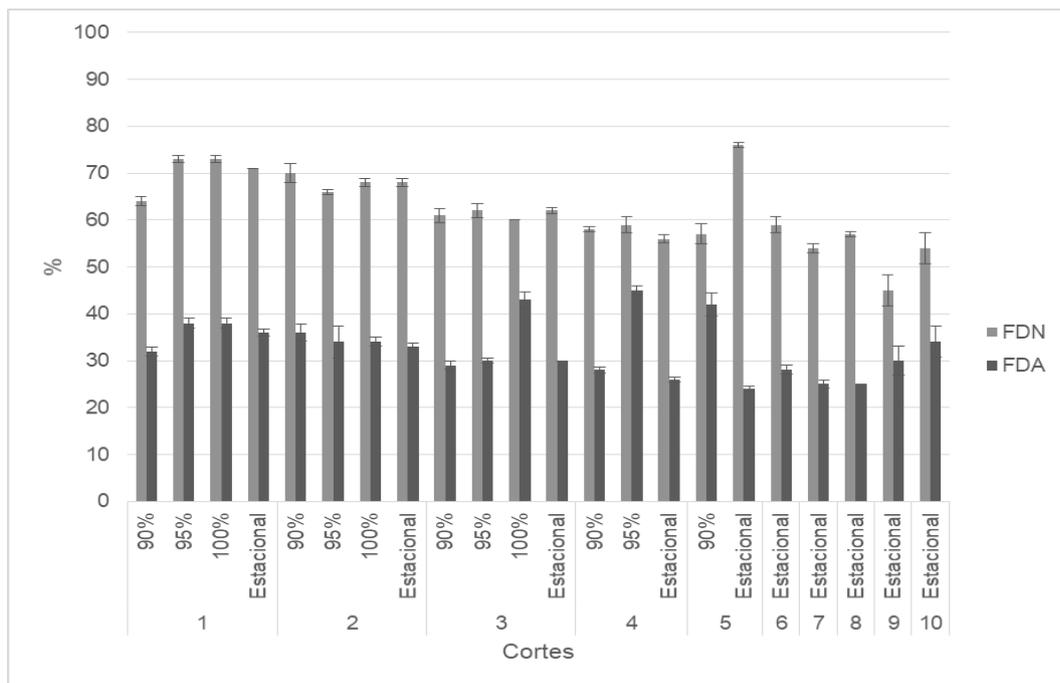


Figura 15.- Porcentajes promedio de FDN y FDA por cortes en el pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) sometido a diferentes manejos.

En las variables PC, cenizas y lignina los resultados presentaron variación en los manejos (Figura 16), el mayor promedio de proteína fue encontrado en el manejo estacional con 7 % y el menor en el manejo a 100 % IL con 4 %. En Lignina, los manejos a intercepción luminosa promediaron 5 % y el manejo estacional 4 %. Para cenizas los manejos a 90 % IL y estacional alcanzaron promedios de 11 % y los manejos a 95 y 100 % IL registraron 10 %. La variación en los promedios de las variables es efecto de los días de descanso, los componentes del rendimiento y de estacionalidad. Los días de descanso en todos los manejos fueron mayores a 28 d, lo que indica madurez del pasto, por lo cual, la calidad del pasto disminuyó. En los manejos a intercepción luminosa la presencia de inflorescencia siempre fue parte del rendimiento, lo que disminuyó los valores de FND, FDA y PC, mientras que para lignina este componente la aumentó. De igual forma, ocurrió con el tallo, en los cortes donde no hubo presencia de tallo los valores para todas las variables mejoraron (octavo corte del manejo estacional).

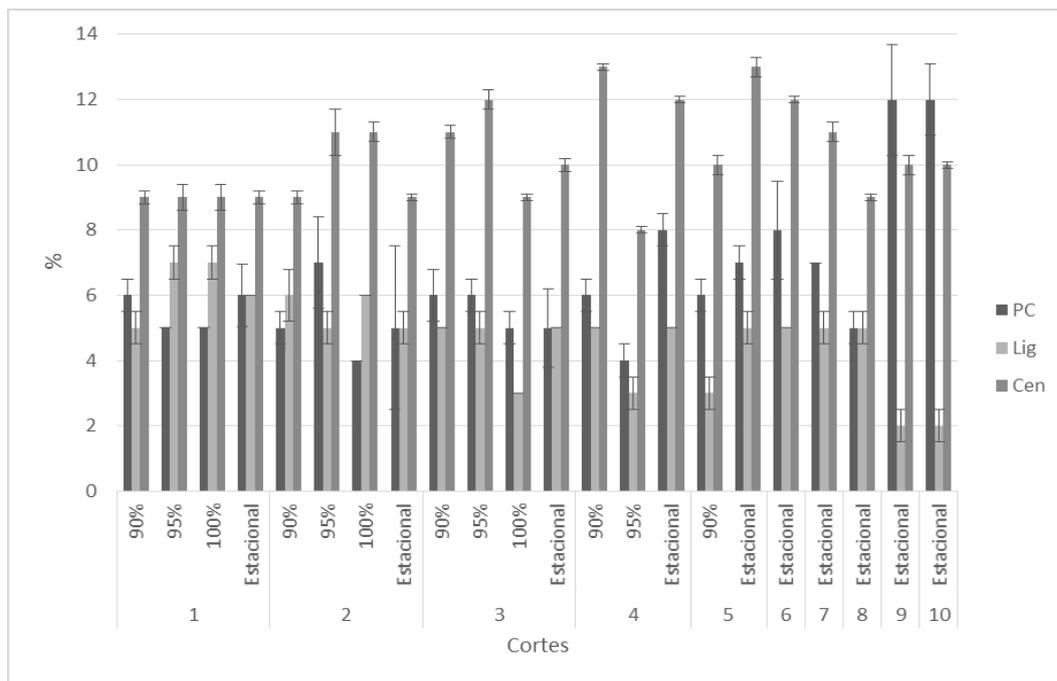


Figura 17.- Porcentajes promedio de PC, lignina y cenizas por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) a diferentes manejos.

Los datos encontrados en FDA, PC y cenizas difieren a los reportados por Canchila *et al.* (2009) al evaluar diversas accesiones del género *Urochloa*. Las variables fluctuaron entre 44 y 51 % para FDA, 5.8 y 7.5 % en PC y de 5.5 a 9 % en Cenizas. Los valores de FDA son altos, mientras que para PC son similares y para Cenizas son menores a los encontrados en el pasto Cobra. Sin embargo, en este trabajo no explica el manejo al cual fueron sometidas las accesiones, factor que tiene influencia en la calidad de los pastos. Por otro lado, Difante *et al.* (2009) reportan valores similares a los encontrados en el pasto Tanzania (*Megathyrus maximus* cv Tanzania) a dos intensidades 25 y 50 cm y a una frecuencia de 95 % IL, el manejo a 95 % IL y 50 cm presentó los mejores valores para las variables PC, FDN y Lignina con 6.7, 79 y 5 %, respectivamente. En este mismo trabajo, se presenta la diferencia nutritiva entre componentes morfológicos, donde en los estratos bajos de la planta, la hoja, el tallo y el MM presentaron baja calidad nutritiva en comparación a estratos superiores. Por ello, se puede modificar la ingesta de nutrientes al variar el manejo de las intensidades de cosecha.

En un trabajo con Mulato I (*Urochloa* híbrido cv Mulato) Cruz *et al.* (2017) reportan valores de proteína de 92, 95 y 88 g kg<sup>-1</sup> MS, para FDN reportan 630, 602 y 522 g kg<sup>-1</sup> Ms y para FDA de 320, 314 y 405 g kg<sup>-1</sup> MS, en las épocas de nortes, seca y

lluvias, respectivamente, bajo un manejo de 15 cm de intensidad y 28 d de frecuencia. Estos datos no corresponden a los encontrados al actual experimento, donde la variación de los datos en el pasto Cobra fue por los componentes morfológicos, mientras que la variación en los datos de Cruz *et al.* (2017) son adjudicados al efecto de época y a la falta de fertilización en todo el experimento. Cabe señalar que los datos en Mulato I fueron obtenidos de las hojas, mientras que en este experimento se utilizaron todos los componentes morfológicos de la planta. A su vez, Rojas *et al.* (2018) reportan datos superiores a los encontrados en este mismo cultivar al trabajarlo en curva de crecimiento a dos intensidades de 10 y 15 cm. Ellos encontraron 19, 21, 14, 10 y 7 % de PC, 47, 57, 59, 63 y 68 % de FDN y 22, 27, 28, 31 y 32 % de FDA en hoja a los 7, 21, 35, 49 y 63 d de crecimiento a intensidad de 15 cm, con lo que se puede especular que muestra buena calidad nutritiva. Sin embargo, los datos del presente trabajo difieren, pues se utilizaron todos los componentes de la planta, donde la inflorescencia, tallo y MM disminuyen el contenido de nutrientes a pesar de que la hoja tenga buen contenido de PC, FDN y FDA.

Los datos obtenidos en la variable PC en los manejos en base a intercepción luminosa no lograron llegar al valor mínimo (8 % PC) para generar actividad óptima microbiana en el rumen (Juárez *et al.* 2009), Miles *et al.* (2004) mencionan que en el género *Urochloa* el contenido de proteína generalmente es bajo, lo que corrobora los datos encontrados. Sin embargo, se puede realizar mejoras en la pradera para incrementar la cantidad de PC en dicha especie, como la adición de N a la pradera, manejar el pastoreo a edades más jóvenes del pasto o la introducción de una asociación leguminosa-gramínea. A su vez, Costa *et al.* (2007) concluyen que al aumentar los intervalos de cortes se aumentan los valores de FDN y FDA, mientras que para PC se presenta un efecto inverso. Tales enunciados fueron observados en el presente trabajo.

Gran parte de los déficits obtenidos en los sistemas de producción tropicales son atribuidos a la variación en la producción de forraje durante el año y a la baja calidad de nutrientes en ellos presentes. La razón a la que se atribuye la baja calidad del forraje es a la variación de los componentes morfológicos (Moreira *et al.* 2004). Como es bien sabido, la hoja es el componente morfológico más nutritivo de la planta; sin embargo, este componente varía con respecto al manejo al cual es

sometida la pradera. En datos recabados por da Silva y Júnior (2007) en diferentes especies de pastos, muestran la relación entre la altura de la pradera y la ganancia de peso de los animales. Manejos específicos de altura pueden generar mayor ganancia diaria de peso, atribuido a la cantidad de nutrientes presentes en los pastos, a su vez, el aumento en la calidad de la dieta cosechada por los animales por la acumulación de hojas. Por lo cual, un correcto manejo de la pradera producirá mayor consumo de nutrientes mejorando el proceso productivo de los sistemas de producción tropical.

**7.11.- Digestibilidad *in vitro***

Se encontró efecto de corte ( $p < 0.0001$ ) e interacción corte por manejo ( $p < 0.0001$ ) en la DIV. Los manejos con el mejor promedio lo obtuvieron el manejo a 90 % IL y el manejo estacional con 52 % de digestibilidad; a su vez, los cortes noveno y décimo del manejo estacional (28 d) fueron los que registraron altos porcentajes de digestibilidad (Figura 17).

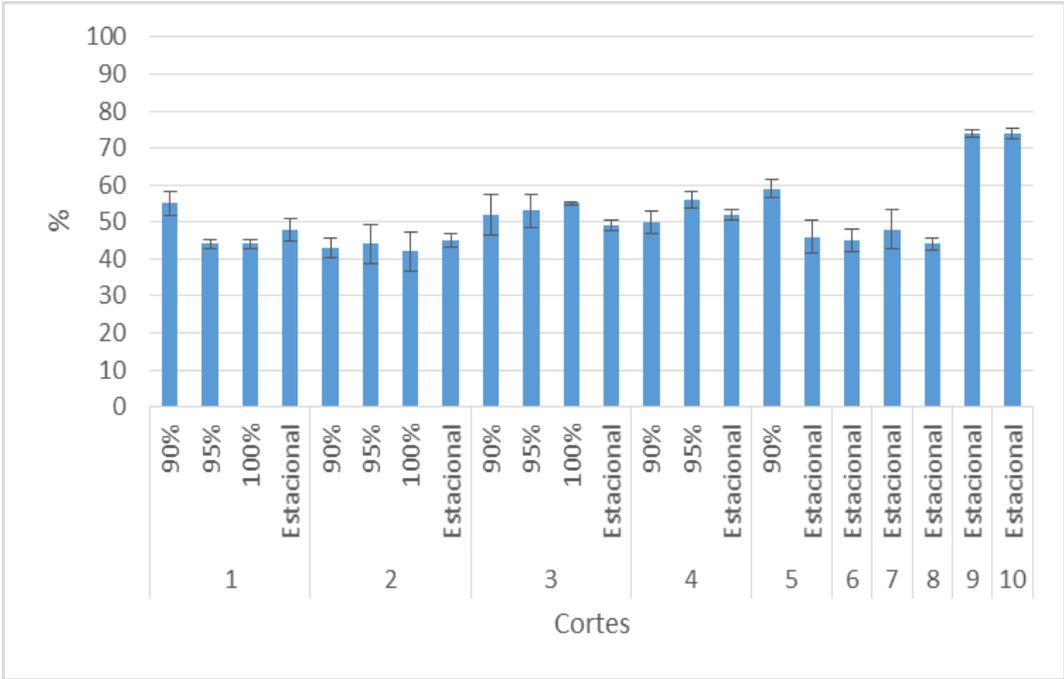


Figura 17.- Porcentajes promedio de digestibilidad *in vitro* por cortes del pasto Cobra (*Urochloa* híbrido cv Cobra) sometido a diferentes manejos.

La variación en los porcentajes encontrados es explicada por la cantidad de componentes morfológicos presentes en el rendimiento de los manejos, el cual presentó variación entre manejos y cortes en este trabajo. Moreira *et al.* (2004)

reportan variación de los porcentajes de digestibilidad entre estaciones del año en el pasto Estrella de África (*Cynodon plectostachyus* Pilger). Ellos encontraron en verano que la digestibilidad se comportó de manera lineal con reducción al final de la estación, mientras que en invierno, el comportamiento fue cuadrático. Dichos datos son resultados de los cambios en los componentes morfológicos del rendimiento, principalmente, la hoja.

Difante *et al.* (2009) al trabajar con pasto Tanzania a dos intensidades sin variar la frecuencia de pastoreo (95 % IL) encontraron datos inferiores a los mostrados en este experimento. En el manejo a 95 % IL y 25 cm de altura residual el pasto presentó digestibilidad de 37 %, mientras que al 95 % IL y 50 cm de altura, la digestibilidad aumentó a 42 %. El autor atribuyó este comportamiento al efecto de los manejos, ya que en la intensidad alta (25 cm) se encontraron cantidades mayores de tallo y MM, componentes con baja digestibilidad (por la mayor cantidad componentes fibrosos), lo que disminuyó la calidad; mientras que, en la intensidad baja, el rendimiento tuvo mayor proporción de hoja y menor proporción de tallo. Diferencias de digestibilidad entre cultivares de *Urochloa* son presentadas por Balseca *et al.* (2015) quienes al evaluar la calidad nutritiva de los cultivares MG5, Mulato II y Piata reportan porcentajes de digestibilidad *In situ* de 64, 62 y 61 %, respectivamente, al ser cosechados cada 42 d. A pesar de la edad de corte al cual fueron sometidos los cultivares, los valores reportados son mayores a los encontrados en el pasto Cobra.

Fondevila (1998) explica que el proceso de digestibilidad de alimentos fibrosos está influenciada por la naturaleza de la pared celular, por la población microbiana implicada y a las condiciones ambientales del rumen. En lo que se refiere a la pared celular, existen diferencias entre especies forrajeras, C3 y C4 (Fondevila, 1998) y entre la anatomía de los componentes morfológicos (Mauri *et al.* 2015). Una manera rápida de conocer el grado de digestibilidad de un forraje es a través de la fibra insoluble en detergente neutro y detergente ácido (Van Soest, 1994). La FDN divide la MS en constituyentes solubles y nutricionalmente disponibles, de aquellos que son aprovechables de manera incompleta y dependen de la fermentación microbiana (celulosa, hemicelulosa, lignina). A su vez, la FDA disuelve todo el contenido celular, además de la hemicelulosa, por lo que el residuo insoluble está conformado por celulosa, lignina y en menor grado sílice.

En relación a lo anterior, se sabe que existe una relación estrecha entre estas dos variables y el consumo voluntario; valores por arriba de 55 y 60 % en FDN y 55 % en FDA afectarán el consumo de forma negativa (Costa *et al.* 2007). Esto se explica, porque al aumentar los componentes indigestibles en la dieta estos tardarán en desaparecer, lo que disminuye la velocidad de paso y absorción por el tracto digestivo (Tarazona *et al.* 2012), por lo cual, un valor por arriba del 66 % de digestibilidad aumenta el consumo voluntario (Mejía, 2002).

Los valores presentados en este trabajo estuvieron por debajo de los rangos estipulados; sin embargo, dentro de los factores que influyen en el consumo de forrajes en pastoreo la cantidad de forraje disponible es de mayor importancia que la calidad (Mejía, 2002; Tarazona *et al.* 2012). Es por ello, que los sistemas de producción tropical deben enfocarse a mantener producciones constantes de forraje durante el año, por medio del manejo de la estructura de la pradera (Tarazona *et al.* 2012) para asegurar el suministro de nutrientes a los animales y aprovechar eficientemente los recursos naturales.

## **8.- CONCLUSIÓN**

El mayor rendimiento de forraje fue encontrado en el manejo a 100 % IL; sin embargo, en lo que respecta a los componentes morfológicos y la relación hoja:tallo presentó valores inferiores en comparación de los otros manejos; a su vez, fue el manejo que más tallo e inflorescencia produjo. A pesar de los cortes más frecuentes en el manejo estacional no dio muestra de sobrepastreo, ya que el pasto no fue desplazado por plantas invasoras. No se pudo caracterizar el pasto a la condición de 95 % IL debido a la variación en las aturas de cortes. En cuanto a la calidad nutricional, los mejores datos del pasto fueron obtenidos en el manejo estacional a cortes cada 28 d.

Por lo anterior, no se rechaza la hipótesis planteada, ya que el pasto Cobra manejado a diferentes niveles intercepciones luminosa presentó rendimientos mayores al manejo estacional; sin embargo, la mejor calidad nutritiva fue obtenida por el manejo estacional. Por los datos obtenidos, el pasto Cobra muestra buen desempeño agronómico en campo. Las causas por las cuales no se obtuvo el resultado esperado son debidas a la falta de cortes previos para adaptar el pasto a los manejos establecidos y a la distancia entre surcos al cual fue establecida la pradera. Por lo cual, se recomienda seguir las consideraciones antes mencionadas en los próximos experimentos para obtener mejores resultados.

## 9.- LITERATURA CONSULTADA

- A.O.A.C. 1964. Official and Tentative Methods of the American Oil Chemists Society 12nd ed., Chicago, U.S.A.
- Ankom Technology. 2018. Disponible en <https://www.ankom.com/product-catalog/ankom-200-fiber-analyzer>
- Ankom Technology. 2018. Disponible en <https://www.ankom.com/product-catalog/daisy-incubator>
- Argel, P. J. 2006. Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas de doble propósito. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 14:65-62.
- Balseca D., G., E. G. Cienfuegos, H. B. López, H. P. Guevara y J. C. Martínez. 2015. Nutritional value of Brachiarias and forage legumes in the humid tropics of Ecuador. Cie. Inv. Agr. 42:11-12.
- Barbosa A., R., D. do N. Júnior, V. P. B. Euclides, S. C. da Silva, A. H. Zimmer y R. A. de A. T. Júnior. 2007. Capim-tanzânia submetido a combinações entre intensidade e frequência de pastejo. Pes. Agrop. Bras.42:329-340.
- Black C. y Ong C. 2000. Utilisation of light and water in tropical agriculture. Agri. For. Meteo. 104:25-47.
- Botrel M., de A., M. J. Alvim, R. de P. Ferreira y D. F. Xavier. 2002. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitude elevada. Pes. Agrop. Bras. 37:393-398.
- Brunetti H. B., L. D. R. Carvalho, M. B. Chiavegato y S. C. da Silva. 2016. Sward structure, light interception and herbage accumulation in forage peanut cv. Belmonte subjected to strategies of intermittent grazing management. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 38:395-404.
- Calvano M., P., C., A., V. P. B. Euclides, D. B. Montagner, B. Lempp, G. dos S. Difante, R. S. Flores y S. Galbeiro. 2011. Tillering and forage accumulation in Marandu grass under different grazing intensities. Rev. Cer. 58:781-789.
- Canchila E., R., M. Soca y F. Ojeda. 2009. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp.. Pas. For. 32:1-9.
- Cano C., C., P., U. Cecato, M. W. do Canto, A. B. Rodrigues, C. C. Jobim, A. M. Rodrigues, S. Galbeiro y W. G. do Nascimento. 2004. Produção de forragem do capim-Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia-1) pastejado em diferentes alturas. Rev. Bras. Zoot. 33:1949-1958.
- Carmona M., I., C. Trejo L., P. Ramírez V., G. García de los S. y C. Becerril Pérez. 2003. Resistencia a sequía de *Brachiaria* spp. I. Aspectos fisiológicos. Rev. Fitotec. Mex. 26: 153-159.
- Carnevalli R., A., S. C. da Silva, A. A. O. Bueno, M. C. Uebele, F. O. Bueno, J. Hodgson, G. N. Silva y J. P. G. Morais. 2006. Herbage production and grazing

- losses in *Panicum maximum* cv. Mombaça under four grazing managements. Trop. Grass. 40:165-176.
- Carvalho de F., P., C., H. M. N. R. Filho, C. H. E. Poli, A. de Moraes y R. Delagarde. 2001. Importancia da estrutura da pastagem n ingestao e selecao de dietas pelo animal em pastejo. In: Memorias de XXXVIII Reuniao anual da sociedade brasileira de zootecnia, Piracicaba, 2001. pp:853-871.
- Castro R., R., A. Hernández G., G. Aguilar B. y O. Ramírez R. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento e forraje en praderas asociadas. Nat. Des. 9:38-46.
- Chapman F., D. y G. Lemaire. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. In: Mmemorias de XVII International Grassland Congress. pp:35-104.
- CONAGUA. 2018. Disponible en <https://www.gob.mx/conagua>
- Costa de P., K., A., I. P. de Oliveira, V. Faquin. B. P. das Neves, C. Rodrigues y F. de M. T. Sampaio. Intervalo de coter na produção de massa seca e composição. Químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv MG5. Cienc. Agrotec. 31:1197-1202.
- Costa N., de L., C. R. Townsend, J. A. Magalhaes y R. G. de A. Pereira. 1997. Resposta de pastagens degradadas de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu à fontes e doses de fósforo, Embrapa. 138:1-5.
- Costa N., de L., J. A. Magalhaes, C. R. Townsend y V. T. Paulino. 2004. Fisiologia e manejo de plantas forrageiras. In: Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia. Porto Velho: Embrapa Rondônia. pp:9-30.
- Cruz H., A., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., A. Gómez V., E. Ortega J. y N. M. Maldonado G. 2011. Producción de forraje y composición morfológica del pasto Mulato (*Brachiaria* híbrido 36061) sometido a diferentes regímenes de pastoreo. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2:429-443.
- Cruz L., P., I., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., S. I. Mendoza P., A. R. Quero C. y B. M. Joaquín T. Desempeño agronómico de *Brachiaria humidicola* (Rendle) chweickt en el trópico húmedo de México. Rev. Fitotec. Mex. 34:123-131.
- Cruz-Hernández A., A. Hernández-Garay, E. M. Aranda-Ibáñez, A. J. Chay-Canul, C. Márquez-Quiroz, A. R. Rojas-García y A. Gomez-Vázquez. 2017. Nutritive value of Mulato grass under dierent grazing strategies. Ecos. Rec. Agrop. 4:65-72.
- da Costa D., C., C., J. de S. Bispo, G. M. de Oliveira, F. Angelotti y B. F. Dantas. 2017. Emergência e crescimento inicial de *Amburana cearensis* sob aumento da temperatura e dióxido de carbono. Jour. Envi. Analy. And Prog. 2:212-219.
- da Silva C. S., A. F. Sbrissia y L. E. T. Pereira. 2015. Ecophysiology of C4 Forage Grasses—Understanding Plant Growth for Optimising Their Use and Management. Agriculture. 5:598-625.

- da Silva C., S. y D. do N. Júnior. 2006. Sistema de produção de pastagens. *In: Memoria de II Congreso Latino-Americano de Nutrição Animal*. 10-13 de abril de 2006. Sao Paulo, Brasil. pp:1-31.
- da Silva C., S., D. do N. Júnior, A. F. Sbrissia y L. E. T. Pereira. 2007. Dinâmica de população de plantas forrageiras em pastagens. *In: Memorias IV Simposio sobre manejo estragetigo da pastagem e II Simposio Internacional sobre produção animal em pastejo*. Brasil. pp:75-100.
- da Silva C., S. y D. do N. Júnior. 2007. Avancos na pesquisa com plantas forrageiras tropicais em pastagens: características morfofisiológicas e manejo do pastejo. *Rev. Bras. Zoot.* 36:121-138.
- de Almeida R., V., R. 2014. Uso da interceptacao luminosa no pastejo intermitente. *In: Tesis de Licenciatura, Universidade Federal de Goiás, Zootecnia. Goiania, Brasil.* pp:10- 25.
- de ARAUJO G., G., L. 2015. Os impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos e a produção animal em regiões Semiáridas. *Rev. Bras. Geo. Fis. Rec.* 8:598-609.
- de Carvalho C., A., B., S. C. da Silva, A. F. Sbrissia, L. F. de M. Pinto, R. A. Carnevalli, J. L. Fagundes y C. G. S. Pedreira. 2000. Demografia do perfilhamento e taxas de acúmulo de matéria seca em capim Tifton 85 sob pastejo. *Scie. Agri.* 57:591-600.
- de Oliveira P., J. Kluthcouski, E. Borghi, G. Ceccon y G. S. A. Castro. 2015. Atributos da Braquiária como condicionador de solos sob integracao Lavoura-Pecuária e integracao Lavoura-Pecuária-Floresta. *In: Cordeiro M., L., A., L. Vilela, J. Kluthcouski e R. L. Marchao. 2015. Integracao Lavoura- Pecuária-Floresta. Embrapa. Brasilia.* pp:334-353.
- de Quieroz P., H., J. R. Valério, A. N. Kichel, V. P. B. Euclides, C. B. do Valle, L. Jank, C. D. Fernandes, R. A. Barbosa, J. M. Vieira, F. H. D. de Souza, M. C. M. Macedo, A. N. S. Correa, S. G. Nunes, E. G. Cardoso y B. Grof. 2011. Pastagem. *In: Embrapa Gado de corte : o produtor pergunta, a Embrapa responde. Geraldo Augusto de Melo Filho, Haroldo Pires de Queiroz, editores técnicos. 2 ed. rev. e ampl. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica.* pp: 81.
- Decagon Devices Inc. 2016. AccuPAR PAR/LAI Ceptometer Model LP-80 Operato ´s manual. Disponible en: <https://www.metergroup.com/environment/products/accupar-lp-80-leaf-area-index/>
- Del Pozo P., P., R. S. Herrera, M. García, A. M. Cruz y A. Romero. 2001. Análisis de crecimiento y desarrollo del pasto estrella con y sin adicción de fertilizante nitrogenado. *Rev. Cub. Cien. Agri.* 35:5-58.
- Del Pozo R., P., P. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. *Pastos.* 2:109-137.

- Difante G., dos S., D. do N. Júnior, V. P. B. Euclides, S. C. da Silva, R. A. Barbosa y W. V. Gonçalves. 2009. Sward structure and nutritive value of tanzania guinea grass subjected to rotational stocking managements. *Rev. Bras. Zoot.* 38:9-19.
- Echeverria J., R., V. P. B. Euclides, A. F. Sbrissia, D. B. Montagner, R. A. Barbosa y N. N. Nantes. 2016. Acúmulo de forragem e valor nutritivo do híbrido de *Urochloa* (BRS RB331 Ipyporã) sob pastejo intermitente. *Pesq. Agrop. Bras.* 51:880-889.
- Enríquez Q., J., F., F. Meléndez N., E. D. Bolaños A. y V. A. Esqueda E. 2011. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro técnico 28. INIFAP. Medellín de Bravo, Ver. México. pp. 17-65 y 135-168.
- Enríquez Q., J. F. A. Hernández G., A. R. Quero C. y D. Martínez M. 2015. Producción y manejo de gramíneas tropicales para pastoreo en zonas inundables. Folleto técnico, INIFAP. Texcoco, Edo. México. pp:23-26.
- Enríquez Q., J., F., V. A. Esqueda E., F. E. Cab J. y J. F. Villanueva A. 2016. Banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales del INIFAP en Veracruz. Libro técnico n. 18. INIFAP. Medellín de bravo, Veracruz, Méx. pp:10-15.
- Escalante E., J., A. 1999. Área foliar, senescencia y rendimiento del girasol de humedad residual en función del nitrógeno. *Terra.* 17:149-157.
- Fagundes J., L., S. D. Silva, C. G. S. Pedreira, A. F. Sbrissia, R. A. Carnevalli, C. A. B. D. Carvalho y L. F. D. M. Pinto. 1999. Índice de área foliar, interceptação luminosa e acúmulo de forragem em pastagens de *Cynodon* spp. sob diferentes intensidades de pastejo. *Sci. Agri.* 5: 61141-1150.
- Fagundes L., J., D. M. da Fonseca, J. A. Gomide, D. do N. Júnior, C. M. T. Vitor, R. V. de Moraes, C. Mistura, G. da C. Reis y J. A. Martuscello. 2005. Acúmulo de forragem em pastos de *Brachiaria decumbens* adubados con nitrogenio. *Pesq. Agrop. Bras.* 40:397-403.
- Fan, J.,W., Y. L. Du, B. R. Wang, N. C. Turner, T. Wang, L. K. Abbott, K. Stefanova, K. H. M. Siddique y F. M. Li. 2016. Forage yield, soil water depletion, shoot nitrogen and phosphorus uptake and concentration, of young and old stands of alfalfa in response to nitrogen and phosphorus fertilisation in a semiarid environment. *Fie. Cro. Res.* 198: 247-257.
- Fialho A., C., S. C. da Silva, F. M. de A. Gimenes, M. B. Gomes, A. Berndt y L. Gerdes. 2012. Tiller population density and tillering dynamics in marandu palisade grass subjected to strategies of rotational stocking management and nitrogen fertilization. *Act. Sci.* 34:245-251.
- Fondevilal M. 1998. Procesos implicados en la digestión microbiana de los forrajes de baja calidad. *Rev. Fac. Agron.* 15:87-106.
- García M., E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Offset Larios. México. 4ª edición.
- Garduño V., S., J. Pérez P., A. Hernández G., G. Herrera H., P. A. Martínez H. y B. M. Joaquín T. 2009. Rendimiento y dinámica de crecimiento estacional de

- ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. *Téc Pecu Méx.* 47:189-202.
- Gastal F., y G. Lemaire. 2015. Defoliation, Shoot Plasticity, Sward Structure and Herbage Utilization.in *Pasture: Review of the Underlying Ecophysiological Processes.* *Agriculture.* 5:1146-1171.
- Grupo Papalotla (2017) disponible en línea <http://www.grupopapalotla.com/productos.html> consultado el 16 de Febrero del 2017.
- Guarda V., D., A. y L. J. M. Campos. 2014 Bases ecofisiológicas da assimilação de carbono e suas implicações na produção de forragem. *Embrapa.* Palmas, Brasil. pp:9-36.
- Hernández G., A., Matthew C. y J. Hodgson. 1997. Effect of spring grazing management on perennial ryegrass and ryegrass-white clover pastures: 2. Tiller and growing point densities and population dynamics. *N. Zea. J. Agri Res.* 40:37-50.
- Hernández G., A., P. A. Martínez H., J. Zaragoza E., H. Vaquera H., F. Osnaya G., B. Joaquín T. y M. E. Velazco Z. 2012. Caracterización del rendimiento de forraje de una pradera de Alfafa-Ovillo al variar la frecuencia e intensidad del pastoreo. *Rev. Fito. Mex.* 35:259-266.
- Holmann F., L. Rivas, P. Argel y E. Pérez. 2004. Impacto de la adopción de pastos *Brachiaria*: Centroamérica y México. CIAT Documento de Trabajo no. 197. Cali (Colombia): CIAT; Nairobi (Kenya): ILRI.
- Jiménez de la C., J., J. A Cardoso, L. F. Leiva, J. Gil, M. G. Forero, M. L. Worthington, J. W. Miles y I. M. Rao. 2017. Non-destructive Phenotyping to Identify *Brachiaria* Hybrids Tolerant to Waterlogging Stress under Field Conditions. *Front. in Plant Sci.* 8:1-10.
- Juarez R., A., S., M. A. Cerillo S., E. Gutiérrez O., E. M. Romero T., J. Colín N. y H. Bernal B. 2009. Estimacion del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Téc. Pec. Mex.* 47:55-67.
- Lemaire G. 2001. Ecophysiology of grasslands: Dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. *In: Memorias del. XIX International Grasslands Congress.* São Paulo. Brasil.pp:29- 37.
- Lemaire G., S. C. da Silva, M. Agnusdei, M. Wade y J. Hodgson. 2009. Interactions between leaf lifespan and defoliation frequency in temperate and tropical pastures: a review. *Gras. and For. Sci.* 64: 341-353.
- López C., C. 2016. Rendimiento del maíz y frijol en la agricultura de secano en México. *In: Memorias del V Conferencia Internacional de Ciencias Ambientales.* Oaxtepec, Morelos, México. 1:4-5.
- Luna A., A., G. dos S. Difante, D. B. Montagner, Neto, J. V. Emerenciano, I. M. M. de Araujo y L. S. Fernandes. 2016. Tillering dynamic and structural

- characteristics of tropical grasses under cutting management. *Biosc. J.* 32:1008-1017.
- Marcelino K., R., A., D. do N. Júnior, S. C. da Silva, V. P. B. Euclides y D. M. da Fonseca. 2006. Características morfogênicas e estruturais e produção de forragem do capim-marandu submetido a intensidades e freqüências de desfolhação. *Rev. Bras.Zoot.* 35:2243-2252.
- Martínez M., D., A. Hernández G., J. F. Enríquez Q., J. Pérez P., S. González M. y J. G. Herrera H. 2008. Producción de forraje y compones del rendimiento del pasto *Brachiaria humidicola* CIAT 6133 con diferente manejo de la defoliación. *Téc. Pec. Mex.* 46:427-438.
- Mathews W., B., S. C. Miyasaka y J. P. Tritschler. 2004 Mineral nutrition of C<sub>4</sub> forage grasses. *In: Warm-season (C4) grasses. Agron. Monogr. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.* pp. 217-266.
- Mattera J., L. A. Romero, A. L. Cuatrin, P. S. Cornaglia y A. A. Grimoldi. 2013. Yield components, light interception and radiation use efficiency of lucerne (*Medicago sativa* L.) in response to row spacing. *Eur. J. Agron.* 45:87-95.
- Matthew C., E. N. Van Loo, E. R. Thom, L. A. Dawson y D. A. Care. 2001). Understanding shoot and root development. *In: Memorias de XIX International Grassland Congress'. São Paulo, Brazil.*(Eds JA Gomide, WRS Mattos, SC da Silva, AMC Filho). pp:19-27.
- Matthew C., M. G. Agnusdei, S. G. Assuero y A. F. Sbrissia. 2013. State of knowledge in tiller dynamics. *In: memorias del 22<sup>nd</sup> Internacional Grassland Congress.* 22:1041-1044.
- Mauri J., V. H. Techio, L. C. Davide, D. L. Pereira, F. Souza y F. J. Pereira. 2015. Forage quality in cultivars of *Brachiaria* spp.: association of lignin and fibers with anatomical characteristics. *A. J. C. S.* 9:1148-1153.
- Mejia J., L., M. 2002. Análisis de gramíneas tropicales y simulación de producción potencial de leche. *Act. Univ.* 12:56-63.
- Melotto M., A. y V. A. Laura. 2009. Sistemas silvopastoris para bovinos e ovinos. *Embrapa gado de corte. Campo Grande, Minas Gerais, Brasil.* pp:22-23.
- Miles W., J., C. B. do Valle, I. M. Rao y V. P. B. Euclides.2004. Brachiariagrasses. *In: Warm-season (C4) grasses. Agron. Monogr. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.* pp:767.
- Miranda C., S. Favaro, M. Tovele, A. Robate, C. Campanellas, C. Mutadiua, J. Denardin, G. Ferreira, P. Filho, N. Neumaier, I. CRUZ, M. de Carvalho, M. Rocha y R. de Almeida. 2015. Estabelecimento de gramíneas forrageiras do gênero *Brachiaria* em Nampula, província de Nampula, Moçambique. *In: memoria de In: seminário de divulgação de resultados da investigação agrária no corredor de nacala, Lichinga, Moçambique. Anais. Editado por Fernando João Sualei, Oscar Chichongue, Guilhermino Boina, Simone Palma Favaro, Cesar Heraclides Behling Miranda.* p:399-406.

- Moreira F., I. Prado, U. Cecato, F. Wada y I. Mizubuti. 2004. Forage evaluation, chemical composition, and in vitro digestibility of continuously grazed star grass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113:239-249.
- Muñoz-González J., C., M. Huerta-Bravo, A. Lara B. y R. Rangel S. 2016. Producción y calidad nutrimental de forrajes en condiciones del Trópico Húmedo de México. *Rev. Mex. Cien. Agric.* 16:3315-3327.
- Niinemets Ü. 2010. A review of light interception in plant stands from leaf to canopy in different plant functional types and in species with varying shade tolerance. *Ecol. Res.* 25:693-714.
- Olivera Y., R. Machado y P. P del Pozo. 2006. Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género *Brachiaria*. *Past. y Forr.* 29:5-23.
- Pedreira B., C., C. G. S. Pedreira y S. C. da Silva. 2007. Estrutura do dossel e acúmulo de forragem de *Brachiaria brizantha* cultivar Xaraés em resposta a estratégias de pastejo. *Pesq. Agrop. Bras.* 42:281-287.
- Pedreira C., G., S., G. J. Braga y J. N. Portela. 2017. Herbage accumulation, plant-part composition and nutritive value on grazed signal grass (*Brachiaria decumbens*) pastures in response to stubble height and rest period based on canopy light interception. *Cr. and Past. Sci.* 68:62.
- Pizarro E., A. 2013. Un nuevo híbrido para el mundo tropical- *Brachiaria* híbrida cv. CIAT BR02/1752 "Cayman" disponible en línea <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/brachiaria-hibrida-cayman/> consultado el 15 de marzo de 2017.
- Pizarro E., A. y M. D. Hare. 2014. *Brachiaria* hybrids: new forage alternatives. Disponible en línea <http://www.pasturasdeamerica.com/articulos-interes/notas-tecnicas/brachiaria-hybrids-new-forage-alternatives/> consultado el 15 de marzo de 2017.
- Portela J., N., C. G. S. Pedreira y G. J. Braga. 2011. Demografia e densidade de perfilhos de capim-braquiária sob pastejo em lotação intermitente. *Pes. Agrop. Bras.* 46:315-322.
- Quero C., A., R., J. F. Enríquez Q., E. D. Bolaños A. y J. F. Villanueva A. 2015. Forrajes y pastoreo en México tropical. *In: Estado del arte sobre investigación e innovación tecnológica en ganadería bovina tropical*, González P. E. y Dávalos F. J. L. (edis), México, REDGATRO CONACyT. pp:48-50.
- Ramírez R., O., A., Hernández G., S. C. da Silva, J. Pérez P., J. F. Enríquez Q., A. R. Quero C., J. G. Herrera H. y A. Cervantes N. 2009. Acumulación de forraje, crecimiento y características del pasto Mombaza (*Panicum maximum* Jacq.) cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tec. Pec. Mex.* 47:203-213.
- Renvoize A., S., W. D. Clayton y C. H. S. Kabuye. 1998. Morfología, taxonomía y distribución natural de *Brachiaria* (Trin) Griseb. *In: Miles W., J., B. L. Maas y C. B. do Valle. 1998. Brachiaria: Biología, agronomía y mejoramiento. Centro internacional de agricultura tropical. Cali, Colombia. pp:1-17.*

- Rossiello R. O. P. y M. A. H. Antunes. 2012. Solar radiation utilization by tropical forage grasses: light interception and use efficiency, *In: Capitulo de libro Prof. Elisha B. Babatunde (Ed.), Solar Radiation. Intech. pp: 221-244.*
- Sanderson M., A., D. W. Stair y M. A. Hussey. 1997. Physiological and Morphological Responses of Perennial Forages to Stress. *In Advances in Agronomy. 59:171-224.*
- Santos A., y A. Vieira. 2012. Alturas de pastejo recomendadas para as principais forrageiras considerando 95 % de interceptação luminosa. *In: Cadernos de Pós-Graduação da FAZU, 2.*
- Santos M., E., R., D. M. da Fonseca, T. G. dos S. Braz, S. P. da Silva, V. M. Gomes y G. P. Silva. 2011. Características morfogênicas e estruturais de perfilhos de capim-braquiária em locais do pasto com alturas variáveis. *Rev. Bras. Zoot. 40:535-542.*
- Santos N., L., F. de O. Alari, L. Galzerano y N. G. Miceli. 2011. As interações entre solo, planta e animal no ecossistema pastoril. *Cienc. Anim. 21:65-76.*
- Santos R., M., T. V. Voltolini, F. Angelotti, G. S. Pineiro, L. G. Barbosa y S. de T. Aidar. 2012. Características morfofisiológicas de cultivares de capim-bufel submetidas a diferentes temperaturas do ar e concentrações de CO<sub>2</sub>. *In: Congresso Nordeste De Produção Animal, 7.; Simpósio Nordeste De Alimentação De Ruminantes, 12-15 noviembre de 2012, Maceió, Brasil. pp:1-4.*
- SAS Institute Inc., 2000. STAT User's Guide, Release 6.04. SAS Inst., Inc., Cary, NC, USA.
- Sbrissia F., A. y S. C. da Silva. 2008. Compensação tamanho/densidade populacional de perfilhos em pastos de capim-marandu. *Rev. Bras. Zoot. 37:35-47.*
- Sbrissia F., A., S. C. da Silva y D. do N. Júnior. 2007. Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. *In: XXIV Simpósio sobre manejo da pastagem. FEALQ. Piracicaba, Brasil. 3-5 de setembro. pp:1-27.*
- Sbrissia F., A., S. C. da Silva, C. A. B. de Carvalho, R. A. Carnevalli, L. F. de M. Pinto, J. L. Fagundes y C. G. S. Pedreira. 2001. Tiller size/population density compensation in grazed Coastcross bermudagrass swards. *Sci. Agri. 58:655-665.*
- Sbrissia F., A., S. C. da Silva, D. O. L. Sarmiento, L. K. Molan, F. M. E. Andrade, A. C. Gonçalves y A. V. Lupinacci. 2010. Tillering dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plan. Eco. 206:349-359.*
- Stivanin S., C., B., M. G. da Rocha, L. Pötter, V. D. S. Hampel, M. B. Alves y P. R. Salvador. 2014. Tiller dynamics of ryegrass managed under two stocking rates. *Act. Scie. 36:279.*
- Tarazona A., M., M. C. Ceballos, J. F. Naranjo y C. A. Cuartas. 2012. Factores que afectan el comportamiento de consumo y selectividad de forrajes en rumiantes. *Rev. Col. Cienc. Pec. 25:473-487.*

- TONATO F.; L. G. BARIONI, C. G. S. PEDREIRA, O. D. D. da SILVA y J. V. MALAQUIAS. 2010. Desenvolvimento de modelos preditores de acúmulo de forragem em pastagens tropicais. *Pes. Agrop. Bras.* 45:522-529.
- Unigarro M., C., A., A. Jaramillo R., L. N. Ibarra R. y C. P. Flórez R. 2016. Estructura del dosel y coeficientes de extinción teóricos en genotipos de café arábico en Colombia. *Act. Agron.* 65:383-389.
- Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. Second Ed. Cornell University Press. Ithaca, N.Y. pp:140-155.
- Voltolini V., T., F. A. P. Santos, J. C. Martinez, H. Imaizumi, R. L. Clarindo y M. A. Penati. 2007. Características produtivas e qualitativas de *Pennisetum purpureum* submetidas a diferentes intervalos entre pastejos. In: *Memorias de 44º Reuniao annual da sociedade brasileira de zootecnia*. 24-27 de julho de 2007, Jaboticabal, Brasil. pp:1-3.
- Yoda K., T. Kira, H. Ogawa y K. Hozumi. 1963. Self-thinning in overcrowded pure stands under cultivated and natural conditions. *J. Bio. Osa. C. Uni.* 14:107-129.
- Zanine A., de M. y E. M. Santos. 2004. Competição entre espécies de plantas – uma revisão. *Rev. FZVA Uru.* 11:10-30.
- Zarate-Valdez J., L., S. Metcalf, W. Stewart, S. L. Ustin, B. Lampinen. 2015. Estimating light interception in tree crops with digital images of canopy shadow. *Prec. Agri.* 16:425-440.