

Physiological and bromatological aspects of *Brachiaria humidicola**

Aspectos fisiológicos y bromatológicos de Brachiaria humidicola

Aspectos fisiológicos e bromatológicos de Brachiaria humidicola

Alfredo Jarma Orozco¹, Ing. Agrón, PhD; Libardo Maza Angulo^{2*}, MVZ, MSc;
Adriana Pineda Pérez³, MVZ; Juan Hernández Ciodaro⁴, Est MVZ

*Autor para correspondencia: Libardo Maza Angulo. Universidad de Córdoba.

Calle 62B N°13^A - 61. Montería – Córdoba. Correo electrónico:

nutrainvestigacion@hotmail.com

¹ Universidad de Córdoba; Facultad de Ciencias Agrícolas.

^{2,3} Universidad de Córdoba; Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Grupo de investigación en Producción Animal Tropical.

⁴ Universidad de Córdoba. Estudiante de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

(Recibido: 26 de marzo de 2012; aceptado: 25 de mayo de 2012)

Abstract

Brachiaria humidicola was brought to Colombia in order to improve forage production and poor acid soils where there was no fodder adapted to these conditions in which this species could be an excellent alternative. However, work to compile aspects and qualitative physiological characteristics are scarce, for this reason, a brief review botany and morphophysiological of this species also present results of various studies that show the values of quality forage such as content protein, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (FDA), in vitro digestibility of dry matter and lignin content among others. The review took into account the behavior of *Brachiaria* in environments of special interest such as: soil, nutrients and water.

Key words

Acid soils, animal nutrition, fodder, pastures, plant ecophysiology.

Resumen

Brachiaria humidicola, fue traída a Colombia con el propósito de mejorar la producción de forraje en suelos ácidos

*Para citar este artículo: Orozco AJ, Angulo LM, Pérez AP, Liodoro JH. 2012. Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. Rev CES Med Vet Zootec; Vol 7(1): 87-98

y pobres donde no se contaba con forrajes adaptados a estas condiciones, en las cuales esta especie pudiera ser una excelente alternativa. Sin embargo, trabajos que compilen aspectos relacionados con sus características fisiológicas y bromatológicas son escasos; por tal motivo se realizó una breve revisión botánica y morfofisiológica de esta especie, además se presentan resultados de diversas investigaciones que muestran valores de calidad de este forraje tales como contenido proteico, fibra en detergente neutra (FDN) y fibra en detergente acida (FDA), digestibilidad in vitro de la materia seca y contenido de lignina entre otros. En la revisión se tuvo en cuenta el comportamiento de *Brachiaria* en ambientes de especial interés como son: suelos, nutrientes y agua.

Palabras clave

Ecofisiología vegetal, forrajes, nutrición animal, pastos, suelos ácidos.

Resumo

Brachiaria humidicola, foi trazida para a Colômbia com um propósito de melhorar a produção de *forragem* em solos ácidos e pobres onde não se contava com forragens adaptadas a estas condições, nas quais esta espécie pudesse ser uma excelente alternativa. Contudo, trabalhos que juntem aspectos relacionados com as suas características fisiológicas e bromatológicas são escassos; por tal motivo foi realizada uma breve revisão botânica e morfofisiológica desta espécie, ademais são dados resultados de diversas pesquisas que mostram valores de qualidade desta forragem tais como conteúdo proteico, fibra em detergente neutra (FDN) e fibra em detergente acida (FDA), digestibilidade in vitro da matéria seca e conteúdo de lignina entre outros. Na revisão foi tido em conta o comportamento de *Brachiaria* em ambientes de interesse especial como: solos, nutrientes e água.

Palavras chave

Ecofisiologia vegetal, forragens, nutrição animal, gramados, solos ácidos.

Introducción

En el Caribe Colombiano, una de las principales actividades económicas es la ganadería en los sistemas de cría, levante y ceba. Sin embargo, en la región se encuentra alta población de malezas y deficiente fertilidad, basadas en un sistema de alimentación en pasturas naturales y mejoradas, que en algunas zonas prevalecen como suelos ácidos, lo que ha llevado al deterioro de muchas especies forrajeras, baja palatabilidad y sostenibilidad de pasturas.

Brachiaria humidicola es originaria del este y sureste de África Tropical; algo que ratifica la importancia agrícola de estas gramíneas en las zonas tropicales de América. *B. humidicola* presenta un total de 105 accesiones, lo cual la hace una de las más variadas y mejoradas pasturas del género *Brachiaria* ³⁶.

Fue traída a Colombia con el propósito de mejorar la

producción en suelos ácidos y pobres donde no se contaba con forrajes adaptados a estas condiciones y donde esta especie pudiera ser una excelente alternativa ³⁶.

B. humidicola se adapta a altitudes entre 1000 – 2000 msnm; a medida que aumenta, el crecimiento es más lento, pero la floración, la producción de semillas y la calidad de estas depende del fotoperiodo ³⁶. Su adaptación se da mejor en regiones con precipitación promedio anual superior a 1000 mm/año; presenta un ciclo vegetativo perenne y con una capacidad de producción 8 a 10 ton.ha⁻¹ por año de materia seca (MS) ³⁶. Thomas y Grof (1986) ⁴² y Loch (1997) ²⁸, indicaron que, dada la agresividad de las especies *Brachiaria*, era difícil cultivarlas con leguminosas en asociaciones estables a través de periodos de tiempo largos, refiriéndose principalmente a la *humidicola*.

Respecto a plagas y enfermedades, *B. humidicola*

tolera principalmente el salivazo, Lapointe (1993)²⁶ ha manifestado susceptibilidad a la roya causada por *Uromyces setariae-italicae* en América tropical.

Existen especies de gramíneas y leguminosas que tienen buena capacidad de adaptación, alto rendimiento de biomasa durante la época de mínima precipitación y excelente persistencia. Este es el caso de diversas especies del género *Brachiaria*, ya que están adaptadas a condiciones adversas de clima y suelo, con niveles altos de aluminio⁶.

El género *Brachiaria* abarca múltiples variedades de gran valor agronómico, lo cual la hace candidata para ser implementada como forraje en diversos ambientes². Sin embargo, es necesario conocer su comportamiento fisiológico cuando se cultiva en una heterogeneidad de ambientes, lo cual es muy frecuente en Colombia. Con base en lo anterior, se presenta este trabajo que tiene como objetivo revisar aspectos de la fisiología y bromatología de *Brachiaria humidicola* al establecerse en diversas ofertas ambientales, como un aporte al conocimiento regional de esta especie, y como herramienta académica para la implementación de la misma en áreas comerciales.

Botánica y morfofisiología

Aspectos botánicos

Brachiaria es actualmente un género grande que contiene cerca de 100 especies que, aunque distribuidas en todo el trópico, se encuentran principalmente en África⁵. Los hábitat en que crecen estas especies son muy variados (se las encuentra en pantanos, en bosques de sombra ligera y aun en áreas semidesérticas), aunque el ambiente típico de la mayoría de ellas está en las sabanas⁴⁶.

Muchas especies se encuentran también como malezas en los cultivos, a lo largo de los caminos y en otros sitios disturbados. Renvoize *et al.* (1998)³⁶ indicaron que el interés agronómico despertado por este género se centra en varias especies que se emplean para desarrollar pasturas tropicales; entre ellas sobresale *B. humidicola*, cuyo desempeño agronómico ha superado

el de otras gramíneas en las pasturas tropicales.

Género. *Brachiaria* pertenece a un grupo pequeño de géneros que incluye a *Urochloa*, *Eriochloa* y *Panicum*. Trinius (1834)⁴³, describió a *Brachiaria* como una subdivisión de *Panicum*; En 1853, Grisebach²¹ elevó la subdivisión de Trinius⁴³ a la categoría de género. Dentro de la tribu *Panicaceae*, los principales caracteres que identifican al género *Brachiaria* son las espiguillas aovadas u oblongas, que se organizan en racimos de un solo lado con la gluma inferior adyacente al raquis. Estos caracteres no son, de ningún modo, uniformes en todo el género, y en aquellas especies en que las espiguillas van en pares sobre un raquis triangular, la orientación de estas espiguillas es, a veces, difícil de determinar³⁶.

Especies. No existe ninguna revisión profunda de *Brachiaria*, aunque una clasificación sectorial fue propuesta por Stapf (1919)⁴⁰, para 56 especies africanas y por Pilger (1940)³⁵ a nivel mundial para 50 especies.

Es sorprendente que en un género de esta magnitud, reconocido durante más de 100 años, no se haya establecido ninguna subdivisión natural partiendo de una revisión global del grupo taxonómico³⁶. Este hecho sería efecto del límite confuso que separa este género de *Panicum* y que permiten a diferentes autores intercambiar especies entre dos géneros.

La situación equivoca de muchas especies destaca simplemente la naciente teoría de que *Brachiaria* evolucionó posiblemente de varios grupos diferentes de *Panicum*.

Parece que el género consiste en una amalgama de grupos diferentes cuya circunscripción ha sido, hasta la fecha y en su mayor parte, el resultado de muchas conjeturas.

En ese sentido, Renvoize *et al.* (1998)³⁶, indicaron que muchas especies no se ajustan a algunos patrones, haciendo difícil las correlaciones y, hasta cierto punto, explicando en gran parte la incapacidad de muchos investigadores para establecer divisiones infragenéricas verosímiles.

Morfofisiología. Es una planta estolonífera perenne con ramas ascendentes de 38 a 60 cm de altura y estolones que pueden alcanzar 1,2 m de longitud, los cuales presentan facilidad de enraizamiento y producción de hijos en los nudos y un buen sistema radial con rizomas que emergen en nuevas plantas. Tallos erectos, delgados y duros, glabros. Internodios de 4 a 14 cm de longitud y un número de 6 a 8 en las ramas e indeterminados en los estolones. Limbos lineales, las hojas de los estolones mas cortas y anchas, de 3 a 10 cm de largo y de 1,0 a 1,2 cm en su parte mas ancha, vainas de los estolones mas cortas de 3 a 7 cm de longitud de color verde a morado glabras o poco vellosas. Hoja bandera muy pequeña ⁹.

Todas las *Brachiarias* tienen la vía fotosintética PEP-CK (fosfoenolpiruvato carboxiquinasa) del tipo C_4^{13} y aunque se ha reconocido la existencia de estos géneros desde hace más de 100 años, todavía hay dudas sobre la exactitud de los límites genéricos. *Urochloa*

es casi inseparable de *Brachiaria* y difiere poco de este género, excepto en la orientación de sus espiguillas (Figura 1A), lo que para algunos autores lo consideran como sinónimo³¹.

Eriochloa es un género homogéneo que se distingue por su callo en forma de cuenta o pepa (Figura 1E); este género sin duda deriva de *Brachiaria* pues algunas de sus especies presentan un callo estipitifforme, un indicio claro de esta transformación.

La punta discoide del pedicelo, que se presenta frecuentemente en *Brachiaria*, es también típica de la *Eriochloa*. Unas cuantas especies de *Brachiaria* tienen una lema superior con la punta recortada y puede ser difícil diferenciarlas de *Acroceras*; este es, sin embargo, un asunto de mimetismo que se resuelve fácilmente al estudiar la anatomía de la lámina foliar, ya que esta, en *Acroceras*, es de tipo C_3 ³⁶.



Figura 1. Diferentes tipos de espiguillas del genero *Brachiaria*. *Urochloa trichopus*: (A) Racimos x 2; (B) Espiguilla, vista desde la gluma inferior x 10; (C) Flósculo superior x 10. *Eriochloa fatmensis*: (D) Racimos x 2; (E) Espiguilla x 10; (F) Flósculo superior x 10. *P. stoloniferum*: (G) Parte de la inflorescencia x 2. *Brachiaria decumbens*: (H) Parte del racimo x 2; (I) Parte del racimo x 2; (J) Parte del racimo x 2; (K) Parte del racimo x 2; (L) Parte del racimo x 2. *B. Deflexa*: (M) Racimos x 2; (N) Espiguilla, vista desde la gluma inferior x 10; (O) Flósculo superior x 10 ³⁶.

Investigaciones recientes del Centro internacional de agricultura tropical (CIAT) indican que existe una opción promisoriosa en las raíces de la gramínea forrajera tropical *Brachiaria humidicola*, que no sólo es altamente nutritiva y apetecida por los rumiantes, sino que también tiene la capacidad de inhibir la nitrificación biológica; esta última característica podría posicionar a esta gramínea en la lucha para reducir los gases de efecto invernadero, provenientes tanto de la producción pecuaria como de la siembra y cosecha de cultivos. Es por eso que científicos del Centro Internacional de Investigación para las Ciencias Agrícolas (JIRCAS) y el Instituto Nacional de Investigación Alimentaria (NFRI), ambos del Japón, descubrieron y caracterizaron a la brachialactona, un compuesto químico que se encuentra en las raíces de la gramínea y que es liberado en el suelo, actuando como inhibidor de la nitrificación biológica y reduciendo, a su vez, las emisiones de gases de efecto invernadero como es el caso del óxido nitroso (N₂O), un gas de efecto invernadero que es

300 veces más potente que el dióxido de carbono ¹².

Aspectos bromatológicos

El valor nutritivo de este pasto se puede considerar como moderado en términos de su composición química, digestibilidad y consumo. Los contenidos de proteína varían entre 6 y 8%, de acuerdo con la especie¹.

Sin embargo, Miles (2006) ³¹ asegura que estos indicadores dependen del manejo integral que reciban y de las condiciones ambientales donde se establezcan.

A continuación se presentan aspectos de la bromatología de esta especie cuando es cultivada en diversas condiciones de oferta ambiental.

La tabla 1 presenta resultados de las características de *B. humidicola* en diferentes ambientes de humedad y desarrollo fisiológico en Colombia.

Tabla 1. Características bromatológicas de *B. humidicola* bajo diferentes estados fisiológicos de desarrollo y humedad ambiental.

<i>Estado de desarrollo</i>	<i>PC (%)</i>	<i>DIVMS (%)</i>	<i>FDN (%)</i>	<i>FDA (%)</i>	<i>H (%)</i>	<i>C (%)</i>	<i>L (%)</i>	<i>ED (Mca)</i>	<i>P (%)</i>
<i>Prefloración Lluvia</i>	8,40	61,33	64,30	40,60	23,70	30,98	6,2	1,74	0,14
<i>Prefloración Sequia</i>	6,13	52,91	69,64	42,40	27,24	41,52	6,5	1,43	0,17
<i>Floración</i>	7,02	52,91	78,98	44,20	34,78	37,66	5,1	1,43	0,23

PC=Proteína cruda; DIVMS=Digestibilidad *in vitro* de materia seca; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Acida; H= Hemicelulosa; C= Celulosa; L= Lignina; ED= Energía Digestible; P= Fosforo (Laredo y Cuesta²⁷ citados por Estrada¹⁷).

Por otra parte, en un trabajo adelantado en la zona de Matanzas en Cuba, se evaluó el contenido de materia seca, proteínas, grasa, FAD y ceniza de tres accesiones de *B. humidicola* (Tabla 2).

Tabla 2. Materia seca, proteína, grasa, FAD y ceniza de tres accesiones de *B. humidicola* (Matanzas, Cuba).

<i>Accesión</i>	<i>Materia Seca</i>	<i>Proteína (%)</i>	<i>Grasa</i>	<i>FAD</i>	<i>Ceniza</i>
<i>B. humidicola</i> CIAT 16871	24,6	6,0	6,0	1,5	8,0
<i>B. humidicola</i> CIAT 16867	24,2	6,5	6,5	1,5	7,5
<i>B. humidicola</i> CIAT 26427	23,9	6,3	6,3	1,5	5,5

FAD= Fibra Detergente Acida⁷.

Aunque su contenido de proteína y digestibilidad es menor que en otras especies gramíneas, Cardona et al., (2002) ⁸, al evaluar la calidad nutricional de varias especies de pastos y forrajes (Cuadro 3), determinaron que el mayor aporte energético se dio en *B. humidicola* entre 15 especies forrajeras.

Tabla 3. Composición nutricional promedio de plantas completas y sin raíz de *B. humidicola*.

<i>Muestra</i>	<i>HUM (%)</i>	<i>PC (%)</i>	<i>CEN (%)</i>	<i>EE (%)</i>	<i>Ca (%)</i>	<i>P (%)</i>	<i>FDN (%)</i>	<i>FDA (%)</i>	<i>ENN (%)</i>	<i>EB (Kcal/Kg)</i>
<i>B. humidicola</i> (parte aérea)	68	6	5,9	-	0,18	0,18	72,5	-	-	41,04
<i>B. humidicola</i> (parte aérea + raíces)	68	60	5,9	10,2	-	0,23	0,23	41,6	-	-

HUM= Humedad; PC= Proteína Cruda; CEN= Ceniza; EE= Estrato Etéreo; Ca= Calcio; P= Fósforo; FDN= Fibra Detergente Neutro; FDA= Fibra Detergente Acida; ENN=Estrato Libre de Nitrógeno; EB= Eficiencia Biológica ⁸.

La Tabla 4 muestra los valores bromatológicos registrados por *B. humidicola* en el Departamento del Meta (Colombia) en diferentes estados de desarrollo fisiológico.

Tabla 4. Composición bromatológica de la *B. humidicola* en prefloración, floración, 40 y 60 días después de sembrado en el departamento del Meta (Colombia).

<i>Estado de desarrollo</i>	<i>PC (%)</i>	<i>DIVMS (%)</i>	<i>FDN (%)</i>	<i>FDA (%)</i>	<i>H (%)</i>	<i>C (%)</i>	<i>L (%)</i>	<i>ED (%)</i>
<i>Prefloración – Sequia</i>	4,55	55,60	69,60	42,40	29,18	39,00	5,8	2,02
<i>Floración</i>	7,02	52,91	78,98	44,20	34,78	37,66	5,1	2,39
<i>40 días</i>	7,70	60,22	66,50	37,26	29,24	33,96	6,8	2,63
<i>60 días</i>	5,42	60,74	66,76	36,92	29,84	31,98	7,2	2,72

PC=Proteína cruda; DIVMS=Digestibilidad in vitro de materia seca; FDN= Fibra Detergente Neutro;
 FDA= Fibra Detergente Acida; H= Hemicelulosa; C= Celulosa; L= Lignina;
 ED= Energía Digestible²⁰.

En Venezuela, se evaluó la composición química de *B. humidicola*, en dos períodos de lluvia y diferentes edades del cultivo; los resultados de este trabajo los registra la Tabla 5.

Tabla 5. Composición química de *Brachiaria humidicola* durante época seca y lluviosa en el estado de Zulia en Venezuela.

Época	EDAD (Días)	MS	MO	PC	FDN	FAD	Lignina
Seca	84	50,15	89,22	4,57	70,03	35,85	5,8
	98	47,72	87,97	4,78	71,52	38,37	5,1
Lluvia	84	37,35	89,38	5,60	74,52	40,98	6,8
	98	43,01	90,32	4,34	75,23	40,11	6,33

MS= Materia Seca; MO= Materia Orgánica; PC= Proteína Cruda; FDN= Fibra Detergente Neutro;
 FAD= Fibra Detergente Acido ⁴⁴.

Ecofisiología

Suelos

Las especies de *Brachiaria* se adaptan a una amplia variedad de tipos de suelo, desde Oxisoles y Ultisoles (suelos ácidos de baja fertilidad) hasta los Alfisoles y Mollisoles (suelos neutros de alta fertilidad); su desempeño es mucho mejor en los suelos ácidos que el de otras gramíneas ^{32, 33, 42}. También, se desempeñan bien en los suelos que van de moderadamente fértiles a muy fértiles ^{32, 33, 39, 42}. La mayoría de las especies comerciales de *Brachiaria* se adaptan a los suelos ácidos de baja fertilidad del trópico. Algunos de los atributos o habilidades que les permiten esa adaptación son: ³⁶ mantener un crecimiento radical a expensas del crecimiento de la parte aérea ³⁴, adquirir y usar ambas formas del Nitrógeno: tanto el nitrato como el amonio ³⁶; adquirir Nitrógeno mediante fijación asociativa³⁶, adquirir fósforo mediante sistemas

radicales extensos y asociaciones con micorrizas vesículo-arbusculares y ¹⁹ adquirir calcio mediante raíces ampliamente ramificadas y con gran número de ápices radicales ³⁶.

El desarrollo de muchos genotipos de pastos tolerantes al aluminio ha contribuido grandemente al incremento de la productividad de su biomasa en suelos ácidos. Así mismo, la genética de las especies de *Brachiaria* tolerantes al aluminio ha sido examinada últimamente en muchas instancias y sugiere que esta tolerancia es diversa entre variedades y que puede estar bajo el control de diferentes genes ⁴¹. Los mecanismos de esta adaptación, aunque parcialmente desconocidos, pueden ser por una parte la exclusión del aluminio y por otra la inactivación interna. Algunos autores indican que los mecanismos de exclusión del aluminio en algunas especies, puede no estar completamente identificada, aunque es conocido que muchas de ellas tienen mecanismos eficientes para la exudación de este ión a través de ácidos orgánicos por las raíces ⁴⁵.

Nutrición

Cuando se conocen los requerimientos nutricionales de diferentes especies de *Brachiaria*, se podrá determinar, en forma más precisa, la cantidad de fertilizante necesario para lograr un rápido establecimiento de las pasturas y mantener su productividad a través del tiempo ³⁶.

Para satisfacer los requerimientos nutricionales hay que considerar varios factores que dependen del ecotipo y del tipo de suelo ^{32,33}.

Es importante saber la forma en que las especies de *Brachiaria* se adaptan a suelos ácidos de baja fertilidad y los requerimientos nutricionales que tienen, porque casi nunca hay nutrientes en cantidades óptimas cuando se trata de producir forrajes. Por ello, las plantas siempre están luchando con el estrés que les impone su ambiente nutricional. La importancia relativa que tienen los diversos nutrientes del suelo en el crecimiento y la productividad de las especies vegetales depende de su adaptación fisiológica. Además, la adaptación a los suelos ácidos afecta fuertemente otros tipos de estrés, bióticos y abióticos ³⁶.

La disponibilidad de un nutriente en la solución

del suelo varía según la cantidad total del nutriente presente en ella y con su distribución entre la solución del suelo y las formas absorbidas. El requerimiento nutricional interno (de la planta) es la concentración en la planta del nutriente en cuestión cuando el crecimiento ya no está limitado por este, y se define generalmente en los términos de una concentración crítica. Asimismo, el requerimiento nutricional externo (del suelo) es una forma de medir la concentración en el suelo o, de preferencia, en la solución suelo. Se acepta que la concentración crítica, tanto en la planta como en el suelo, es la que se requiere para obtener el 80% de la producción máxima ³⁹.

Al parecer *B. humidicola* requiere concentraciones internas de fósforo, potasio y calcio más bajas que las de la *B. decumbens* y *B. brizantha* ³⁶. La competencia por los nutrientes del suelo es un factor clave en la estabilidad y en la persistencia de asociaciones de gramíneas y leguminosas bajo pastoreo ²⁵.

La tabla 6 registra el contenido de elementos minerales de *B. humidicola* en diferentes etapas de desarrollo fisiológico, información que puede ser útil para la implementación de un plan de nutrición basado en los estadios fenológicos y en la disponibilidad de agua.

Tabla 6. Contenido mineral en diferentes estados fenológicos y niveles de humedad de *B. humidicola*.

	Como % de materia seca						p. p. m.			
	Ca	P	Mg	S	K	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
<i>Prefloración – Lluvia</i>	0,37	0,17	0,14	0,10	1,48	0,01	437	203	9	24
<i>Prefloración – Sequía</i>	0,27	0,08	0,10	0,05	3,37	0,02	468	234	1	24
<i>Floración</i>	0,18	0,11	0,11	0,06	1,61	0,08	147	127	4	38
<i>40 días</i>	0,28	0,17	0,13	0,03	0,85	0,09	152	222	3	23
<i>60 días</i>	0,16	0,16	0,15	0,06	1,79	0,07	172	222	5	31

Adaptado de Gohl (1982) ²⁰.

El factor humedad es considerado como el que más afecta el crecimiento de las plantas, principalmente gramíneas, debido a que, además de intervenir en el crecimiento celular por las presiones de turgencia en los meristemas, juega un papel muy importante en la solubilidad y disponibilidad de nutrientes para pastos y forrajes, tales como el nitrógeno, fósforo y potasio que controlan la promoción y desarrollo de nuevos brotes y aumentan el número de hojas por planta y con ello el área foliar y la producción de biomasa³⁶.

Algunos autores analizando diferentes especies de gramíneas en varias fechas de corte observaron una mayor producción de biomasa durante las épocas de mayor precipitación³⁷.

Para determinar la eficiencia en el consumo de agua en cualquier especie vegetal se utilizan criterios como el Kc (coeficiente del cultivo), que indica la demanda máxima de agua por parte del cultivo en cada etapa fenológica, así como en su ciclo vegetativo completo y depende en cierta medida de la velocidad del viento y la humedad relativa¹⁶. Este coeficiente se obtiene al sumar la transpiración (afectada por el área foliar, estructura de las hojas, y exposición, comportamiento estomático y la eficiencia del sistema radical para absorber el agua) y la evaporación del suelo, y es diferente para cada etapa del cultivo³⁸.

Las sabanas neotropicales se caracterizan por una baja fertilidad de los suelos y una alta estacionalidad en la precipitación. Así, la cantidad y la distribución anual de las lluvias condicionan la productividad, tanto de la vegetación natural como de los pastos cultivados²⁴.

La sequía puede manifestarse en períodos cortos o extensos, induciendo cambios fisiológicos y morfo-anatómicos en las plantas. Dichos cambios permiten mantener la productividad o supervivencia a mediano y largo plazo^{10, 30}. La mayor parte de las gramíneas forrajeras tropicales muestran respuestas a la sequía de tipo evasivo y de tolerancia^{4,14, 18,29}.

Las primeras incluyen cambios morfológicos que incrementan el acceso a la humedad del suelo y minimizan las pérdidas de agua por transpiración, por lo que la eficiencia de uso de agua aumenta. Las respuestas de tolerancia permiten el mantenimiento de la turgencia celular aún a potenciales hídricos foliares bajos. Como consecuencia, las plantas mantienen durante la sequía una actividad fotosintética reducida pero capaz de soportar el crecimiento por un tiempo mayor^{10,11}.

En Venezuela se ha establecido empíricamente que algunas especies como *B. humidicola* son más aptas para ambientes secos mientras que otras, como *B. decumbens*, son menos tolerantes a la sequía¹⁵. Sin embargo, son escasos los estudios sobre los mecanismos de respuesta a la sequía, aun cuando *Brachiaria* es de gran importancia para la ganadería tropical^{4,23,24}.

Existen pocos resultados de trabajos de investigación respecto al consumo de agua de *B. humidicola*. En 2002, Guenni *et al.*²³, evaluaron el consumo de agua de 5 especies de *Brachiarias* a diferentes profundidades, resultando que *B. humidicola* registro el mayor consumo de agua al sumar las dos profundidades evaluadas (0-50 y 51-100 cm). En este trabajo *B. humidicola* registró consumos de agua de 101.4 mm a los 60 días después de sembrado. Los autores concluyen que *B. humidicola* y *B. dictyoneura* fueron más eficientes absorbiendo humedad por debajo de los 50 cm, apoyando los resultados obtenidos previamente en una fase de invernadero²³.

Conclusiones

Con base en la revisión de información realizada, se puede concluir que el género *Brachiaria* abarca múltiples variedades de gran valor agronómico como es el caso de *B. humidicola* que posee excelentes cualidades que le permiten su adaptación a diferentes condiciones como suelos ácidos y pobres en nutrientes, es por eso que se convierte en una gramínea con muchas bondades para tener en cuenta y ser implementada como fuente de forraje para las ganaderías en diversas regiones de Colombia.

Esta gramínea ha sido adoptada por gran cantidad

de productores ganaderos en nuestro medio, debido a que presenta una ventaja comparativa ante otros tipos de gramíneas; al soportar condiciones adversas como periodos de sequía prolongados así como encharcamiento, pudiendo obtenerse con está en condiciones de buen manejo cantidades permanentes y suficientes de biomasa forrajera.

Otra característica de gran importancia mundial hoy día de la *B. humidicola* tiene que ver con el enfrentamiento del cambio climático, debido a los resultados de las recientes investigaciones en las cuales se ha descubierto que esta reduce la huella de gases de efecto invernadero provenientes de la producción ganadera.

Referencias

1. Arias A, Hernández H. 2002. Composición química del pasto aguja (*Brachiaria humidicola*) sometida a pastoreo en una finca del municipio Guanares estado Portuguesa. Universidad de Los Andes: Revista Científica; 12(2).
2. Avilés W, Ayala A. 1994. Establecimiento de *Brachiaria brizantha* con mínima labranza en el norte de Yucatán, México. Pasturas Trop; 16(3):22.
3. Baruch Z, Fisher M. 1991. Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura, citado por Lascano C, Spain J (eds). Establecimiento y renovación de pasturas. CIAT. Pág. 103-142.
4. Baruch Z. 1994. Responses to drought and flooding in tropical forage grasses. I. Biomass allocation, leaf growth and mineral nutrients. Plant Soil; 164: 87-96.
5. Bernal J. 1994. Pastos y Forrajes Tropicales. Producción y manejo. Colombia. Banco ganadero.
6. Cab JF, Enríquez QF, Pérez JP, Garay AH, Herrera JG, Ortega JE, Quero AR. 2008. TecPecuMéc46(3):317-332.
7. Canchila E, Mildrey S, Ojeda F, Machado R. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp [acceso: Jun. 2010]. URL: <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v32n4/pyf02409.pdf>.
8. Cardona MG, Sorza JD, Posada SL, Carmona JC, Ayala SA, Álvarez O. 2002. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. Rev Col Cienc Pec; 15(2): 244.
9. Chacón C. Evaluación de pasturas de *Brachiaria humidicola* sola en asociación con *Desmodium ovalifolium*, en sistema de pastoreo rotativo, al norte del estado Táchira [acceso: Jun. 2010]. URL: http://avpa.ula.ve/eventos/ix_seminario_pastos_y_forraje/Conferencias/C10-CarlosChacon.pdf.
10. Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS. 2003. Understanding plant responses to drought: from genes to the whole plant. Funct. Plant Biol; 30: 239-264.
11. Chaves MM. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. Journal of Experimental Botany; 42: 1-16.
12. CIAT. 2010. Ganado, cambio climático y *Brachiaria*. Hoja informativa N° 12.
13. Clayton WD, Renvoize SA. 1986. Genera Graminum. Her Majesty's Stationery Office. Pág. 389.
14. Clements RJ. 1990. Centrosema species for semiarid and subtropical regions, citado por Schultze R, Clements RJ (eds). Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization. CIAT. Pág. 77-98.
15. Comerma J, Chacón E. 2002. Aptitud de los llanos venezolanos para los principales usos ganaderos. En Romero R, Arango J, Salomón J (eds). XVIII Cursillo sobre Bovinos de Carne. UCV Maracay, Facultad de Ciencias Veterinarias. Pág. 193-215.
16. Doorenbos J, Kassam A. 1980. Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO. Riego y Drenaje. Roma: Italia. Pág. 212.
17. Estrada J. 2001. Pastos y Forrajes Para el Trópico Colombiano. Colombia. Editorial Universidad de Caldas. Pág. 254.
18. Fisher MJ, Ludlow MM. 1984. Adaptation

- to water deficits in *Stylosanthes*. En Stace HM, Edey LA (eds). *The Biology and Agronomy of Stylosanthes*. Sydney: Academic Press. Pág. 163-179.
19. Foy CD. 1988. Plant adaptation to acid, aluminum-toxic soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*; 19:959-987.
 20. Gohl B. 1982. *Pensos Tropicales. Resúmenes informáticos sobre pensos y valores nutritivos*. Roma: Colección FAO, Producción y sanidad animal; 12: 549.
 21. Grisebach A. 1853. Gramineae. En: Ledebour C. F. (ed). *Flora Rossica*; 4:469.
 22. Guenni O, Baruch, Marín. 2004. Responses to drought of five *Brachiaria* species. II. Water relations and leaf gas exchange. *Plant Soil*; 258: 249-260.
 23. Guenni O, Marín, Baruch. 2002. Responses to drought of five *Brachiaria* species. I. Biomass production, leaf growth, root distribution, water use and forage quality. *Plant Soil*; 243: 229-241.
 24. Guenni, Gil, Baruch, Márquez, Núñez. Respuestas al déficit hídrico en especies forrajeras de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. (POACEAE) [acceso: Jun. 2010] URL:<http://www.scielo.org/ve/scielo.php?pid=S0378-18442006000700008&sCript=sciarttext>.
 25. Haynes RJ. 1980. Competitive aspects of the grass-legume association. *Adv. Agron*; 33:227-261.
 26. Lapointe SL. 1993. Manejo de dos plagas clave para forrajes de las sabanas neotropicales; 15(3):1-9.
 27. Laredo M, Cuesta P. 1988. Tabla de contenido nutricional en pastos y forrajes de Colombia. Instituto Colombiano Agropecuario: Programa de Nutrición Animal; Colombia. Pág. 77.
 28. Loch DS. 1997. *Brachiaria decumbens* (signal grass); a review with particular reference to Australia; 11(2):141-157.
 29. Ludlow MM, Chu ACP, Clements RJ, Kerslake RG. 1983. Adaptation of species of *Centrosema* to water stress. *Aust. J. Plant Physiol*; 10: 119-130.
 30. Ludlow MM. 1989. Strategies of response to water stress, citados por Kreeb KH, Ritcher H, Hinckley TM (eds). *Structural and functional responses to environmental stresses: Water shortage*. SPB. Pág. 269-281.
 31. Miles JW. 2006. Mejoramiento genético en *Brachiaria*. *Objetivos estratégicos, logros y proyección*. *Pasturas Tropicales*; 28(1):26.
 32. Paulino V, Anton D, Colozza M. 1987. Problemas nutricionales do género *Brachiaria* e algunas relações com o comportamento animal. *Zootecnia*; 25:215-263.
 33. Paulino V, Pedreira J, Camargo D, Meirelles N, Bianchini D, Oliveira P (eds). 1991. *Memorias del 2º encontróparadiscussãosobrecapinsdogéneroBrachiaria*. Instituto de Zootecnia y Fundação de Amparo á Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPSEP). Pág. 45 – 135.
 34. Pérez B, Lazcano CE. 1992. Pasto Humidicola (*Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickert). Boletín técnico no. 181. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).
 35. Pilger R. 1940. Panicoideae. En: Engler A (ed). *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*. Verlag Wilhelm Engelmann; 14:26-28.
 36. Renvoize SA, Clayton WD, Kabuye CHS. 1998. Morfología, taxonomía y distribución natural de *Brachiaria* (Trin.) Griseb. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. Miles J.W., B.L. Maass y C.B. do Valle (Eds.). CIATEMBRAPA/CNPQC, Cali. pp. 1-17.
 37. Romero S, Alfonso R, Medina R, Flores R. 2003. Evaluación inicial de la fertilización con roca fosfórica en tres especies del género *Brachiaria*. *Zootecnia Trop*; 21(2): 183-196.
 38. Saavedra A. 1990. El agua en las plantas. Editorial Trillas. México. Pág. 88

39. Salinas JG, Saif SR. 1990. Nutritional requirements of *Andropogon gayanus*. En: Toledo J. (eds): *Andropogon gayanus* Kunth: A grass for tropical acid soils. CIAT. Pág. 99-155.
40. Stapf O. 1919. Gramineae, Maydeae- Paniceae. En: Prain D. (ed). *Flora of tropical Africa*. Reeve and Co., Ashford, Kent, R.U; 9:505.
41. Tang D, Garvin L, Kochian M, Sorrells E, Carver B. 2002. Physiological Genetics of Aluminum Tolerance in the Wheat Cultivar Atlas 66. *Crop Sci*; 42: 1541-1546.
42. Thomas D, Grof B. 1986. Some pasture species for the tropical savannas of south America; III *Andropogon gayanus*, *Brachiaria* spp. and *Panicum maximum*; 55:557-565. Abstract.
43. Trinius CB. 1834. *Panicearum* genera. *Mem Acad Sci. Petersb. Ser 6*; 3:194.
44. Vergara J y Araujo O. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal in situ de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. *Revista Científica XVI*; (3): 239-248.
45. Watanabe T, Osaki M. 2002. Mechanisms of adaptation to high aluminum condition in native plant species growing in acid soils: a review. *Comm Soil Sci Plant Anal*; 33: 7-8.
46. Yuseika O, Machado R, Del Pozo P, Ramírez J, Olivares J. Persistencia del pastizal en una colección de *Brachiaria* spp. en un suelo ácido (acceso: Jun. 2010). URL:http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942008000400001&lng=en&nrm=iso.