



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS**



**Facultad de Ciencias Agropecuarias**

**Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey**

**Evaluación agronómica y del valor nutritivo y selección de  
accesiones de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.)  
Stapf en suelos ácidos.**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas**

**Autor: *Ing. Yuseika Olivera Castro, MSc.***

**Matanzas, 2016**



UNIVERSIDAD DE MATANZAS



Facultad de Ciencias Agropecuarias

Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey

**Evaluación agronómica y del valor nutritivo y selección de  
accesiones de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.)  
Stapf en suelos ácidos.**

**Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas**

**Autor:** *Ing. Yuseika Olivera Castro, MSc.*

**Tutores:** *Ing. Rey L. Machado Castro, Dr.*

*Ing. Pedro Pablo del Pozo Rodríguez, Dr.*

**Matanzas, 2016**

# *Fraxe*



*“Debemos en nuestros estudios e investigaciones, conceder la prioridad a los sistemas de explotación” (...) “Esto no quiere decir naturalmente que no haya que investigar para la introducción en nuestros pastos de nuevas especies o variedades mejoradas”.*

*Voisin, 1962*

# *Agradecimientos*



## **AGRADECIMIENTOS**

Se dice fácil pero difícil se hace transmitir en unas líneas, cuan agradecida le estoy a las personas que me han apoyado, ayudado y animado durante tanto tiempo en el desarrollo de esta tesis, sobre todo en aquellos momentos, en los que ya casi estaba a punto de desistir, y que pensaba que ya no podía continuar. Cada uno de los que menciono aportó su granito de arena en el momento oportuno para que yo pudiera llegar hasta aquí y si alguien se me olvida, que me disculpe, le aseguro que fue un olvido involuntario, pero está autorizado en escribir su nombre. Lo que acá queda plasmado no se compara con lo que siento.

A mis tutores, el Dr. Pedro P. del Pozo Rodríguez y muy en especial al Dr. Rey L. Machado Castro, por su atención y disposición para conmigo.

Al Dr. Javier Arece García, compañero durante muchos años y amigo, gracias por el apoyo ofrecido.

Al colectivo del Consejo Científico y de la Comisión de Postgrado de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, principalmente a los Doctores. Giraldo J. Martín Martín, Tania Sánchez Santana, Félix Ojeda García, Javier Arece García, Luis Lamela López, Jesús M. Iglesias Gómez, Odalys Toral Pérez, Osmel Alonso Amaro, Mildrey Soca Pérez, Arístides Pérez Vargas, Hilda Machado Martínez, Hilda B. Wencomo Cárdenas, Maybe Campos Gómez, Jesús Suarez Hernández y a los Maestros Milagros Milera Rodríguez, Juan C. Lezcano Fleires, Onel López Vigoa y Taymer Miranda Tortolo por su ayuda y consejos bien recibidos.

A la MSc. Lisset Castañeda Pimienta por su ayuda incondicional en el desarrollo de los experimentos.

A los obreros del área de germoplasma que siempre que se necesitó su apoyo no dudaron en ofrecerlo.

A mis amigos Elsa, Yolai, Tania, Osmel, Juan Carlos, Marlen, Odalys, Jesús, Aurora, Onel, Iván, Nidia, Taymer, Ernesto, Ana, por su apoyo y preocupación en todo

momento. Muchos de ellos fueron sostén en los momentos en que pensé desistir, por eso mil gracias.

A los choferes, Manolito, Efraín, Ramoncito, Francito, Adrián, Felitico, Jorge Luis (El Chery), Rubén, Pedrito, gracias a todos por ser condescendientes conmigo, cuando hubo momentos, en que por problemas de viales, casi no se podía acceder a la EEPF “Cascajal” y, por su empeño, todos los viajes se realizaron.

Al MSc. Juan Francisco Pedroso, Director de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Cascajal”, investigador y amigo, junto a su apreciado colectivo de trabajo, los compañeros Bárbara Cepero, Bárbara Ruíz, Xiomara Salazar, Raquel, Yousi y a todos los trabajadores de esa institución, a todos gracias porque fueron clave en el montaje, desarrollo y seguimiento de las investigaciones ahí realizadas.

Al Dr. José Luis Borques, Responsable del Laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma del Estado de México, por la ayuda brindada durante la estancia en ese recinto.

Al Dr. Rolando Rojo Rubio por formalizar la estancia en la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Autónoma del Estado de México y por el apoyo brindado durante la misma; así como por la preocupación para conmigo durante su asesoría en el tema de producción de gas *in vitro*.

A los amigos y colegas Agustín Olmedo, Agustín Hernández, Diana Morales, Magaly Sánchez, Andrés Alpizar, José Padilla, Saúl Garay y familia y Belisario Roncallo, aunque distantes, siempre brindaron su ayuda, apoyo y preocupación.

Al Dr. Mario Varela del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), por su ayuda y apoyo en los análisis estadísticos.

Al Dr. Alberto Hernández y al Dr. Pedro J. González, ambos del INCA, por sus bien recibidos consejos en el tema relacionado con la caracterización del suelo.

A las Doctoras Verena Torres, Magaly Herrera, Lucía R. Sarduí y a todo el colectivo de trabajo del Departamento de Biometría del Instituto de Ciencia Animal (ICA).

Al Dr. Redimio Pedraza de la Universidad de Camagüey, por sus buenos consejos en el tema de valor nutritivo de los forrajes.

Al Dr. Rafael Herrera por su ayuda y siempre colaboración.

A toda mi familia; la de Perico; la de San Cristóbal, en especial a Mercedes, Geno, Ariel, Katuska, Alain y Evelyn y a los que están mucho más lejos que, a pesar de la distancia que nos separa, siempre estuvieron pendiente de mis avances y me dieron ánimo en todo momento, a todos muchas gracias por el apoyo brindado.

A Valodia por ser sostén en estos últimos meses y ayudarme a seguir adelante.

A las Técnicas de laboratorio Luisa y Kesia, por la ayuda brindada en el procesamiento de las muestras y por la amistad que cultivamos.

A Maritza, Mercy, Marilyn, por su siempre colaboración.

A Luis Albelo Sánchez por su ayuda en el diseño de las figuras del documento.

A los compañeros de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey que de una u otra forma intervinieron en la realización y culminación de esta tesis.

*A todos, muchas gracias*

# *Dedicataria*



## DEDICATORIA



- mis padres, Olga y Chelia, porque gracias a ellos he llegado hasta aquí
- mi hermana, Zoimy, por su apoyo y confianza
- mis sobrinos, Gabriela y José Ángel, para que se sientan inspirados para el futuro

# Citación correcta Norma ISO 690

## **Según Sistema de Referencia Numérico**

1. Olivera-Castro, Y. 2016. Evaluación agronómica y del valor nutritivo y selección de accesiones de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf en suelos ácidos. [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas] Matanzas: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, 2016. 144 h.

## **Según Sistema de Referencia Apellido, año**

Olivera-Castro, Y. 2016. Evaluación agronómica y del valor nutritivo y selección de accesiones de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf en suelos ácidos. [Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas] Matanzas: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, 2016. 144 h.

# *Síntesis*



## SÍNTESIS

Con el objetivo de evaluar accesiones de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf y con ello seleccionar las más sobresalientes en suelos ácidos, se desarrollaron ensayos correspondientes a las dos primeras fases del flujo varietal. Los datos se interpretaron mediante Análisis de Componentes Principales, Análisis de Conglomerado y Análisis de Varianza. En la fase I, bajo sistema de corte durante un año, se incluyeron 36 accesiones, y con el empleo de siete variables, se seleccionaron 19, lo que representó el 52,8 % de la colección inicial. Estas se insertaron en la fase II, en un sistema de pastoreo y asociada con *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. CIAT-184, en la que se evaluó ese material a través de la evaluación en conjunto de 13 variables agronómicas y del valor nutritivo como aspecto novedoso. Después de tres años se seleccionaron las asociaciones que conformaron uno de los conglomerados, representado por *B. brizantha* CIAT-16335 y CIAT-26646. Estas asociaciones alcanzaron valores de disponibilidad de 3,72 t de MS/ha/rotación; 64,04 % de utilización por los animales; 11,22 % de PB; 65,19 % de DIVMS; una relación Vv/Vm superior a 2,25; una población superior al 80,0 % e incidencia de plantas arvenses inferior al 4,0 %. Estos resultados permitieron

proponerlas en calidad de variedades precomerciales para suelos caracterizados por la acidez y recomendar su inserción en el flujo varietal con el fin de documentar la información complementaria imprescindible para su selección en carácter de variedades comerciales.

# *Lista de abreviaturas*



## LISTA DE ABREVIATURAS

%-Porcentaje

ACP-Análisis de Componentes Principales

Al-Aluminio

b-Asíntota de la producción de gas degradable

c-Tasa de producción de gas

Ca-Calcio

CSIRO-Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation

(Mancomunidad de la Organización de Investigación Científica e Industrial)

CIAT-Centro Internacional de Agricultura Tropical

cm-Centímetro

CO<sub>2</sub>-Dióxido de carbono

cv.-Cultivar

DIVMS-Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca

DS-Desviación estándar

EEPF-Estación Experimental de Pastos y Forrajes

ES-Error estándar

FAD-Fibra ácida detergente

Fase *Lag*-Tiempo de colonización de los microorganismos

FND-Fibra neutra detergente

Ha-Hectárea

K-Potasio

Kg-Kilogramo

m-Metro

mL-Mililitro

Mg-Magnesio

Mn-Manganeso

MO-Materia orgánica

MS-Materia seca

N-Nitrógeno

Na-Sodio

°-'-"-Grado, minutos y segundos

°C-Grado Celsius

P-Fósforo

PB-Proteína bruta

PG-Producción de gas

pH (KCl)-Concentración de iones H en cloruro de potasio

pH-Concentración de iones H

PLL-Período lluvioso

PPLL-Período poco lluvioso

PSI-Pounds per Square Inch (Presión por pulgada cuadrada)

RCO-Reserva de carbono orgánico

SAS-Statistical Analysis System (Sistema de Análisis Estadístico)

SPG-Semilla pura germinable

SPSS-Statistical Package for the Social Sciences (Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales)

t-Tonelada

t de MS/ha-Toneladas de Materia Seca/hectárea

T-Capacidad de intercambio catiónico

UGM-Unidad de ganado mayor

V-Grado de saturación

Ve-Valor escalar

vc.-Variedad cultivada

Vm-Vástagos muertos

Vv-Vástagos vivos

# *Índice de Tablas*



## **CONTENIDO**

**Tabla 1.** Comportamiento del clima durante las etapas de investigación

**Tabla 2.** Características químicas del suelo (profundidad 20 cm)

**Tabla 3.** Descripción de los horizontes identificados

**Tabla 4.** Caracterización de las variables utilizadas en la fase I

**Tabla 5.** Variabilidad de la población y relación existente entre las variables

**Tabla 6.** Accesiones correspondientes a los grupos formados

**Tabla 7.** Tipificación de los individuos en cada grupo

**Tabla 8.** Caracterización de las variables utilizadas en la fase II

**Tabla 9.** Resultados del ACP y relación existente entre las variables

**Tabla 10.** Número de grupos, cantidad de accesiones y su identificación

**Tabla 11.** Tipificación de las accesiones en cada grupo

**Tabla 12.** Relación Vv/Vm y composición florística del pastizal

# *Índice de Figuras*



## **CONTENIDO**

**Figura 1.** Ubicación del área experimental

**Figura 2.** Dendograma obtenido mediante el análisis de conglomerado

**Figura 3.** Dendograma obtenido mediante el análisis de conglomerado

# *Índice de Contenido*



<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
1.1. <i>Brachiaria brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich.) Stapf .....	7
1.1.1. Ubicación taxonómica y descripción.....	7
1.1.2. Origen, distribución y adaptación.....	8
1.1.3. Potencialidad de <i>B. brizantha</i> para la producción ganadera.....	9
1.2. Los suelos ácidos. Características generales.....	17
1.2.1. Influencia de la acidez en el desarrollo de los pastos.....	17
1.3. Metodologías de evaluación de especies forrajeras.....	20
1.3.1. Evolución, conceptos y principales resultados en especies herbáceas.....	20
1.4. Métodos de análisis para estimar el valor nutritivo de las plantas....	27
<b>CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS. GENERALIDADES</b> .....	33
2.1. Ubicación del área experimental.....	33
2.2. Características del clima y del suelo.....	33
2.2.1. Elementos del clima.....	32
2.2.2. El suelo del área experimental.....	34
2.3. Secuencia de investigación.....	36
2.4. Descripción de la investigación.....	37

2.4.1. Preparación de suelo.....	37
2.4.2. Procedimiento experimental general.....	37
2.5. Análisis estadístico.....	40
<b>CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ACCESIONES DE</b>	
<b><i>Brachiaria brizantha</i>. FASE I.....</b>	<b>42</b>
3.1. Materiales y Métodos.....	43
3.2. Resultados y Discusión.....	45
<b>CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DEL VALOR</b>	
<b>NUTRITIVO DE ACCESIONES DE <i>Brachiaria brizantha</i> EN</b>	
<b>ASOCIACIÓN CON <i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT-184. FASE</b>	
<b>II.....</b>	<b>59</b>
4.1. Materiales y Métodos.....	60
4.2. Resultados y Discusión.....	68
<b>CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES GENERALES.....</b>	<b>91</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>133</b>

# *Introducción*



## **INTRODUCCIÓN**

El incremento de la población mundial y sus necesidades de alimentos de alta calidad ha estimulado el crecimiento consecuente de la masa ganadera, junto a otras producciones agrícolas. Para el caso particular de los países menos desarrollados, ello se ha convertido en una amenaza constante para las áreas de cría, desarrollo y explotación del ganado; lo que se debe a que estas áreas se someten a un alto grado de explotación, en la mayoría de los casos con pocos recursos y en condiciones de bajos insumos, ya que no se riegan y se emplea una dosis baja o nula de fertilización; lo que influye de forma directa en la degradación que sufren los pastos.

De esta manera, en la actualidad los pastizales degradados en el mundo alcanzan la considerable cifra de 650 millones de hectáreas y, de forma paradójica, las  $\frac{4}{5}$  partes de la producción mundial de la masa bovina-ovina-caprina (52 millones de toneladas), proviene de animales que se alimentan fundamentalmente de los pastos y sus formas conservadas (Brown, 2005); situación que ocurre de forma análoga con la producción de leche, la cual ha tenido un apreciable ascenso a través de los años, y habiéndose reportado una cifra de 754 millones de toneladas (Junior, 2008; Faye y Konuspayeva, 2012).

En ese contexto, Cuba no es una excepción. Así, en la década del 80 del pasado siglo, las especies de pastos mejorados llegaron a representar aproximadamente el 60 % de los pastizales en el país. Sin embargo, después de más de dos décadas en explotación, apenas alcanzan un 19 %, y algunos presentan un alto grado de degradación (Anónimo, 2012).

Además de este problema, existe una marcada pérdida de la fertilidad de los suelos ganaderos, elemento que constituye una de las causas principales de la degradación de los pastizales mejorados, cuya consecuencia se revierte en una marcada reducción del rendimiento y la calidad de la biomasa vegetal y su implicación directa en el decrecimiento de la producción de leche y de carne (Padilla *et al.*, 2009).

De manera general en el Informe de Cuba a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible Río+20 (Anónimo, 2012), se señaló que un elevado porcentaje del fondo de suelos de la República de Cuba se encuentran afectados por procesos de carácter natural o antrópico acumulados en el transcurso de los años. Ello ha conducido a que los procesos erosivos afecten a más de 2,5 millones de hectáreas, la elevada salinidad y sodicidad incurra en un millón de hectáreas, la compactación incida en unos 2,5 millones de hectáreas, los problemas de drenaje se contabilicen en 2,7 millones de hectáreas, el alto grado de acidez alcance a 2,3 millones de hectáreas y que el 60 % de la superficie agrícola del país se encuentre afectada por estos y otros factores (incluso por más de un factor a la vez) que pueden inducir a procesos de desertificación (Hernández *et al.*, 2006; Muñiz *et al.*, 2007). Estas limitaciones en los suelo han influido, de una u otra forma, en la degradación de los pastizales mejorados, lo que constituye un problema de primer

orden en el país (Padilla *et al.*, 2013). Es importante resaltar que, para el caso particular de Cuba, sólo el 9 % de los suelos ganaderos no presentan factores limitantes (Hernández, 2016).

En ese sentido, algunos resultados acerca de la fertilidad de los suelos ganaderos de Cuba mostraron, en casi su totalidad, valores muy bajos de materia orgánica (MO) y nitrógeno (N), y en el 25-30 % se evidenció una marcada acidez (Vargas *et al.*, 2003). Tales condiciones obligan a la adopción de estrategias encaminadas a la aplicación de tecnologías de orden fitotécnico, que incluyan la introducción y evaluación de especies y/o accesiones, que puedan contribuir al mejoramiento de los suelos en las condiciones antes descritas (Hernández *et al.*, 2006) y posibiliten alcanzar una adecuada producción, calidad y persistencia de los pastizales, ya que la alimentación animal en el país se sustenta principalmente en la utilización de los pastos y forrajes, por ser una de las fuentes más baratas (Verdecia *et al.*, 2014).

Por ello es imprescindible identificar las especies de pasto y/o sus variedades que crezcan, se desarrollen y produzcan en ecosistemas frágiles y degradados, de manera especial en aquellos que presentan suelos caracterizados por la acidez.

Aunque el potencial forrajero de las especies del género *Brachiaria* se reconoció por primera vez en Australia hace cerca de 40 años, sólo en los últimos 20 a 25 años se sembraron en América tropical, percibiéndose entonces el impacto que estas plantas pueden tener en la producción de biomasa.

En innumerables investigaciones se ha probado que las especies de este género crecen en una amplia gama de suelos y algunas de ellas son recomendadas específicamente para suelo ácido de acuerdo con los trabajos realizados, tanto en

Cuba como en otras zonas tropicales de América (Gerardo *et al.*, 1991; Canchila *et al.*, 2011); destacándose en este tipo de suelo *Brachiaria decumbens* (Stapf) R.D. Webster, *Brachiaria humidicola* (Rendle) Morrone & Zuloaga, *Brachiaria dictyoneura* (Fig. & De Not.) Veldkamp y *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf.

Rao *et al.* (1998) señalaron que las especies antes mencionadas, entre las que se destaca *B. brizantha*, han logrado colocarse entre las de mayor importancia económica en agroecosistemas de tierras bajas (sabanas y áreas de bosques) y del trópico húmedo y subhúmedo, especialmente en América del Sur, que en muchos de los casos, poseen suelos con acentuada acidez; donde estas plantas proporcionan una fuente importante de alimento para los rumiantes.

Sobre la base de lo descrito con anterioridad, es imprescindible identificar los materiales de *B. brizantha* que mejor se adapten a esos suelos a partir de sus características morfofisiológicas y productivas, las cuales pudieran hacer una mejor utilización de los nutrimentos y proporcionar suficiente biomasa, con la calidad requerida, para el mantenimiento, la producción y la reproducción de los animales en pastoreo.

De esa forma, la evaluación de una colección de *B. brizantha* en fases iniciales del flujo varietal y la selección de las más sobresalientes sobre la base de algunas variables agronómicas y del valor nutritivo, sería una opción que contribuiría a solucionar, en parte, la alimentación de la masa ganadera en los agroecosistemas ganaderos cubanos cuyos suelos se caractericen por la acidez (aproximadamente 700 000 ha), ya que éstas potencialmente pueden adaptarse, desarrollarse, producir y persistir en estos suelos (Grof, 1985; Rao *et al.*, 2006), donde abundan, de forma

natural y en complejas formaciones, especies de gramíneas naturalizadas, las cuales se caracterizan por su bajo rendimiento y calidad (Machado y Seguí, 1997).

Todos estos argumentos permiten esbozar la siguiente **hipótesis de trabajo**:

- La evaluación de accesiones de *B. brizantha* en fases iniciales del flujo varietal en suelos caracterizados por la acidez a partir de algunas variables agronómicas y del valor nutritivo, permitirán seleccionar las más sobresalientes para esas condiciones.

**Objetivo general:**

- Evaluar accesiones de una colección de *B. brizantha* en fases iniciales del flujo varietal mediante la utilización de algunas variables agronómicas y del valor nutritivo en suelos caracterizados por la acidez.

**Objetivos específicos:**

- Seleccionar los materiales con mejores características de adaptabilidad en la primera fase del flujo varietal mediante la utilización de algunas variables de carácter agronómico.

- Evaluar las accesiones sobresalientes en la fase inicial en condiciones de pastoreo y asociación a partir de la utilización en conjunto de algunas variables agronómicas y del valor nutritivo y seleccionar las asociaciones con mayor potencialidad de utilización para los ecosistemas ganaderos que se caractericen por la acidez de sus suelos.

**Novedad científica**

- Se utiliza una secuencia experimental que abarca la evaluación e identificación de los materiales sobresalientes de *B. brizantha* en dos fases iniciales del proceso

evaluativo, lo que permitió la propuesta de variedades precomerciales sobre la base de la expresión de algunas variables agronómicas y del valor nutritivo.

- Se alcanzan conocimientos básicos sobre el comportamiento agronómico de la especie *B. brizantha* en una condición edafoclimática y de manejo particular sin el uso de riego ni fertilización mineral y en asociación.

- Se enriquece la metodología de evaluación de pastos al incorporar nuevos aspectos metodológicos al flujo varietal: variables relacionadas con la nutrición; las cuales constituyen elementos de indiscutible utilidad en el proceso selectivo.

#### **Novedad práctica**

- Se proponen dos accesiones de *B. brizantha* seleccionadas en asociación en carácter de variedades precomerciales para suelos ácidos.

# *Capítulo 1.*

## *Revisión Bibliográfica*



## **CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

### **1.1. *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf**

#### **1.1.1. Ubicación taxonómica y descripción**

*B. brizantha* pertenece al Reino *Cormobionta*; División *Magnoliophyta*; Clase *Magnoliopsida*, Subclase *Commelinidae*; Orden *Poales*; Familia *Poaceae*; Subfamilia *Panicoideae*; Tribu *Paniceae*; Género *Brachiaria*; Especie *B. brizantha* [= *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster] (Gantner, 2012).

Esta especie se conoce popularmente, en diferentes países, como estrella de África, pasto señal, zacate señal, pasto la libertad.

Entre sus accesiones se incluyen materiales con diferentes hábitos de crecimiento, entre los que se encuentran tipos que varían desde los marcadamente erectos hasta los procumbentes y decumbentes. Algunas formas se propagan por rizomas y otras por estolones pero, en la generalidad de los casos, lo pueden hacer mediante porciones de macollas o por semilla, o ambas (Roche *et al.*, 1990).

Es una especie perenne que presenta macollas vigorosas, con tallos que pueden alcanzar hasta 2,0 m de altura o más. Posee rizomas horizontales cortos, duros y curvos, cubiertos por escamas glabras de color amarillo a púrpura. El sistema radical es profundo, lo que le permite sobrevivir durante períodos de sequía relativamente prolongados. Las raíces son de color blanco-amarillento y de consistencia blanda.

Los culmos, erectos o suberectos, son escasamente ramificados, glabros, con 6 a 14 internodios de 10 a 34 cm de longitud, cilíndricos, ovalados, de color verde o morado. Los nudos pueden ser glabros o glabrescentes de color morado. Los limbos son verdes y largos de 20 a 75 cm de longitud y de 0,8 a 2,4 cm en la parte más ancha; estos pueden ser lineales o lanceolados, adelgazando hacia el ápice, con los bordes de color blanco a morado y fuertemente dentados. Por lo regular se manifiestan sin vellosidades y son generalmente pubescentes hacia la base.

La lígula es membranácea-ciliada de 2 mm de longitud. La vaina, de 10 a 23 cm de longitud, es más corta que los internodios y de color verde, ocasionalmente con tonalidades moradas hacia los bordes, desde glabra hasta glabrescentes.

La inflorescencia, una de las de mayor longitud entre las especies de este género, se presenta en forma de panícula racemosa de 34 a 87 cm de longitud, con el eje principal estriado, glabro o piloso con 1 a 17 racimos solitarios, unilaterales y rectos, de 8 a 22 cm de longitud (Gantner, 2012).

### **1.1.2. Origen, distribución y adaptación**

*B. brizantha* es originaria de la región Centroafricana, que se caracteriza por poseer un clima tropical húmedo (Lemus y Lemus, 2004). Se encuentra distribuida en regiones con precipitaciones entre 800 y 1 500 mm por año y muchas de sus accesiones toleran suelos ácidos y de baja fertilidad (Lascano *et al.*, 2002). Sin embargo, según informan estos autores, crece mejor en suelos con fertilidad media a alta y presenta limitaciones para su crecimiento y desarrollo cuando existen condiciones de sequías muy prolongadas (Holmann y Rivas, 2005).

Esta especie posee varios cultivares con características relevantes en términos de adaptabilidad y utilización en una amplia gama de condiciones ambientales.

El cv. Xaraés o Pasto Toledo (CIAT-26110) es originario de África Oriental (Argel *et al.*, 2002) y fue recolectado específicamente en la región de Cibitoke en Burundi entre 1984 y 1985, desde donde fue introducido a Brasil en 1986 (Cerdas y Vallejos, 2012). Se adapta a zonas situadas entre 0 y 1 800 msnm, con una precipitación de más de 800 mm/año; se comporta mejor en suelos drenados de buena fertilidad y es medianamente resistente a la sequía.

El cv. Marandú (CIAT-6780), conocido en otras regiones por Diamante 1 (Costa Rica); Brizantha (Cuba), Insurgente (México) y Gigante (Venezuela), es originario de Rodesia, África y en la actualidad es la pastura mejorada más difundida y la que más se siembra y explota en Brasil y en la selva del Perú (Anónimo, 2009), debido a su adaptabilidad y productividad en una amplia gama de condiciones.

El cv. La Libertad (CIAT-26646) fue seleccionado en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 1987), Colombia. Este cultivar se adapta a regiones calientes, situadas entre 0 y 2 000 m de altitud, donde la precipitación excede 1 000 mm. Tolera el fuego y las heladas leves, pero es poco tolerante a suelos encharcados (Ruíz-Fonseca *et al.*, 2011).

### **1.1.3. Potencialidad de *B. brizantha* para la producción ganadera**

El género *Brachiaria* posee alrededor de 100 especies (Renvoize *et al.*, 1998). Algunas se han estudiado poco en el ámbito agropecuario debido a que no son de interés para la alimentación del ganado u otros fines (Rosero, 2011); mientras que otras se consideran como arvenses invasoras dentro de los pastizales y en otros

cultivos. Como parte de estas últimas se pueden mencionar *Brachiaria plantaginea* (Link) R.D. Webster, *Brachiaria subcuadripata* (Trin.) Hitchc. y *Brachiaria extensa* [= *Urochloa platyphylla* (Munro ex C. Wright) R.D. Webster]. Sin embargo, en este género se encuentran varias especies que se consideran de gran utilidad debido a su comportamiento y producción de biomasa de buena calidad y aceptabilidad por el ganado cuando se han explotado en diversas condiciones edafoclimáticas y de manejo. Entre estas se encuentran: *Brachiaria purpurascens* [= *Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q. Nguyen], *B. decumbens*, *B. humidicola*, *B. dictyoneura* y *B. brizantha*.

### **Producción, calidad de la biomasa y comportamiento general**

Es conocido que una de las variables más inestables, pero a la vez entre las más importantes en los pastos, es la producción de MS. Ello se debe a que esta puede ser afectada por la potencialidad del genotipo, por las condiciones de manejo a que se somete el pasto, por el suelo y su gradiente de fertilidad, por el empleo o no del riego y de la fertilización, así como por la época del año y la edad de la planta, entre otros factores.

En ese sentido, a través de los años, se han realizado innumerables investigaciones con diferentes períodos de duración y grados de complejidad con el fin de determinar el potencial de producción de biomasa de esta especie, el efecto de la estacionalidad, el comportamiento de las accesiones ante diversos tipos de estrés, la reacción ante el manejo con animales o el corte mecánico y el comportamiento agronómico, tanto en cultivo puro como en asociación, fundamentalmente con las especies de la familia de las leguminosas.

Como resultado de la evaluación de 36 ecotipos de varias especies del género *Brachiaria* en un suelo con problemas de textura, bajo condiciones de corte mecánico, sin riego y ni fertilización, se encontró que el rendimiento varió entre 20 y 34 t de MS/ha/año. En este ensayo las especies que alcanzaron una mayor producción fueron *B. humidicola*, con seis accesiones; *B. brizantha*, con tres accesiones y dos accesiones de *B. decumbens* y *Brachiaria nigropedata* (Ficalho & Hiern) Stapf. (Ferrufino y Vallejos, 1986). También Moreno-Ruíz *et al.* (1993) encontraron que las accesiones de *B. brizantha* y *Panicum maximum* Jacq. [= *Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs] mostraron la mayor tasa diaria de producción de MS (0,13 y 0,12 t/ha) en suelos Mollisoles ligeramente ácidos de Brasil. Ello es una muestra de la factibilidad de utilización de estas especies y sus accesiones en diferentes condiciones de suelo, donde es capaz de alcanzar altos rendimientos, incluso sin la utilización de riego y fertilización.

Por otra parte, al evaluar una colección de especies del género *Brachiaria*, se detectó que *B. brizantha* presentó una producción de biomasa más alta al ser comparada con otras especies de este género (Keller-Grein *et al.*, 1998). En este trabajo, *B. brizantha* CIAT-26110, CIAT-26318, CIAT-16467, CIAT-16315, CIAT-16113, CIAT-26124 y CIAT-26562 alcanzaron las mayores producciones de MS (5,8-4,7 t de MS/ha); mientras que las menores se encontraron en *Brachiaria ruzizensis* [= *Urochloa ruzizensis* (R. Germ. & Evrard) Crins] CIAT-26180 (3,5 t de MS/ha) y *B. humidicola* CIAT-16871 (3,4 t de MS/ha); aspecto que evidencia el contraste entre especies del mismo género. Un patrón similar se encontró al evaluar 14 ecotipos de *B. decumbens*, *B. brizantha* y *B. humidicola* en suelos ácidos del sur de Veracruz,

México, donde el promedio de producción de MS fue de 0,026; 0,048 y 0,059 t/ha/día a las 4, 8 y 12 semanas, destacándose, entre todos los materiales evaluados, *B. brizantha* CIAT-26646 y el cv. Insurgente (Enrique, 2001), por lo que este autor afirmó que esta especie demostró una mejor adaptación en esas condiciones.

Al comparar 24 accesiones e híbridos de diferentes especies forrajeras en un ecosistema de bosque húmedo tropical de Colombia, se detectó que las accesiones de *B. brizantha* alcanzaron las producciones más altas de MS (promedio de 4,68 t/ha), una mayor tolerancia al ataque de salivazo de los pastos (*Aeneolamia contigua* Walker) y una aceptabilidad relativa por los bovinos (Gómez *et al.*, 2000); por lo que estos autores consideraron que esta especie se podía utilizar como una alternativa para aumentar la productividad de las pasturas en esa zona.

Todos estos trabajos, en sentido general, demostraron las indudables potencialidades que posee *B. brizantha* y sus accesiones para ser utilizada en las más disímiles condiciones, lo que corrobora lo informado por Parra y Gómez-Carabalí (2000) al desarrollar un experimento en un suelo con pH~6,5 de Colombia, donde *B. dictyoneura* CIAT-6133 y *B. brizantha* CIAT-6780 con 2,4 y 3,3 t de MS/ha/corte superaron al resto de los materiales evaluados.

Es importante destacar que la producción de materia seca de las especies del género *Brachiaria*, como sucede en la mayoría de las gramíneas tropicales, depende considerablemente de las precipitaciones y de las condiciones de fertilidad del suelo. Según Argel *et al.* (2002) en la Altillanura colombiana la producción de MS de *B. brizantha* CIAT-26110 disminuyó de 76,4 a 52,6 % para el Piedemonte de los Llanos

Orientales y solo 10,6 % para el Piedemonte del Caquetá, lo que corroboró el efecto ocasionado por las condiciones ambientales durante ese período seco del año.

El contenido de PB de *B. brizantha* se encuentra en un rango aceptable, con variaciones que fluctúan entre 9-12 % (Bernabé, 2007; Sánchez, 2007a); sin embargo, se han realizado esfuerzos con el fin de potenciar esos valores.

En este sentido Albuquerque *et al.* (2009) al someter las especies *B. brizantha* y *B. decumbens* a diferentes dosis de nitrógeno, encontraron que en *B. brizantha* con el empleo de 250 mg de N/dm<sup>2</sup>, aumentó el tenor de PB hasta un 16,5 %, mientras que sin fertilizante el contenido fue de 8 %; con lo que demostró que la fertilización nitrogenada incrementó el contenido de este nutrimento en estas especies. También Cáceres *et al.* (2000) encontraron para las condiciones de Cuba que esta especie alcanza un contenido de PB de 14,9 % cuando fue fertilizada con 150 kg N/ha.

En la literatura se plantea que las especies del género *Brachiaria*, principalmente *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura* y varias de sus accesiones se pueden emplear tanto en sistemas con corte mecanizado como en condiciones de pastoreo (Lascano y Euclides, 1998).

Sin embargo, es importante resaltar que en varias investigaciones se comprobó la factibilidad de utilizar *B. brizantha* para explotarla en condiciones de pastoreo, ya que la misma ha mostrado buen comportamiento en sistemas con animales.

En ese sentido *B. brizantha* se introdujo en áreas del Estado Lara, Venezuela que se dedican a la ganadería de doble propósito para solventar el déficit de alimento fibroso. En esas áreas esta especie soportó altas cargas y los contenidos de PB cuando las praderas fueron bien manejadas, variaron entre 7-14 %, y la digestibilidad

entre 55-70 %; en tanto que la producción de leche estuvo entre 8 y 9 kg/animal/día; mientras que en términos de producción de carne se encontraron ganancias de 500 a 750 g/animal/día, en invierno y verano, respectivamente (León, 1997).

Por otra parte, Machado (1998) al estudiar durante dos años una colección de 16 accesiones de *Brachiaria* spp., que incluyó a la especie *B. brizantha*, en un sistema de pastoreo simulado, sin riego ni fertilización, encontró que las accesiones de *B. brizantha* también mostraron un mejor potencial de adaptación en esas condiciones, en las que se utilizaron altas cargas instantáneas (135-240 UGM/ha) y globales (2,3-4,6 UGM/ha), mientras que las accesiones de *B. dictyoneura* presentaron el peor comportamiento en término de disponibilidad, porcentaje de utilización, en lo que pudo influir su hábito de crecimiento. Entre las accesiones de *B. decumbens* sobresalió el cv. Basilisk; para las condiciones en que se realizó la investigación y recomendó emplear a la *B. brizantha* CIAT-16448, por su mejor desempeño, al alcanzar una disponibilidad de 6,7 t de MS//rotación y 58,6 % en términos de utilización para los dos años de evaluación.

Al evaluar la densidad de plantación del guaje [*Leucaena collinsii* Benth. y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit], asociado con *B. brizantha* cv. La Libertad (CIAT-26646) en un sistema silvopastoril, a través de la cantidad y calidad de forraje ofrecido y su efecto en la ganancia diaria de peso de ovejas en pastoreo, en la época de lluvia y de seca, se observó que la producción de forraje y el contenido de proteína bruta de la gramínea fue mejor en la asociación en la época de lluvia (Benítez *et al.*, 2010).

Otros resultados en pasturas de *B. brizantha* cv. Marandú (CIAT-6780), permitieron detectar que la disponibilidad de forraje de esta planta no resultó ser una limitante

para el consumo realizado por los novillos que se encontraban en pastoreo en áreas establecidas con ese cultivar (Rodríguez *et al.*, 2013), lo que reafirmó la factibilidad de utilización de esa accesión para la alimentación de la masa ganadera vacuna.

De manera general y, sobre la base de los resultados expuestos, se considera que las especies y accesiones del género *Brachiaria* en las que se ha investigado y/o comparado en diferentes ambientes y regiones en las más disímiles condiciones de suelo y manejo, en particular las de *B. brizantha*, han mostrado resultados alentadores para su explotación como alimento, ya sea bajo sistemas de explotación con corte mecánico o en pastoreo directo.

Es reconocido que el área cubierta por el pasto base y su estabilidad en el tiempo; así como el grado de afectación producido por las plagas y otros tipos de estrés sobre el follaje y/o sistema radical, son factores que pueden incidir en el buen comportamiento de las especies y/o accesiones inicialmente establecidas y, por consiguiente, en su selección.

Vargas (citado por Chamorro, 1998), al evaluar una colección de diferentes especies y accesiones del género *Brachiaria* en áreas del municipio Alpujarra, Colombia, comprobó que *B. brizantha* CIAT-6780 fue la de mejor comportamiento al alcanzar una cobertura de 85 y de 96 % a las 13 y 22 semanas posteriores a la siembra, respectivamente, lo que estuvo asociado, principalmente, a que esta accesión mostró mejor adaptación a las condiciones donde se desarrolló el estudio.

Por otra parte, Passoni *et al.* (1992), al estudiar varias especies de gramíneas, observaron que *P. maximum* presentó una cobertura del 100 %, *B. decumbens* CIAT-606 de 85 % y *B. brizantha* de 92 %; mientras que *Andropogon gayanus* Kunth CIAT-

621 y *B. dictyoneura* CIAT-6133 alcanzaron 98 y 97 %, respectivamente, cuando todas tenían la misma edad, lo que confirma los altos valores que se pueden esperar en ese importante carácter en esas especies, comparable con el de otras gramíneas de hábito rastrero, que también manifestaron un comportamiento sobresaliente en ese sentido.

Es reconocido que las plagas inciden de forma negativa en el comportamiento de los pastos, en dependencia del grado de afectación que éstas puedan producir sobre sus componentes. Sin embargo, muchos autores han sugerido que este no es un problema grave para muchas de las especies del género *Brachiaria*, debido a la resistencia o tolerancia mostrada por éstas ante el ataque de insectos fitófagos y microorganismos patógenos. Se ha señalado que entre los cultivares liberados por el CIAT, el más resistente al ataque de plagas fue *B. brizantha* cv. Marandú (Valerio *et al.*, 1998).

Se considera que los resultados referidos son consistentes y confirman el buen comportamiento que se ha obtenido, y que se debe esperar, al evaluar distintos materiales de las especies del género *Brachiaria* y, en especial, del germoplasma de la especie *B. brizantha* y sus accesiones más destacadas. Ello justifica y, a la vez, motiva a diseñar investigaciones encaminadas a su valoración y selección a partir de colecciones más o menos amplias de esta especie, en condiciones edafoclimáticas específicas y manejadas con diferentes regímenes de explotación.

De ahí la necesidad actual por profundizar aún más en el conocimiento de sus potencialidades como gramínea forrajera, pero sobre todo de sus posibilidades de adaptación en condiciones edafoclimáticas específicas de interés, en particular, para

aquellas donde prevalezcan suelos caracterizados por la acidez, debido a sus atributos de especificidad para esas condiciones.

## **1.2. Los suelos ácidos. Características generales**

Entre las limitantes que afectan de forma marcada a los agroecosistemas se encuentra la acidez del suelo. Este carácter, unido a la escasa disponibilidad de nutrimentos ocasiona la baja productividad que caracteriza a los suelos ácidos. Aunque la acidificación es un proceso natural, la agricultura, la polución y otras actividades humanas de diversa índole aceleran este proceso (Zapata, 2006).

La acidez influye directamente en la fertilidad de los suelos, al ocasionar un menor grado de solubilidad de los elementos nutritivos para las plantas, y con ello se afecta la producción agrícola (FAO, 2000). La acidez está asociada con varias características del suelo las cuales fueron expuestas por Rowell (1994); entre las que cita: el bajo contenido de Ca y Mg intercambiable y el bajo porcentaje de saturación de bases; la alta proporción de Al intercambiable; una capacidad de intercambio de cationes más baja que en suelos menos ácidos con características similares y los cambios que ocurren en la disponibilidad de nutrimentos, por ejemplo, la reducida solubilidad del fósforo (P).

De manera general se puede afirmar que la acidez interfiere en los procesos físico-químicos que suceden en el suelo y, con ello, se afecta el comportamiento y la producción de los cultivos.

### **1.2.1. Influencia de la acidez en el desarrollo de los pastos**

Los suelos ácidos están ampliamente difundidos en los trópicos ya que cerca del 43 % de las áreas que conforman las zonas tropicales están incluidas en esa

clasificación. En el caso particular de Cuba, los suelos ácidos abarcan 2,3 millones de ha (Anónimo, 2012) y representan aproximadamente el 30 % de las áreas dedicadas a la ganadería (Vargas *et al.*, 2003), lo que constituye una seria limitante para el crecimiento y desarrollo de los pastos no adaptados a esas condiciones.

Es importante enfatizar que los suelos ácidos se caracterizan por la toxicidad de varios minerales como el Al y el Mn y las deficiencias de P, Ca y Mg. En más del 80 % de estos suelos el crecimiento de las plantas está afectado por la toxicidad del Al el cual se considera un factor fuertemente limitante de la productividad, cuyo principal síntoma es la inhibición del crecimiento radical (Azpilicueta *et al.*, 2010) y desempeña un efecto tóxico cuando penetra en el interior de la célula, aunque se desconoce la forma en que lo hace. Además, se ha detectado que el Al puede desplazar al Ca y también puede inducir deficiencias de Mn y P, lo que limita la funcionalidad de la planta (Anónimo, 2002).

En los suelos ácidos que no presentan altos contenidos de Al, el principal efecto de la acidez se manifiesta en que ciertos nutrientes, en particular el P, no se encuentran disponibles para el cultivo. La deficiencia de P ocasiona un menor crecimiento vegetal, la presencia de una coloración verde y azul en las hojas (Mesa, 1986) y una pobre formación de los frutos (Blum, 1988). Este elemento, como es conocido, es esencial para la fisiología de las plantas, debido a que participa activamente en las funciones reproductivas, estructurales y energéticas.

Se debe señalar que el P en el suelo mantiene una alta estabilidad química, por lo que su solubilidad resulta baja y a veces puede causar deficiencias en las plantas (Mesa, 1986), sobre todo cuando se presenta una acidez alta.

De manera general las especies que crecen y se desarrollan en suelos ácidos poseen mecanismos para su adaptación a esas condiciones (Rao *et al.*, 1998a). Según estos autores, algunas de las especies de *Brachiaria* son capaces de aumentar el pH de la solución nutritiva; mientras que otras utilizan un mecanismo en el que las raíces son bañadas por mucílagos que las lubrican. Estos mucílagos tienen cargas negativas que pueden unir cationes y secuestrar iones de Al y, de esta forma, evitar su entrada en la raíz y, de hecho, en la planta.

En el caso particular de las especies del género *Brachiaria* se ha avanzado considerablemente en la identificación de accesiones de accesiones adaptadas al estrés provocado por los suelos ácidos (Rao *et al.*, 1996; Rao *et al.*, 1997). Esos autores propusieron que la identificación de atributos de la planta que contribuyan a la tolerancia a este tipo de suelo se debe llevar a cabo como un proceso obligatorio del cual dependerá la selección y mejora de genotipos de especies de este género para esa condición. Además, declararon que, en general, las accesiones de *Brachiaria* son tolerantes a los suelos caracterizados por acidez y que entre los atributos utilizados por las mismas se encuentran los asociados con la cualidad de adquirir los nutrientes esenciales como N, P y Ca.

No obstante enfatizaron en la necesidad de su identificación en ecosistemas específicos, aspecto que se debe tomar en consideración en el proceso de selección de germoplasma con adaptabilidad para esos ecosistemas, lo que reviste una notable importancia para países como Cuba, en los que se ha utilizado la introducción y selección de germoplasma con características específicas de

adaptabilidad como herramienta de mejora de probada utilidad (Machado *et al.*, 2006).

Por lo planteado con anterioridad, se hace indispensable la búsqueda de especies y/o accesiones que posean características genotípicas deseables para atributos asociados a la tolerancia al estrés originado por agentes de diferente índole entre ellos la acidez.

En ese sentido, una de las estrategias que se ha utilizado en los últimos años es la mejora a través de la evaluación y selección de forma tradicional (evaluación en campo), lo que constituye una parte integral de la obtención de nuevos acervos genéticos para diferentes limitantes del suelo. Ello ha sido confirmado con los resultados de *Brachiaria* spp. en lugares caracterizados por suelos de mediana fertilidad (Roche *et al.*, 1995), los que se distinguen por el encharcamiento prolongado (Olivera y Machado, 2004), así como en los ácidos (Hernández *et al.*, 1981).

### **1.3. Metodologías de evaluación de especies forrajeras**

#### **1.3.1. Evolución, conceptos y principales resultados en especies herbáceas**

La selección de las variedades de pastos y forrajes como base de la estructura de los agroecosistemas productivos y como elemento esencial de las tecnologías que sustentan estos sistemas, es una labor ardua y compleja, particularmente para los países en desarrollo (Machado *et al.*, 1997), en los que se han utilizado disímiles metodologías, con sus principios y estrategias, con el fin de optimizar en lo posible la validez de los resultados.

En Australia, país con una fuerte tradición en la explotación de los pastizales para la producción animal, se produjo, en décadas anteriores, un acentuado desarrollo de investigaciones encaminadas a la evaluación de los pastos. Según informes de la CSIRO (1980) en ese país se visualizó, como estrategia lógica, la de evaluar las accesiones en parcelas pequeñas cuyas dimensiones variaban entre 3,0 y 6,0 m<sup>2</sup>, utilizando frecuencias de corte fijas para los períodos poco lluvioso y lluvioso, así como mediciones y uso de escalas gradológicas para categorizar la magnitud de las variables.

Además, de acuerdo con esos informes, se realizaron importantes trabajos acerca de la estabilidad y la composición del pastizal y la relación suelo-planta-animal; así como investigaciones más profundas en esta temática, en las cuales se incluyeron las asociaciones de plantas con leguminosas herbáceas y ensayos a largo plazo con técnicas de manejo en los que se utilizaron animales de diferentes categorías.

De acuerdo con las directrices y principios establecidos en la fase inicial de evaluación asumieron diversos criterios para el desarrollo de estos trabajos en lo referente a: la cantidad de especies a evaluar, el tamaño de las parcelas y la frecuencia de observación de las variables; estos criterios se establecieron con objetividad de acuerdo con los fines perseguidos en las estrategias de investigación adoptadas a tales efectos (CSIRO, 1981), en las que se utilizaron parcelas pequeñas.

En el caso de Cuba, existió un consenso generalizado con relación a la evaluación preliminar asociado a la necesidad de evaluar, por primera vez, el comportamiento

de un alto número de especies y de reciente introducción en el país, algunas de ellas desconocidas.

De esa forma, muchos de los ensayos que se realizaron abarcaron amplios grupos de géneros y especies, no amplios grupos de accesiones de la misma especie, lo cual limitó, en cierto modo, la certeza de seleccionar la mejor accesión específica para un ambiente en particular. Ejemplo de ello fueron los trabajos de Machado y Rodríguez (1978) en el que evaluaron un grupo de gramíneas de diferentes géneros y el de Machado y Pedraza (1981) en el que se investigó acerca del comportamiento inicial de 38 variedades, de ellas 30 gramíneas y ocho leguminosas.

No obstante, un principio básico asumido en la fase inicial de evaluación de las colecciones, a partir del año 1973, fue emplear parcelas pequeñas que no excedieron en ninguno de los casos los 5 m<sup>2</sup> o 6 m<sup>2</sup> y el criterio de la no repetición, debido a que el objetivo principal de esa fase fue lograr una ponderación del comportamiento general de los materiales introducidos o colectados y realizar un proceso de discriminación, lo más justo posible, de aquellos materiales que se caracterizaban por una menor adaptación debido a una marcada despoblación y baja tolerancia a diversas manifestaciones de estrés, o por una baja potencialidad para la producción de biomasa asociada a un pobre crecimiento y desarrollo; así como la selección de los tipos más sobresalientes que, con posterioridad, formarían parte de ensayos más complejos en fases subsiguientes del flujo varietal.

Con antelación a esa fecha, estos ensayos se habían realizado en parcelas más grandes en las que se aplicaron diferentes frecuencias y alturas de corte, pero con el mismo principio de la no repetición (Blanco *et al.*, 2012).

Algunos de los resultados alcanzados en etapas de evaluación inicial, fueron: la evaluación de 127 accesiones de reciente introducción al país en ese momento (Machado y Rodríguez, 1978); los relacionados con la evaluación de varias gramíneas pertenecientes a los géneros *Panicum*, *Brachiaria*, *Cynodon*, *Paspalidium* y *Heteropogon* (Hernández y Pérez, 1983); así como el estudio, en fase inicial, de una amplia colección de accesiones de especies del género *Brachiaria* (Roche *et al.*, 1995).

En todos esos ensayos primó el empleo de parcelas sencillas (entre 3 y 6 m<sup>2</sup>), sin la inclusión de réplicas.

La concepción del flujo de evaluación de germoplasma de pastos, a la que se hizo referencia ha permanecido vigente con el transcurso del tiempo tanto en el país como en el ámbito internacional. Prueba de ello son los resultados publicados a principios de la década de los 90' (CSIRO, 1990), los reportados por Skerman y Riveros, (1990) acerca del comportamiento de colecciones de gramíneas en diferentes condiciones; los de Smith *et al.* (2001), en los que se evaluó el rendimiento de gramíneas forrajeras en parcelas sencillas pequeñas y los de Rogers (2007), quien evaluó la resistencia al estrés salino en varias especies de gramíneas, con el empleo de esas mismas dimensiones de parcela.

Criterios similares fueron utilizados, al evaluar colecciones de leguminosas forrajeras (Silveri *et al.*, 2002) en los que se utilizaron amplios grupos de accesiones dentro de un mismo género y uso de parcelas simples, que variaron en dimensión en dependencia de las especies incluidas.

Uno de los aspectos metodológicos de relevante importancia en materia de mejora y selección, es el referente al diseño experimental y el uso o no de la fertilización y el riego en la fase subsiguiente del flujo varietal, denominada fase II.

En los ensayos desarrollados en Cuba en esa fase predominó la utilización del diseño de bloques al azar, con el cual se logra controlar, como es conocido, la heterogeneidad del área por efecto del bloque (Balzarino *et al.*, 2004) y la utilización o no del riego y de la fertilización en dependencia de los ambientes representativos del ecosistema existente y de los objetivos de la investigación.

Los primeros resultados relacionados con la evaluación de pastos “en fase II” se hallaron, en la mayoría de los casos, en ensayos y experimentos desarrollados en ambientes favorables. En ellos se utilizó riego o no y fertilización (con una dosis media de 150 kg de N/ha) o, al menos, esta última aplicada durante el período lluvioso. Entre estas se pueden citar el de la selección de accesiones de *P. maximum* en seco y con riego y la utilización de fertilizante químico en un suelo Ferralítico Rojo (Seguí y Machado, 1986); la evaluación de una colección de *Brachiaria* spp. bajo pastoreo, en condiciones de seco y con fertilización media (Machado y Núñez, 1991) y otro ensayo en el que se estudiaron 11 somaclones de *Pennisetum purpureum* [= *Cenchrus purpureus* (Schumach.) Morrone] en un suelo Ferralítico Rojo con riego (Roche y Hernández, 1993).

Sin embargo, alrededor de los años 90´ el empleo de insumos (riego y fertilización química) decreció de forma marcada, debido a problemas con la importación de fertilizantes, lo que condujo a la puesta en marcha de investigaciones sin la aplicación de fertilización mineral o excepcionalmente con dosis mínimas.

Por las razones antes citadas desde esa fecha hasta la actualidad han primado las condiciones de nulos o bajos insumos en los experimentos. Entre esos se citan: la evaluación de 16 gramíneas sin riego en un suelo Pardo con Carbonato (Gerardo y Rodríguez, 1987); el estudio de una colección de *P. maximum* sin riego ni fertilización para la selección de las mejor adaptada esas condiciones (Seguí *et al.*, 1994); el estudio de una colección de *Brachiaria* spp. en un suelo caracterizado por la acidez; así como la evaluación de una colección de *P. maximum* en pastoreo en un suelo Ferralítico Rojo, ambos sin insumos (Olivera y Machado, 2004a; Machado, 2013).

Los experimentos diseñados al inicio del programa de introducción y selección de germoplasma forrajero abarcaron amplios grupos de géneros y especies, razón por la que la filosofía actual, desde estas primeras fases del flujo varietal, ha estado dirigida hacia la búsqueda de accesiones con adaptación específica y, en particular, a ambientes desfavorables, sobre la base de la evaluación de colecciones más o menos amplias de una especie, o de especies afines del mismo género, y su inserción en etapas complementarias del flujo varietal (Machado y Seguí, 1997).

Sobre la base de los años de experiencia y el acervo de la información existente sobre esta temática, se creó una metodología de evaluación de especies herbáceas (Machado *et al.*, 1997) la cual se corresponde con los criterios mundialmente aceptados para este tipo de investigación. Esta metodología, en constante perfeccionamiento, está encaminada a sustentar el trabajo a desarrollar en términos de introducción, evaluación y selección del material accedido por las diferentes vías (recolecta nacional, introducción foránea, mejora genética o biotecnológica) dentro del flujo varietal ya en ejecución.

Entre los resultados, algunos de ellos como antecedente a la metodología y siguiendo la secuencia experimental propuesta se encuentran: la evaluación de 25 accesiones de los géneros *Brachiaria*, *Cenchrus*, *Chloris*, *Cynodon*, *Digitaria*, *Hemarthria* y *Panicum* (Gerardo y Oliva, 1979); la comparación de 240 accesiones de *P maximum* en un suelo de mediana fertilidad (Seguí y Mendoza, 1999). También, y prosiguiendo con el mismo criterio, se alcanzaron resultados satisfactorios al evaluar colecciones de especies de la familia de las leguminosas (Olivera *et al.*, 2005; Olivera, 2011).

Formando parte de esta metodología se estableció, como principio general, que los ensayos en fases más avanzadas (fase II) se debían replicar (al menos tres repeticiones) y utilizar para ellos parcelas más grandes (nunca inferiores a 20 m<sup>2</sup>). En algunos de los experimentos también prevaleció el criterio de asociar especies de la familia de las gramíneas y de la familia de las leguminosas, tanto arbóreas como herbáceas; por los aportes positivos que brindan estas últimas como alimento animal y los beneficios que conceden al mejoramiento y la conservación del medio ambiente (Simón *et al.*, 2001; Altieri, 2001); así como la utilización de animales (fundamentalmente bovinos) a través del sistema conocido como “pastoreo simulado” o con la inclusión de parcelas replicadas en uno de los cuartones correspondientes a un sistema determinado (Machado *et al.*, 2006).

Los aspectos abordados permiten ponderar la importancia que reviste en la actualidad la secuencia de evaluación que se debe implementar, desde sus primeras fases, como elementos precursores imprescindibles de las fases subsiguientes del flujo de variedades, incluyendo las investigaciones complementarias.

El proceso de acceso a germoplasma de gramíneas y leguminosas desde los primeros años de la década del 60 hasta inicios del 90 y su selección en diferentes fases del flujo varietal, permitieron la propuesta y aprobación de 30 variedades comerciales de pastos y forrajes (17 gramíneas y 13 leguminosas), las cuales, según Machado y Seguí (1997) poseen potencial adaptativo y productivo para un amplio rango de ambientes en función de los gradientes de fertilidad, humedad, sequía y otras limitantes de los ecosistemas ganaderos cubanos.

Ello representó un indudable avance para la creación de la estructura varietal en el país, lo que se considera puede ser optimizado en la actualidad al valorar colecciones más o menos amplias de una especie en ambientes específicos y, en particular, en ambientes con limitaciones representativos de los agroecosistemas ganaderos vigentes, en los que se incluyan variables relacionadas con el comportamiento agronómico, bromatológico y del valor nutritivo, de manera tal que se puedan alcanzar resultados de connotada relevancia para la mejora de las áreas dedicadas a la explotación de los pastos y los forrajes en los agroecosistemas con limitaciones para la producción ganadera.

#### **1.4. Métodos de análisis para estimar el valor nutritivo de las plantas**

La calidad nutricional o valor nutritivo de los forrajes está determinado por su cualidad de suministrar los nutrimentos requeridos por los animales para su mantenimiento, crecimiento, producción y reproducción, y es una función del consumo, la digestibilidad y la eficiencia con estos se empleen (Norton y Poppi, 1995).

Los pastos están conceptualizados como una fuente apropiada de alimentos para los rumiantes, principalmente en países de clima tropical como Cuba. Ello se debe al elevado número de especies que pueden ser utilizadas para estos fines, la posibilidad de su cultivo durante todo el año, la capacidad del rumiante de utilizar alimentos fibrosos, además, de que suele ser una fuente económicamente barata (Herrera, 1983).

Por esas razones, en el país, se han realizado y se continúan realizando ingentes esfuerzos en la introducción de nuevas especies y variedades de pastos con los que se pueda alcanzar un mayor rendimiento de biomasa y a la vez una calidad superior. Entre otras, se encuentran las especies de los géneros *Brachiaria*, *Cynodon*, *Panicum* y *Pennisetum*, géneros en los que algunas de sus especies abrieron nuevas expectativas por su amplio rango de adaptación, mayor producción de forraje y superior calidad nutricional (Ramírez *et al.*, 2009; Ramírez, 2010).

Hasta los momentos actuales se han empleado numerosos métodos para el análisis del valor nutritivo de las especies de los géneros antes mencionados y otras especies, entre las que se encuentran: bolsa *in situ* en rumen (Pedraza, 1998; 2000), el análisis proximal y su método alternativo para la determinación del fraccionamiento de la fibra (Van Soest, 1994), la digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry, 1963) y la técnica de producción de gases *in vitro* (Menke y Steingass, 1988).

También se han utilizado los *n*-alcanos para estimar el consumo y la composición botánica de la dieta de animales en pastoreo (Sánchez, 2007) y los que utilizan instrumentales y equipos modernos (Juárez *et al.*, 2013), que en los últimos años han cobrado auge, ya que son técnicas de evaluación de alimentos que no ocasionan

daño físico a los animales (excepto el que puede provocar la canulación) y propician que, de forma rápida, se obtengan resultados confiables (Pedraza, 2000).

### **Características de la técnica de producción de gas *in vitro***

La técnica de producción de gas *in vitro* ha sido centro de la atención de investigadores de diversas áreas del mundo y de diferentes disciplinas, que estudian los impactos directos o indirectos de la producción animal en el ambiente (Krishnamoorthy *et al.*, 2005).

Conceptualmente esta técnica es un método *in vitro* que permite determinar la extensión y la cinética de la degradación del alimento mediante el volumen de gas producido durante el proceso fermentativo. Además, esta técnica tienen más ventajas que los realizados *in vivo*, porque son económicos y consumen menos tiempo; además, mantienen condiciones experimentales más precisas y, a la vez, permiten estudiar simultáneamente un número mayor de muestras (Rymer *et al.*, 2005); lo que se considera que constituye una de sus mayores ventajas en comparación con otras técnicas.

Los principios generales de esta técnica son: uso de sustratos molidos, un medio anaeróbico, un inóculo ruminal y una incubación en baño de maría o incubadora ajustados a 39 °C; de esta forma se mide la producción de gas a intervalos regulares de tiempo lo que permite definir la cinética de la fermentación (Williams, 2000).

### **Aplicaciones de la técnica de producción de gas**

Con la técnica de producción de gas se puede monitorear fácilmente la dinámica de la fermentación del sustrato sin necesidad de detener el proceso, lo que permite trabajar con poca cantidad de sustrato y con un alto número de muestras por

incubación (Fondevila y Barrios, 2001), acciones que ponen en ventaja dicho proceder.

Esta técnica ha sido empleada para evaluar alimentos (González-Ronquillo *et al.*, 2009; Juárez *et al.*, 2009); estudiar los mecanismos de la fermentación microbiana y determinar el modo de acción de varios suplementos y factores antinutricionales (Getachew *et al.*, 1998).

En la literatura, tanto nacional como internacional, existen reportes del uso de esta técnica para determinar el valor nutritivo de las diferentes especies. Ejemplo de ello fue el estudio realizado por Pedraza *et al.* (2008), donde comparó tres especies de gramíneas forrajeras: la pangola (*Digitaria decumbens* Stent), la camagüeyana [*Bothriochloa pertusa* (L.) A. Camus] y la guinea (*P. maximum*) y determinó que el mayor valor nutritivo se encontró en la hierba camagüeyana, a pesar de ser un pasto natural, en la que los valores reportados fueron 10,4; 15,7 y 0,060 para los parámetros Fase *Lag*, *b* y *c*, respectivamente. Este comportamiento, según estos autores, pudo estar influenciado por distintos factores relacionados con la superior defoliación de la pangola, dada por la posible mayor preferencia de los animales por esta especie, a su respuesta fotoperiódica y a los propios efectos de la sequía, que es una condición que predomina en la región donde se realizó este estudio.

Además, otros estudios en el que se empleó esta técnica fueron los realizados en la arbórea *Samanea saman* (Jacq.) Merr. (Ojeda *et al.*, 2012) y en varios pastos tropicales y en la leguminosa rastrera *Desmodium* sp. (González *et al.*, 2013).

En el caso particular de las especies del género *Brachiaria*, se estudió la cinética de degradación y la fermentación ruminal de la especie *B. brizantha* cv. Marandú

sometida a diferentes edades de corte (Castro *et al.*, 2007) e intensidad de pastoreo (Marchesin, 2010).

Resultados importantes de la aplicación de esta técnica se hallaron cuando se estudió la composición química y la degradación de nutrimentos en las especies de pastos *P. purpureum*, *Pennisetum purpureophoides*, *Sorghum sudanense* (Nees ex Steud.) Millsp. & Chase, *B. brizantha*, *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. y *P. maximum* (Santoso y Hariadi, 2008), así como los alcanzados en *P. purpureum* y en árboles leguminosos (Rodríguez, 2004; 2010) y forrajeros (Camacho *et al.*, 2010).

Esos trabajos demuestran la valía y amplias posibilidades de utilización de esta técnica, por lo que se considera que con la misma se puede complementar y contribuir al rigor científico del trabajo de caracterización, evaluación y selección agronómica, incluso empleándola desde fases tempranas del proceso selectivo en las que se deben incluir, a la vez que se constituya como un aspecto de primordial importancia y conocimiento para potenciar el uso de los materiales seleccionados en los ecosistemas ganaderos más diversos.

En este capítulo se hizo un análisis de los aspectos más importantes referente a la especie *B. brizantha*, particularmente en lo relacionado con su caracterización botánica, su utilización, su producción y calidad, así como las potencialidades para adaptarse a condiciones limitantes de carácter edáfico, especialmente a las que competen con la acidez; además se hizo referencia a los criterios metodológicos utilizados para la evaluación y selección de pastos que se emplean en Cuba y en otros países y se comentan las posibilidades que poseen los métodos para la estimación del valor nutritivo, con sus características, variantes y aplicaciones a partir

de los resultados obtenidos. Todo ello permite ponderar los aspectos fundamentales relacionados con el desempeño de esa especie desde el punto de vista productivo y de adaptabilidad; así como las posibilidades del uso de las metodologías de evaluación de germoplasma como una vía eficaz para la identificación de los genotipos más ventajosos en las más disímiles condiciones ambientales que caracterizan los agroecosistemas productivos y las ventajas que se pudieran alcanzar con la inclusión de variables del valor nutritivo como parte del proceso selectivo, incluso desde sus etapas tempranas.

*Capítulo 2.*  
*Materiales y Métodos.*  
*Generalidades*



## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS. GENERALIDADES**

### **2.1. Ubicación del área experimental**

Los experimentos se desarrollaron en áreas de la Estación Experimental de Pastos y Forrajes Cascajal, ubicada al oeste del poblado de Cascajal, municipio Santo Domingo, provincia Villa Clara a los 30° 21´ de latitud Este y 20° 21´ de longitud Oeste (fig. 1), a 60 msnm.

### **2.2. Características del clima y del suelo**

#### **2.2.1. Elementos del clima**

El clima de la zona está clasificado como tropical, característico de Cuba, con marcada estacionalidad de las lluvias. El período poco lluvioso (PPLL), se extiende desde noviembre hasta abril y el período lluvioso (PLL), se enmarca desde mayo a octubre (Academia de Ciencias de Cuba, 1989).

En la tabla 1 se indican los valores de algunos elementos del clima durante toda la etapa experimental. Estos valores fueron recopilados de una Estación Meteorológica tipo A ubicada aproximadamente a 30 km de los predios de la Estación.

Como se observa, el volumen de precipitación varió entre 1 109,4 hasta 1 697,7 mm y solo en el primer año de la segunda fase, fue superior a la media de los 23 años anteriores al período de investigación.

Las temperaturas máximas, mínimas y media y la humedad relativa mostraron valores muy similares entre los años, y variaron en un rango muy estrecho alrededor de la media histórica de los 23 años anteriores al período experimental. Las horas luz también mostró valores muy cercanos entre los años; sin embargo, en toda la etapa experimental esta variable fue superior a la media histórica.

**Tabla 1.** Comportamiento del clima durante las etapas de investigación

Etapas de investigación	Año	Variables					Horas Luz (h)
		Precipitaciones (mm)	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	
			máxima	mínima	media		
Fase I	Año 1	1 109,4	30,6	19,0	24,0	81	7,8
	Año 1	1 697,7	31,5	19,5	24,4	78	7,9
Fase II	Año 2	1 153,5	31,3	19,2	24,3	76	8,0
	Año 3	1 262,3	30,2	18,5	23,6	77	7,8
Media histórica*		1 292,4	30,9	19,3	24,2	78,8	7,6

\*Media de los 23 años anteriores a la investigación

### 2.2.2. El suelo del área experimental

Las fases experimentales se llevaron a cabo sobre un suelo Gley Nodular Ferruginoso, petroférico, dístico (Hernández *et al.*, 2015).

En la tabla 2 se encuentran los valores de algunas de las variables tomadas en consideración para la caracterización química del suelo. La misma se realizó a una profundidad prefijada de 0-20 cm, ya que en ese rango es donde principalmente se desarrolla la mayor cantidad de raíces de la especie estudiada (Gantner, 2012).

De acuerdo con los valores de estas variables, el suelo presenta un pH ácido, así como bajos contenidos de materia orgánica (MO), N total, P asimilable. Entre los cationes intercambiables existe un ligero predominio del Ca, aunque en general, todos se encuentran en déficit.

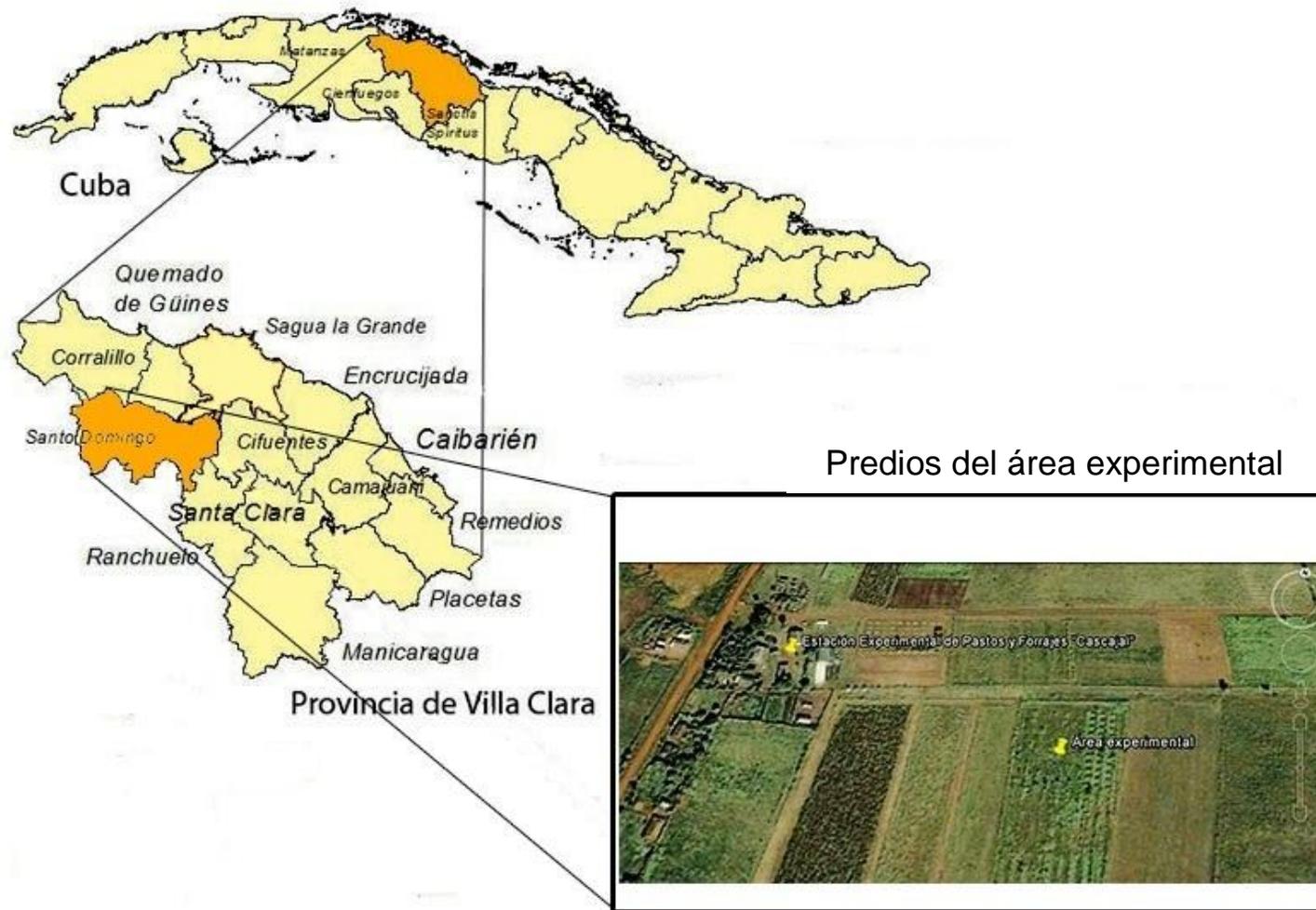


Figura 1. Ubicación del área experimental

También este suelo se caracterizó por presentar un bajo valor en el contenido de carbono (C) 1,11 %, en la Reserva de carbono orgánico (RCO) 27 t/ha y en la Capacidad de intercambio catiónico (T), 11,9 cmol y la reserva de saturación (V) fue del 57 %.

En función de estas características, se puede considerar como un suelo ácido y de baja fertilidad.

Los experimentos, en ambas fases, se establecieron en un área que muestra un relieve llano, de buen drenaje externo, con una pendiente de 1-2 %. El material originario es sedimentos binarios, material de textura franca sobre capa arcillosa ferratizada y la vegetación natural inicial predominante en el terreno, estaba conformada por pastos mejorados, en bajas proporciones, producto de la dispersión a partir de otras áreas experimentales; así como especies arvenses de la familia *Poaceae* y de otras familias.

**Tabla 2.** Características químicas del suelo (profundidad 20 cm)

<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Método Analítico</b>
pH (KCl)	4,2	Potenciométrico (DNSF, 1976)
MO (%)	1,91	Oniani (AOAC, 1995)
N total (%)	0,40	Kjeldahl (Jackson, 1958)
P asimilable (mg/100 g)	1,90	Walkley-Black (Paneque, 2001)
Ca (mg/100 g)	4,90	Maslova (Dinchev, 1972)
Mg (mg/100 g)	1,20	Maslova (Dinchev, 1972)
Na (mg/100 g)	0,05	Maslova (Dinchev, 1972)
K (mg/100 g)	0,11	Maslova (Dinchev, 1972)

La excavación de una calicata representativa del área, permitió identificar tres horizontes bien definidos, cuya descripción de sus propiedades físicas se resume en la tabla 3 y en el Anexo 1.

Características de diagnóstico: Propiedades gléycas a menos de 50 cm de profundidad, éutrico.

Perfil diagnóstico: A-Bptf(g)-C<sub>1</sub>gnf-C<sub>2</sub>g

**Tabla 3.** Descripción de los horizontes identificados

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A <sub>11</sub>	0–12	Color 10 YR <sup>5</sup> / <sub>4</sub> , pardo amarillento, franco, estructura nuciforme, seco, friable a ligeramente compactado, medianamente poroso, muchas raíces finas en los primeros 5 cm, 5 % de gravas recubiertas por hierro y redondeadas, sin reacción al HCl, transición gradual.
A <sub>12</sub>	12–25	Color 10 YR <sup>4</sup> / <sub>3</sub> , pardo, franco, estructura nuciforme y de bloques angulares finos, medianamente poroso, un poco más compactado y húmedo, sin raíces, 10 % de las mismas gravas, algunas angulares, sin reacción al HCl, transición notable.
B <sub>ptf (g)</sub>	25–70	Horizonte petroférico con muchas gravas ferruginosas redondeadas. El bloque al romperse muestra muchas gravas negras, duro, compactado, sin raíces, transición notable.
C <sub>1gnf</sub>	70–110	Horizonte con gravas de mayor tamaño, fragmentos de bloques petroféricos y muchas gravas con recubrimiento arcilloso de color rojo (2 YR <sup>4</sup> / <sub>6</sub> )
C <sub>2g</sub>	110–130-+	Capa arcillosa, color 10 YR <sup>4</sup> / <sub>6</sub> , pardo amarillento oscuro, con manchas de gley, de color 10 Y <sup>14</sup> / <sub>2</sub> (verde grisáceo oscuro) y 10 YR <sup>5</sup> / <sub>6</sub> (pardo amarillento), arcilloso, no se aprecia la estructura, poco poroso, compactado y ligeramente plástico.

### 2.3. Secuencia de investigación

La secuencia de investigación se desarrolló en dos etapas fundamentales a las cuales le correspondieron sendas fases (Anexo 2): una primera fase en la que se realizó la caracterización agronómica de las accesiones pertenecientes a una colección de *B. brizantha* introducida. A esta etapa se le denominó Fase I.

Su objetivo estuvo dirigido a realizar una discriminación del material accedido y, por consiguiente, la primera selección de los materiales con mejores características de adaptabilidad en parcelas sencillas y pequeñas, donde estos fueron sometidos a corte mecánico.

Con posterioridad el material seleccionado se evaluó en una segunda fase, a la que se le denominó Fase II. En esta se llevó a cabo la segunda selección en un experimento en el que se utilizaron réplicas, asociación y manejo con animales, donde se identificaron los individuos que deben formar parte del flujo varietal, los cuales se conceptúan como “variedades precomerciales” de acuerdo con la categoría de denominación aceptada.

Además, durante esa fase se determinaron algunas variables del valor nutritivo de los materiales seleccionados en la primera fase.

## **2.4. Descripción de la investigación**

### **2.4.1. Preparación de suelo**

Para la preparación de suelo, en ambas fases, se empleó el método convencional consistente en aradura, pase de grada, cruce, pase de grada y surcado.

Para ello se utilizó un tractor YUMZ, un arado ADI-3 y una grada ligera (1 200 kg), con una separación entre las labores de 20 días aproximadamente. Estas labores se realizaron a una profundidad de 20 cm.

### **2.4.2. Procedimiento experimental general**

Para llevar a cabo las mediciones y estimaciones se tomó como base la Metodología para la evaluación de especies herbáceas propuesta por la Estación Experimental de

Pastos y Forrajes Indio Hatuey (Machado *et al.*, 1997), aprobada por la Subcomisión Nacional de Variedades de Pastos y Forrajes.

A continuación se describen las variables comunes que se emplearon en ambas fases del período experimental. Las especificidades y procedimientos para su determinación en cada fase de estudio, así como otros detalles de interés, se describen en los materiales y métodos en los capítulos 3 y 4.

Altura vegetativa. Para la determinación de la altura vegetativa se empleó una regla graduada que se colocó de forma perpendicular y siempre sobre la superficie del suelo. Para ello se tomó el valor medio del mayor conglomerado posible de hojas suspendidas en la mano.

Hojosidad. Esta variable denota la densidad de hojas y/o profusión de vástagos o brotes foliados en la parte aérea de la planta. Su estimación se llevó a cabo de forma visual y para ello se empleó la siguiente escala:

1= Pésima: (< 50 % de hojas) En las plantas se aprecia abundancia o prevalencia de tallos con internodios largos, hojas cortas y/o muy angostas.

2= Baja: (51-60 % de hojas) En las plantas se aprecia abundancia o prevalencia de tallos con internodios cortos y hojas medianas y/o estrechas.

3= Regular: (61-70 % de hojas) En las plantas se aprecia la presencia de tallos con internodios cortos y hojas largas y/o relativamente anchas.

4= Buena: (71-80 % de hojas) En las plantas se aprecia abundancia de hojas con relación a los tallos y presencia de internodios cortos y hojas largas y/o anchas.

5= Excelente: (>81 % de hojas) En las plantas se aprecia predominio de las hojas sobre los tallos, internodios muy cortos y hojas muy largas y/o anchas.

Cobertura. Para estimar la cobertura de las parcelas por las accesiones, de forma visual, se empleó la siguiente escala:

1= 10-20 % de área cubierta (muy poco cubierta).

2= 21-40 % de área cubierta (poco cubierta).

3= 41-60 % de área cubierta (parcialmente cubierta).

4= 61-80 % de área cubierta (cubierta).

5= > 81 % de área cubierta (bien cubierta).

Vigor. Para determinar los valores de esta variable de forma visual, se tuvo en cuenta la presencia individual o combinada de cuatro elementos fundamentales; a) debilidad en los componentes del follaje; b) coloración de las plantas; c) lesiones o síntomas causados por insectos fitófagos y microorganismos patógenos; d) estrés provocado, indistintamente, por: marchitez, poco desarrollo de los vástagos, necrosamiento y subdimensionamiento de hojas y/o tallos. Para este indicador se empleó la escala que a continuación se especifica:

1= Pésimo (a, b, c, y d son extremadamente negativos).

2= Bajo (al menos 2 elementos son positivos y el resto muy negativo).

3= Regular (al menos 2 elementos son muy positivos).

4= Bueno (solo un elemento es negativo y el resto positivo).

5= Excelente (todos los elementos son muy positivos).

Síntomas causados por microorganismos patógenos. Se realizaron observaciones visuales por medio de una escala gradológica:

0= 0 % de área foliar afectada.

1= 1 % de área foliar afectada.

2= 5 % de área foliar afectada.

3= 10 % de área foliar afectada.

4= 25 % de área foliar afectada.

5= 50 % de área foliar afectada.

6= 100 % de área foliar afectada.

Determinado el grado de afectación predominante en cada observación, este se asentó en la planilla de campo para todas y cada una de las accesiones. Posteriormente se determinó el porcentaje de infestación para cada accesión mediante la función propuesta por Townsend-Heusverger (CIBA-GEIGY, 1981):

$$II (\%) = \left( \frac{\sum (n*v)}{i*N} \right) \times 100$$

Leyenda:

I I= índice de infestación (%)

n= número de plantas afectadas

v= grado de la escala según el porcentaje de daño predominante en las plantas

i= máximo valor de la escala

N= número total de plantas muestreadas

100= constante numérica

Durante todo el período experimental no se empleó riego ni fertilización.

## **2.5. Análisis estadístico**

En ambas fases se utilizó el Análisis de Componentes Principales (ACP). Este permitió determinar la variabilidad explicada por todas las variables tomadas en consideración y sus relaciones. Para identificar las componentes que explicaron la mayor variación, se seleccionaron aquellas que tuvieron un valor propio superior a uno (Philippeau, 1986); mientras que para identificar las variables que más influyeron en la variabilidad extraída por cada componente se tomó en consideración que los

factores de suma o preponderancia alcanzaran un valor superior a 0,60 (Morrison, 1979).

Para agrupar las accesiones y seleccionar aquellas que tuviesen características semejantes más prominentes, se empleó el Análisis de Conglomerados, a partir de los resultados obtenidos en el ACP. Como criterio de agrupación se utilizó la Distancia Euclidiana y el método de Ward como forma de agregación jerárquica ascendente (Torres *et al.*, 2006). La línea de corte para la formación de los grupos se basó en el criterio del investigador (Núñez y Escobedo, 2011).

En el caso de la Fase I, se estableció, como principio, seleccionar aquellas accesiones que mejor se comportaran, pero nunca en un porcentaje inferior al 50 % de la colección y para la Fase II, seleccionar la mejor o mejores asociaciones en términos de su comportamiento a partir de todas las variables utilizadas.

De esta forma se dispuso de grupos que permitieron hacer un análisis veraz del comportamiento de los individuos de los grupos formados. Además, se determinaron los estadígrafos media y desviación estándar para las variables analizadas en cada una de esas fases.

Para las variables relación Vv/Vm y composición florística, se realizó análisis de varianza a partir de un modelo que incluyó los efectos de las accesiones y/o asociaciones y las réplicas. Previo a este análisis se comprobó la distribución normal a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homogeneidad de varianza. Las medias se compararon a través de la prueba de rangos múltiples de Duncan, para un nivel de significación de  $p < 0,05$  (Duncan, 1955).

Para los análisis se empleó el paquete estadístico SPSS Versión 15®.

## *Capítulo 3.*

# *Evaluación y selección de accesiones de Brachiaria brizantha. Fase I*



### **CAPÍTULO 3. EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ACCESIONES DE *Brachiaria brizantha*. FASE I**

En Cuba el germoplasma obtenido a través de las diferentes vías utilizadas para su introducción ha sido evaluado sistemáticamente en los denominados “campos de evaluación inicial” a partir de la premisa de que los resultados obtenidos constituyen un punto de partida eficaz y, hasta la actualidad, han demostrado su incuestionable valía como parte indispensable del proceso de mejora que se ha llevado a cabo en el país desde los primeros años de la década de los años 60.

Esta etapa se realiza, en cualquiera de las condiciones edafoclimáticas que se estime conveniente para un fin o fines determinados, acorde con la política de investigación trazada por las instituciones encargadas de llevar a cabo esta importante labor.

Por ello se considera que se deben tener en cuenta aquellos lugares que se caracterizan por la acidez de sus suelos, debido, en primer lugar, a los efectos negativos que causa este factor, especialmente si el pH se encuentra en un rango de valores alrededor de cuatro (Zapata, 2006); en segundo lugar, por la ausencia de resultados a partir de la evaluación de accesiones de una sola especie particular en suelos ácidos y, en tercer lugar por la presencia de estos suelos en un considerable porcentaje de las áreas ganaderas cubanas (Vargas *et al.*, 2003).

En este capítulo se exponen y discuten los resultados procedentes de la selección de los materiales con mejores características de adaptabilidad en la fase inicial a partir de una colección introducida de *B. brizantha* en un suelo caracterizado por la acidez.

### **3.1. Materiales y Métodos**

*Diseño y tratamientos.* Se emplearon parcelas sencillas de 4,9 m<sup>2</sup>, sin réplicas, con separación entre las calles de 1,50 m en ambos sentidos. Los tratamientos consistieron en 36 accesiones de *B. brizantha*, todas procedentes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia: 1539, CIAT-16110, CIAT-16125, CIAT-16128, N° 1, CIAT-16132, CIAT-16154, CIAT-16160, CIAT-16197, CIAT-16300, CIAT-16303, CIAT-16307, CIAT-16311, CIAT-16316, CIAT-16317, CIAT-16322, CIAT-16332, CIAT-16334, CIAT-16335, CIAT-16438, CIAT-16448, CIAT-16461, CIAT-16467, CIAT-16469, CIAT-16473, CIAT-16482, CIAT-16485, CIAT-16809, CIAT-16819, CIAT-16827, CIAT-26032, CIAT-26110 (cv. Toledo), CIAT-26290, CIAT-26646 (cv. La Libertad), CIAT-6780 (cv. Marandú) y cv. Insurgente.

#### ***Procedimiento experimental***

*Plantación y establecimiento.* La plantación se realizó en la última quincena de abril. En todos los tratamientos se utilizaron porciones de macollas con una longitud aproximada de 20,0 cm, conformadas por 5-8 vástagos, los que se plantaron a una profundidad estimada de 10,0 cm. Las parcelas estuvieron conformadas por dos surcos espaciados a 0,70 m e igual distancia entre plantas. Tanto los surcos como las macollas extremas estuvieron separados de los bordes a una distancia de 0,35 m.

Durante los primeros 45 días posteriores a la plantación se realizaron dos labores de limpieza en las calles y se sustituyeron plantas débiles o muertas mediante su oportuna resiembra.

La etapa de establecimiento transcurrió en el período correspondiente a los meses de junio a febrero. El corte de homogenización se llevó a cabo cuando se cumplieron los criterios asumidos para definir esta etapa. Los mismos fueron: altura vegetativa de la planta superior a 30 cm y valores de la cobertura del área de la parcela nunca inferior al 80 %.

*Período de explotación y mediciones.* El período de explotación fue de 12 meses a partir del corte de homogenización, el que se realizó al culminar la etapa de establecimiento. En ese período se midió la altura vegetativa de la planta y se estimaron variables tales como: la hojiosidad, el vigor, la cobertura y el porcentaje de infestación causado por microorganismos patógenos, las cuales fueron descritas en el Capítulo 2.

Todas las variables se estimaron con una frecuencia de 15 días (posterior al corte de homogeneización) durante toda la etapa experimental, excepto la altura vegetativa y la cobertura, las cuales se midieron y estimaron en el momento del corte de evaluación, respectivamente.

Las mediciones de la altura vegetativa de la planta y las estimaciones de la hojiosidad, el vigor y el porcentaje de infestación causado por microorganismos patógenos se realizaron en cuatro macollas por parcela, lo que representó un tamaño de muestra del 40 %; mientras que para la cobertura se tuvo en cuenta el área total de la parcela.

Además, se midió el rendimiento de biomasa. Para ello se utilizó la variante de muestreo sistemático, consistente en la utilización de un marco de 0,25 m<sup>2</sup>, el cual se lanzó dos veces en cada una de las parcelas, lo que representó un tamaño de muestra del 10,2 %. Las porciones del pasto en cada marco se cosecharon manualmente a una altura de 20 cm por encima del nivel del suelo procediéndose al pesaje del total de la biomasa cosechada. Esta última se homogenizó y se tomó una muestra de aproximadamente 300 g para determinar el porcentaje de MS, a partir de la cual se calculó el rendimiento en términos de MS/ha/corte (expresado en toneladas).

Esta medición se realizó en dos ocasiones (por época del año). Invariablemente se realizaron cortes de homogeneización, aproximadamente a los 45 y 60 días previos a los cortes de evaluación (para los períodos lluvioso y poco lluvioso, respectivamente), lo que constituyó la edad del rebrote.

El análisis estadístico utilizado para el procesamiento de los datos se describió de forma detallada en el Capítulo 2. Para esta etapa se confeccionó una matriz de datos, cuyas columnas estuvieron representadas por las variables (6) y las filas por los tratamientos (36).

### **3.2. Resultados y Discusión**

En una investigación de carácter agronómico constantemente interactúan factores que dependen tanto de las características fisiológicas de las plantas y de las propiedades físicas y químicas del suelo, como de los factores climatológicos imperantes y del manejo utilizado, los cuales ejercen un efecto conjunto e interactivo en el comportamiento general del vegetal.

Por esas razones, autores como Linares *et al.* (1986) sugieren utilizar alguna de las variantes del análisis estadístico multivariado, en los que se incluyan todas y cada una de las variables, ya que de esta forma se mantienen estructuras de correlación de relevante interés que coadyuvan a explicar los resultados de forma confiable con el necesario rigor.

Por ello, la aplicación de las técnicas multivariadas se considera una alternativa muy eficaz para interpretar los resultados y con una adecuada fiabilidad. No obstante, de acuerdo con los objetivos de la investigación, la aplicación del análisis univariado complementaría la información para ciertas variables cuyo resultado se consideren importantes al analizarlas de forma puntual.

Una de las técnicas multivariadas más utilizadas en la actualidad es el Análisis de Componentes Principales (ACP), propuesto por Pearson en el año 1901. Esta técnica ha sido utilizada en la interpretación de datos provenientes de investigaciones en la rama agropecuaria (Rodríguez, 2008; Segura, 2014).

Según Torres *et al.* (1993) el uso de este método ofrece mejores resultados, permite un considerable ahorro de recursos físicos y de tiempo, y brinda al investigador una mayor flexibilidad al determinar la combinación de características que contribuyen a la identificación de tipos superiores para caracteres de connotación agroproductiva.

Por esas razones, la interpretación de una matriz de datos, a través de un ACP, facilita las herramientas necesarias para abordar con efectividad y rigor esta compleja problemática (Cruz *et al.*, 2013; Garzón y Delgado, 2014), unido ello al sentido biológico que debe primar en la interpretación de los datos (Varela, 1998).

Al analizar los resultados del comportamiento estacional (Anexos 3 y 4), se pudo comprobar que en ambos períodos sobresalieron más del 50 % de las accesiones que conforman la colección, aspecto que se considera alentador para este tipo de estudio en función de los objetivos previstos.

No obstante, es importante denotar que existió coincidencia para la casi totalidad de los materiales sobresalientes en ambos períodos, 19 accesiones (52,7 %) por ello se justifica, llevar a cabo el análisis de los resultados a partir de su comportamiento anual de los mismos, sin particularizar en el comportamiento estacional, como se ha procedido normalmente en este tipo de investigaciones de carácter discriminativo (Sosa *et al.*, 2008; Machado, 2013).

Por ello, como estrategia de trabajo, se decidió realizar el análisis de los resultados a partir del comportamiento anual, incluyendo todos esos materiales, los cuales se consideran representativos para ambos períodos, pues lo que se pretende es identificar las accesiones que mostraran el mejor desempeño de forma general en términos de adaptación en un suelo ácido y sin el uso de insumos.

Previo al ACP, se llevó a cabo la caracterización de las variables (tabla 4). Para ello se determinó la media y la desviación estándar de cada una de ellas.

**Tabla 4.** Caracterización de las variables utilizadas en la fase I

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>
Cobertura (Ve)	3,44	0,6
Vigor (Ve)	3,47	0,6
Hojosidad (Ve)	3,50	0,5
Altura vegetativa (cm)	35,15	4,6
Afectaciones provocadas por microorganismos patógenos (%)	0,82	0,1
Rendimiento (t de MS/corte)	2,64	0,9

En la tabla 5 se indican los resultados del ACP. De estos valores se infiere que la variabilidad que caracterizó a la población fue alta, ya que en las dos primeras componentes se explicó el 81,1 % de la misma. De este porcentaje más de la mitad fue explicado en la CP1, en la que las variables que más contribuyeron a su formación fueron la cobertura, el vigor, la hojicidad y el rendimiento.

**Tabla 5.** Variabilidad de la población y relación existente entre las variables

Variables analizadas	Componentes principales	
	CP1	CP2
Cobertura (Ve)	<u>0,94</u>	0,21
Vigor (Ve)	<u>0,95</u>	0,20
Hojicidad (Ve)	<u>0,97</u>	0,17
Altura vegetativa (cm)	0,46	<u>-0,70</u>
Afectaciones provocadas por microorganismos patógenos (%)	-0,45	<u>0,71</u>
Rendimiento (t de MS/corte)	<u>0,78</u>	0,12
Valor propio	3,74	1,12
Varianza (%)	62,46	18,60
Acumulado (%)	62,46	81,06

*Valores subrayados indican mayor contribución*

Este resultado significa que entre los tratamientos, en las condiciones de suelo y de clima existentes, se encontraron aquellos en los que para esas variables se alcanzó un mayor grado de diferenciación en relación con el resto de la población; variables que, por su naturaleza, están muy relacionadas con la adaptabilidad.

Es importante destacar que el rendimiento de biomasa estuvo relacionado con la cobertura, el vigor y la hojicidad. Esas variables, por su carácter, son eminentemente positivas y estuvieron relacionadas entre sí, lo que posibilita llevar a cabo la selección cuando todas, e incluso cualquiera de ellas, se tomen en consideración en la agrupación subsecuente.

El segundo eje (CP2), fue explicado fundamentalmente por las afectaciones provocadas por microorganismos patógenos y la altura vegetativa, observándose que esta última se movió en sentido contrario. Sin embargo, de acuerdo al valor de la varianza que extrajo esta componente (18,6 %) se puede asumir que la variación entre las accesiones fue relativamente baja en función de estas variables, aun cuando pueden utilizarse para enjuiciar el comportamiento de ese germoplasma, ya que el valor propio en esa componente fue superior a uno (Philippeau, 1986). De esta forma, todas se tomaron en consideración para realizar el análisis de agrupación subsiguiente.

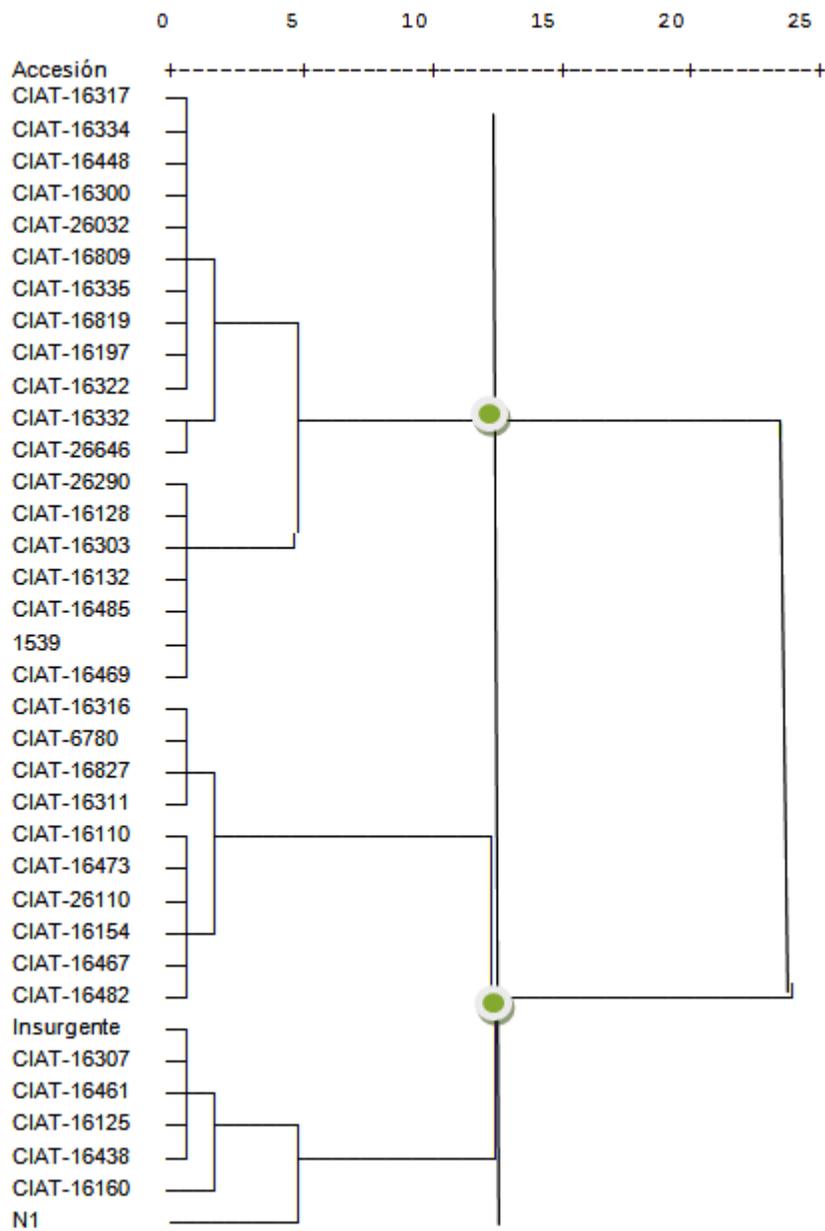
La altura vegetativa y las afectaciones provocadas por microorganismos patógenos no se relacionaron con ninguna de las variables que explicaron la CP1 en virtud de los principios de este tipo de análisis, que plantea, entre otras consideraciones, la inexistencia de relación entre las componentes (Philippeau, 1986).

Aunque se ha demostrado que la altura es una variable que por lo regular se encuentra bien relacionada con el rendimiento (Machado, 2013), en este caso no se cumplió este patrón. Ello puede ser atribuido a que en el rendimiento puede intervenir y modificar su expresión la variable antes mencionada; así como otras no menos importantes como las dimensiones foliares (longitud, ancho y grosor), el diámetro de la macolla y grosor de los vástagos, cuyos valores pueden contribuir de forma conjunta a la existencia o no de diferencias individuales cuando se comparan materiales presumiblemente diferentes. Por esta razón se considera que todas estas variables se deben tener en cuenta, para su inclusión en futuras investigaciones relacionadas con la evaluación y selección de plantas.

En investigaciones desarrolladas en Cuba en las que se ha determinado la variabilidad de colecciones de individuos de una misma especie en fases iniciales del proceso de selección con la utilización del ACP, se ha encontrado la existencia de una alta variabilidad al incluir variables similares a las utilizadas en este experimento. Prueba de ello fueron los resultados alcanzados por Seguí *et al.* (1990) al evaluar una colección de 230 clones de *P. maximum*, en el que se detectó una variabilidad acumulada de 72,4 % en las tres primeras componentes y los de Machado (2013) quien al comparar una colección de la misma especie reportó una varianza acumulada de 70,7 % en igual número de componentes. Ello permitió a esos autores sugerir la posibilidad de selección para caracteres deseados en colecciones representadas por individuos diferentes.

La variabilidad encontrada en esta investigación fue mayor que las enunciadas con anterioridad, lo que era de esperar, ya que de forma similar a los casos antes señalados, también se trata de una colección relativamente amplia y heterogénea, al menos en función de las variables incluidas. Ello crea las condiciones indispensables para identificar en el Análisis de Conglomerado los tipos más sobresalientes y la discriminación de los menos ventajosos.

Los resultados del Análisis de Conglomerado sobre la base de los resultados del ACP, permitieron la conformación de dos grupos (Figura 2). En la tabla 6 se muestran las accesiones que pertenecen a cada uno de los grupos y en la tabla 7 se observa la tipificación de los individuos que conformaron cada grupo a partir del valor medio y la desviación estándar correspondientes.



**Figura 2.** Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerado

**Tabla 6.** Accesiones correspondientes a los grupos formados

<b>Grupo</b>	<b>Cantidad de accesiones</b>	<b>Nombre de las accesiones</b>
I	19	CIAT-16303, CIAT-16300, CIAT-16332, CIAT-16335, CIAT-16132, CIAT-16197, CIAT-16448, 1539, CIAT-16469, CIAT-16317, CIAT-26032, CIAT-16334, CIAT-16819, CIAT-16809, CIAT-26646 (cv. La Libertad), CIAT-16322, CIAT-26290, CIAT-16485, CIAT-16128
II	17	Nº1, CIAT-16160, CIAT-16307, Insurgente, CIAT-16461, CIAT-16438, CIAT-16125, CIAT-16316, CIAT-16311, CIAT-16110, CIAT-16482, CIAT-26110 (cv. Toledo), CIAT-16473, CIAT-16827, CIAT-6780 (cv. Marandú), CIAT-16467, CIAT-16154

**Tabla 7.** Tipificación de los individuos en cada grupo

<b>Variables</b>	<b>Grupo I</b>		<b>Grupo II</b>	
	<b>X</b>	<b>DS</b>	<b>X</b>	<b>DS</b>
Cobertura (Ve)	4,00	0,00	2,82	0,39
Vigor (Ve)	4,00	0,00	2,88	0,33
Hojosidad (Ve)	4,00	0,00	2,94	0,24
Altura vegetativa (cm)	36,39	4,57	33,75	4,52
Afectaciones por microorganismos patógenos (%)	0,34	0,09	1,34	0,38
Rendimiento (tMS/corte)	3,27	0,51	1,93	0,73

Es importante señalar que las precipitaciones, independientemente de que se encontraron entre los valores típicos que caracterizan a esta zona (tabla 1), alcanzaron valores coincidentes con el rango reportado por Peters *et al.* (2011) como aceptable para el crecimiento y desarrollo de las accesiones de *B. brizantha*, al igual que las temperaturas (Herrera, 2008).

Sin embargo, como se observa en esta última tabla, las accesiones del grupo I, en particular, mostraron un mejor comportamiento, lo que patentiza el alto grado de diferenciación existente en este germoplasma en ese ambiente, como resultado de la interacción de las potencialidades genéticas particulares de los individuos y los factores ambientales (Valdés y Balbín, citado por del Pozo *et al.*, 2011).

Por esas razones puede afirmarse que las 19 accesiones sobresalientes, pueden considerarse los materiales de mayor potencialidad en términos de adaptabilidad (Peters *et al.*, 2011) en estos suelos que se caracterizan por la acidez, el bajo contenido de MO, N total y P asimilable (tabla 2); ya que fueron superiores en todas las variables incluidas en esta fase en relación con las del grupo II, particularmente en términos de la cobertura, el vigor, la hojiosidad y el rendimiento de biomasa; además de que no mostraron afectaciones de consideración provocadas por los microorganismos patógenos, aspecto que será discutido con posterioridad.

En correspondencia con esos resultados se considera importante destacar algunas particularidades que han identificado el comportamiento de varias de las accesiones sobresalientes en otros ecosistemas, incluyendo entre estos últimos los caracterizados por la acidez de los suelos.

Formando parte del grupo I se encontró la accesión CIAT-16448, la cual ha mostrado excelentes resultados en varios atributos de orden cualitativo y cuantitativo. Gutiérrez *et al.* (1990), indicaron que esta accesión formó parte de los tratamientos más sobresalientes, tanto desde el punto de vista productivo como de tolerancia a los agentes estresantes, al estudiar una colección de *Brachiaria* spp. en diferentes regiones de Cuba, donde predominaba un suelo Ferralítico Rojo, y en condiciones de corte.

También esa accesión mostró un comportamiento destacado cuando se evaluó en diversos ambientes, con predominio de suelos ácidos (ph~5,0), de las regiones amazónicas de Brasil, donde sobresalió por encima del cv. Marandú (CIAT-6780), este último seleccionado como uno de los cultivares de mejor comportamiento en extensas áreas de ese país (Coelho *et al.*, 2011) y a su vez, una de las variedades comerciales aprobadas para su utilización en Cuba (MINAG, 2016).

También entre las accesiones del grupo antes mencionado se encuentra la CIAT-16322. Investigaciones realizadas por Canchila *et al.* (2008; 2008a), en una colección compuesta por varias especies del género *Brachiaria*, estos autores reportaron que esta accesión fue una de las más sobresalientes en cuanto a producción y adaptación, tanto en el primer como en el segundo año de evaluación.

Es válido resaltar que esos ensayos fueron realizados, precisamente, en suelos ácidos y de baja fertilidad perteneciente a áreas de la zona de Barrancabermeja, Santander, Colombia.

Del mismo modo Canchila *et al.* (2010) al estudiar la dinámica de crecimiento de 24 accesiones de una colección de *Brachiaria* spp. en la zona antes citada,

determinaron que entre los tipos de crecimiento erecto, también la CIAT-16322, se incluyó entre los tratamientos de mejor comportamiento por su mayor altura vegetativa, mejor capacidad de rebrote y adaptación al sitio de estudio.

El grado de afectación detectado a causa de la infestación por microorganismos patógenos, tanto en las accesiones del grupo I como en las del grupo II se puede catalogar de leve, ya que el porcentaje de afectación estuvo por debajo del 2 %, de acuerdo con la conversión sobre la base de la escala gradológica empleada. Por ello se puede plantear que la presencia de esos daños, presumiblemente producido por el agente fungoso causal de la enfermedad de la Roya (*Puccinia graminis* Pers.), influyeron poco o no influyeron de forma negativa en el crecimiento y desarrollo general de las plantas.

Ese aspecto es notoriamente interesante, ya que los efectos ocasionados por cualquier tipo de estrés, entre ellos las plagas, pueden provocar pérdidas tanto cuantitativas como cualitativas de la biomasa, lo que se ha discutido en innumerables trabajos desarrollados con germoplasma de estas y otras especies de la familia de las gramíneas (Marchi *et al.*, 2005; Vázquez, 2010).

De ahí que se considere relevante el comportamiento identificado en la colección utilizada en el presente estudio, con lo que se corroboran los resultados expuestos por Valerio *et al.* (1998) quienes hallaron resistencia en germoplasma de *B. brizantha* y lo atribuyeron a características intrínsecas de esta especie.

Es conocido que una de las variables más importantes y que más afecta el comportamiento agroproductivo de las plantas es el rendimiento de biomasa (Boschini *et al.*, 2002). Esta variable está vinculada, entre otros factores, con la

potencialidad genética de la especie y/o sus accesiones, con las condiciones climatológicas y de manejo, así como con las propiedades físicas y químicas del suelo, estas últimas con una connotada influencia (Debelis *et al.*, 2005). Ello indica que las variaciones que se presenten en este sentido pueden modificar sensiblemente la producción de materia seca durante el ciclo de explotación.

Según lo señalado por Pita-Barbosa *et al.* (2009) y Arce *et al.* (2013), entre las especies de gramíneas que han mostrado aceptable potencialidad de producción de biomasa en condiciones edáficas y climáticas limitantes, se encuentran las especies *P. maximum* y *B. brizantha*; aun cuando prevalecen diferencias que pueden ser acentuadas entre los diferentes tipos según estos autores.

Los resultados demostraron que la media alcanzada para la variable rendimiento de biomasa permitió la superioridad entre los grupos formados. En la tabla 7 se observa que el grupo I alcanzó una media de 3,27 t de MS/corte, mientras que las accesiones del grupo II mostraron valores que solo representaron el 41,6 % comparado con la del grupo anterior.

Un patrón de comportamiento similar para esta variable fue observado por Roche *et al.* (1995) al comparar 73 accesiones de *Brachiaria* pertenecientes a cinco especies de este género en un suelo Ferralítico Rojo de mediana fertilidad y pH ligeramente ácido. Esos autores encontraron que las accesiones de *B. brizantha* fueron bien diferenciables en términos de la producción de biomasa comestible para ambos períodos del año al compararlas entre sí, y con el resto de las especies y accesiones incluidas. Entre las accesiones que se destacaron en ese ensayo se encontraban la CIAT-16316, CIAT-16448, CIAT-16125, CIAT-16317, CIAT-16469, CIAT-16827,

CIAT-26110, CIAT-16473 y cc-910; alguna de las cuales se corresponden con las de mejor comportamiento en este trabajo.

No obstante, el rendimiento medio, en ambos grupos, se puede considerar de medio a alto, lo cual pudo estar relacionado con el conocido efecto designado como vigor juvenil, el que normalmente caracteriza a las gramíneas durante el primer año de explotación. Con relación a ello Sánchez *et al.* (2001) informaron que la mayor producción de biomasa de las especies de gramíneas presentes en una asociación se halló en el primer año y estos autores atribuyeron ese comportamiento a que en este período las plantas mostraron un mayor vigor juvenil. También García-Cardoso *et al.* (2009) le atribuyen a ese efecto al comportamiento detectado en *P. maximum* vc. Mombaza que tuvo una mayor producción de biomasa durante el primer año después del establecimiento.

Entre los componentes estructurales, las hojas desempeñan un papel primordial en el crecimiento y el desarrollo del pasto, pero, a la vez, constituyen la base fundamental por excelencia para la alimentación de los animales, ya que en ellas se encuentran en mayor concentración los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo, mantenimiento y producción.

Hernández (1995) planteó que ese es un aspecto de suma importancia en la producción animal, pero que a su vez está relacionado con el vigor y con la adaptación de las plantas al medio imperante.

Por otra parte, tanto la cobertura como el vigor también son variables importantes para la selección de las plantas, ya que la primera estima el porcentaje de área cubierta por el pasto, mientras que la segunda depende de la expresión de algunas

premisas tan importantes como la presencia o no de debilidad en los componentes del follaje, los síntomas provocados por clorosis en función de la coloración de las hojas; así como diversos tipos de estrés provocado por marchitez, poco desarrollo de los vástagos, necrosamiento de hojas y/o tallos y subdimensionamiento de estos últimos, además de su vínculo con el estado nutricional de las plantas.

En ese sentido, se puede destacar que las accesiones pertenecientes al grupo I fueron las que mostraron los resultados más relevantes en estas variables identificadas por el ACP en la CP1; mientras que las accesiones del grupo II tuvieron un comportamiento que se puede calificar de medio a bajo.

Tal respuesta se expresó en un suelo con un pH~4,2 de baja fertilidad (tabla 2) y seco en las profundidades donde preferentemente se desarrolla el sistema radical de esta especie (tabla 3); también hubo ausencia de fertilización química y riego, factores que pueden modificar en uno u otro sentido el desarrollo de la planta (Debelis *et al.*, 2005).

Por todo ello, es factible asumir que, en esta condición, las accesiones del grupo I no solo pudieron adaptarse si no maximizar los valores de algunas de las variables empleadas con relación al resto del germoplasma evaluado, en condiciones que se pueden considerar consistentemente agresivas.

Lo planteado con anterioridad corrobora los resultados de Argel y Keller-Grein (1998) y de Pizarro (2005), quienes sostuvieron que la especie *B. brizantha* posee algunas accesiones que han mostrado una respuesta sobresaliente en condiciones limitantes causadas por el factor suelo y el manejo utilizado. De forma similar ha ocurrido con otras especies de este género y de otros como *Andropogon*, en particular *A.*

*gayanus*, reconocida por su adaptación a condiciones de secano y suelos ácidos e infértiles (Machado y Seguí, 1997; Machado, 2002).

Esta respuesta se puede considerar que esté relacionada con varios factores, entre ellos el régimen de explotación al que fueron sometidas las plantas y al balance alcanzado entre la demanda y el suministro de recursos para el crecimiento de las mismas (del Pozo, 1998) y, en particular las que caracterizan a esas condiciones, donde fueron capaces de exhibir sustanciales diferencias entre los materiales evaluados.

Rao *et al.* (2006) señalaron que los suelos ácidos del trópico, altamente intemperizados, se caracterizan por una combinación de deficiencias nutricionales y toxicidad de minerales, especialmente por aluminio, los cuales constituyen la principal limitación para la producción agrícola en este tipo de suelo como se ha indicado con anterioridad.

Aunque no fue posible determinar los tenores de Al en este suelo, es preciso llamar la atención sobre los resultados obtenidos por Girón (2010) al evaluar diferentes especies del género *Brachiaria*, donde incluyó la especie *B. brizantha*, en un suelo ácido, encontró que la adaptación de las plantas estuvo relacionada con la resistencia a las altas concentraciones de Al y con la habilidad para desarrollarse con deficiencias de P y N como los aquí detectado, lo que podría haber sucedido en la totalidad de la colección, pero de forma más acentuada con las 19 accesiones sobresalientes.

Por otra parte, se ha informado que la deficiencia de P es comúnmente uno de los problemas más frecuentes en las áreas tropicales (Hernández, 1998) y, por lo

general, según esta autora, los suelos que muestran una marcada tendencia a fijar fosfatos requieren una aplicación inicial considerable de este mineral, sobre todo en aquellos que presentan bajas concentraciones de P asimilable, como es el caso del suelo donde se desarrolló la presente investigación, cuyo el contenido de P asimilable fue de 1,90 mg/100 g (tabla 2) o, como alternativa, poseer un germoplasma apropiado que se desarrolle y produzca en esas condiciones, lo que fue evidente en los resultados que se acaban de discutir y, además, por el hecho de que no se visualizaron deficiencias de P en el follaje de las plantas de acuerdo con las observaciones de campo.

De esta forma, el número de accesiones seleccionadas con características relevantes, las cuales representaron el 52,8 % del total de las accesiones evaluadas, permitió cumplir uno de los objetivos propuestos y posibilitó proseguir las investigaciones en la fase subsiguiente del flujo varietal en la que se propuso la utilización de un diseño replicado que incluyera: la siembra combinada con una leguminosa; la utilización de animales, con posible variación estacional de la intensidad de pastoreo y los días de descanso y de estancia; de manera tal que ello permitiera determinar los materiales más sobresalientes, a partir de la utilización de variables agronómicas y algunas del valor nutritivo de interés, proceder compatible con la metodología utilizada.

*Capítulo 4.*  
*Evaluación agronómica y del valor  
nutritivo de accesiones de Brachiaria  
brizantha en asociación con  
Stylosanthes guianensis CIAT-184.*  
*Fase II*



## **CAPÍTULO 4. EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y DEL VALOR NUTRITIVO DE ACCESIONES DE *Brachiaria brizantha* EN ASOCIACIÓN CON *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. FASE II**

La fase II constituye uno de los eslabones fundamentales del preflujo varietal. En esta fase se lleva a cabo la selección de los tipos más sobresalientes a partir del material seleccionado en la fase I y, con ello la identificación de los individuos que deben continuar el proceso de evaluación en el flujo varietal.

Machado y Seguí (1997) indicaron que desde 1976 hasta 1993, la EEPF Indio Hatuey puso en marcha la ejecución de 56 ensayos en 24 localidades representativas de los ecosistemas ganaderos del país. Estos ensayos, con diseños replicados en la mayoría de los casos (fase II), se realizaron indistintamente en condiciones favorables.

Sin embargo, fueron escasos los ensayos realizados en condiciones de suelos ácidos y, en particular, los que se llevaron a cabo para evaluar y seleccionar materiales sobresalientes a partir de colecciones de una sola especie (Machado *et al.*, 2006).

Es importante destacar que en algunos de los ensayos realizados en fase II se utilizaron las asociaciones de gramíneas y leguminosas con el fin de evaluar los materiales en esas condiciones (Machado y Núñez, 1991; Machado, 1999), lo que

estuvo basado en las bondades que proporcionan las asociaciones en términos de producción de biomasa y calidad.

En la actualidad esa estrategia adquiere una connotación relevante en concordancia con la política dirigida a la diversificación de los sistemas, en detrimento del uso del monocultivo.

De acuerdo con las consideraciones descritas, se hace imprescindible la conducción de ensayos en la fase II en agroecosistemas donde predominen los suelos ácidos, en los que se incluyan los materiales preseleccionados en la fase I en esos suelos, pero con la particularidad de que estos se evalúen en asociación, en condiciones de pastoreo y se determinen algunas variables relacionadas con su valor nutritivo, como aspecto novedoso, cuyo colofón final será la propuesta de variedades precomerciales para esa condición *sui géneris*.

De ahí que el objetivo de este experimento estuvo encaminado a evaluar el comportamiento agronómico y de algunas variables del valor nutritivo de las accesiones sobresalientes en la fase I en condiciones de pastoreo y en asociación con el fin de seleccionar las más prominentes en suelos caracterizados por la acidez.

#### **4.1. Materiales y Métodos**

*Diseño y tratamientos.* Se empleó un diseño de bloques al azar con tres réplicas. Las parcelas tenían 23,52 m<sup>2</sup> y estuvieron separadas por calles de 1,50 m en ambos sentidos.

Los tratamientos estuvieron representados por las 19 accesiones de *B. brizantha* seleccionadas en el experimento anterior: CIAT-16300, CIAT-16317, CIAT-16809, CIAT-16469, CIAT-16322, CIAT-16132, CIAT-16128, CIAT-16335, 1539, CIAT-

26290, CIAT-16332, CIAT-16819, CIAT-16303, CIAT-16334, CIAT-16448, CIAT-26646, CIAT-16485, CIAT-16197 y CIAT-26032.

### ***Procedimiento experimental***

*Plantación, siembra y establecimiento.* Para la plantación de todas las accesiones de la gramínea se dispuso de semilla vegetativa, consistente en porciones de macollas conformadas por cinco a ocho vástagos de 20 cm de longitud, aproximadamente. Se empleó una distancia entre plantas y entre surcos de 0,70 m. Tanto los surcos como las macollas externas estuvieron separadas de los bordes de la parcela a una distancia de 0,35 m y se utilizó una profundidad estimada 10 cm.

El ensayo se realizó en condiciones de asociación y para ello se empleó el *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw. CIAT-184, accesión seleccionada en Cuba como variedad comercial (MINAG, 2016), la cual posee una demostrada adaptación a este tipo de suelo y también recomendada con anterioridad para su explotación en sistemas ganaderos en las zonas tropicales donde predominen los suelos con marcada acidez (Peters *et al.*, 2011).

La siembra de la leguminosa se realizó a chorrillo a una profundidad de 2 cm y un espaciamiento entre surcos de 0,70 m, con una densidad de 1,5 kg de SPG/ha (Hernández y Pérez, 1986). Las semillas fueron previamente escarificadas en agua a 80 °C durante dos minutos (González y Mendoza, 1999).

Tanto la plantación como la siembra se realizaron simultáneamente en el mes de abril en función de las precipitaciones que se produjeron en ese mes.

Durante los 45 días posteriores a estas actividades, se realizaron dos labores de limpieza en las calles de forma manual, así como la reposición de algunas plantas

débiles o muertas de la gramínea, de manera tal que todos los tratamientos estuviesen representados por un número similar de macollas.

La etapa de establecimiento de la asociación se enmarcó en el período correspondiente a los meses de mayo a diciembre. Para definir la culminación de esta etapa se tomó como criterio que la parcela alcanzara el 80,0 % del área cubierta, o más, con la asociación, para lo cual se tuvieron en consideración las recomendaciones de Brown (1963), quien consideró como área cubierta aquella que formara parte de la superficie del suelo directamente por debajo del follaje del estrato superior y no la que concierne solo a la que cubre la base de las plantas.

La duración del período experimental fue de tres años.

*Animales.* Para las rotaciones se utilizaron grupos homogéneos de 29 animales en engorde (20,3 UGM) mestizos (Criollo x Cebú), con un peso promedio de 350 kg y buen estado de salud. Estos, al entrar al área experimental, procedían de áreas con pasto de calidad nutricional aceptable y dispusieron de agua y sales minerales las 24 horas del día en un cuartón diseñado al efecto. No se ofreció ningún tipo de suplementación energética o proteica.

*Manejo.* Previo al comienzo de las rotaciones el área fue cercada, dejando dos puertas de acceso. Para el manejo se utilizó un sistema de pastoreo simulado, en el que los animales se conducían al área cuando los tratamientos alcanzaban tiempos de reposo entre 85 y 95 y entre 50 y 60 días, en el PPLL y PLL, respectivamente. Los tiempos de estancia promedio fueron de 2 y 1 día y la intensidad de pastoreo fue de 94,4 y 47,2 UGM días/ha para ambos períodos del año, respectivamente. Durante los

tres años del período experimental se realizaron un total de 15 rotaciones: cinco en cada año, de las cuales dos correspondieron al PPLL y tres al PLL.

### ***Mediciones.***

#### ***Variables agronómicas:***

La altura vegetativa se midió en todas las rotaciones, y estuvo representada por el valor medio de esta variable en las cuatro macollas utilizada para la determinación de la disponibilidad, lo que representó un tamaño de muestra del 8,3 %.

La hojiosidad, la cobertura y el vigor se estimaron en todas las rotaciones. Para ello se realizó un recorrido que incluyó todas las parcelas y se determinó, de forma visual, el valor de cada variable, según la escala gradológica descrita en el capítulo 2.

Para el cálculo de los valores medios de las variables en cada tratamiento, se tomó en consideración la cuantía de todas las observaciones por parcela y por réplica.

La disponibilidad de la biomasa se determinó en todas las rotaciones, uno o dos días antes de entrar los animales al área. Para ello se utilizó el método alternativo propuesto por Martínez *et al.* (1990), pero en este caso solo se consideró la altura vegetativa media del pastizal de acuerdo a lo descrito con anterioridad.

Ese método consiste en determinar la altura vegetativa en cuatro macollas de la parcela y con ello el valor medio, el que se designó como  $x$ . Posteriormente se identificó una macolla que tuviera esa altura o un valor que se encontrara en un rango nunca superior o inferior a 2,0 cm con respecto a  $x$ . A este valor se le designó como  $x'$ . Esa macolla y el follaje a su alrededor (cuando estuvo presente) fue cortado

a una altura de 20 cm respecto al nivel del suelo y para ello se utilizó un marco de 0,25 m<sup>2</sup>, lo que representó un tamaño de muestra de 1,06 %.

De ese material se tomaron muestras de 300 g para determinar el contenido de MS. Determinado este componente de la biomasa se llevó a cabo el cálculo de la disponibilidad empleando la siguiente fórmula:

$$D = \text{Peso de la muestra en } 0,25 \text{ m}^2 \text{ (base seca)} * \frac{\text{Altura vegetativa } x * 40}{\text{Altura vegetativa } x'}$$

Dónde:

D: Disponibilidad (t de MS/ha)

x: Valor medio de la altura vegetativa

x': Valor de la altura vegetativa en el área de corte

40: Valor constante utilizado para las transformaciones

A la salida de los animales, se determinó el residuo de pasto no consumido. Para ello se empleó un procedimiento similar al descrito para la determinación de la disponibilidad de la biomasa. El cálculo de la biomasa rechazada se realizó con base al porcentaje de MS de la muestra extraída en ese momento.

Para determinar el porcentaje de utilización se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Utilización (\%)} = \frac{(\text{Disponibilidad} - \text{Residuo}) * 100}{\text{Disponibilidad}}$$

### ***Variables estructurales y de la composición florística:***

La relación vástagos vivos-vástagos muertos (Vv/Vm) se determinó mediante el conteo físico y pormenorizado del número de vástagos vivos y muertos en dos macollas de cada parcela en las tres réplicas, para todas y cada una de las accesiones. En este caso el tamaño de muestra fue de 4,25 %.

Para el conteo de los vástagos muertos solo fueron tomados en consideración aquellos que no se encontraban en un estado de total deterioro, es decir, necrosados

o desprendidos de la macolla. Con ello se evitó el conteo de vástagos que perecieron en períodos anteriores al muestreo en cuestión.

A partir del conteo de estos componentes de la estructura se determinó el cociente existente entre ambos. Esta variable se midió al final del período experimental.

Para determinar la composición florística de las especies existentes en la flora de cada una de las asociaciones se empleó un marco de 1,0 m<sup>2</sup> dividido en cuatro cuadrantes. En cada uno de ellos se estimó el porcentaje de las arvenses existentes, así como el porcentaje de *B. brizantha* (brachiaria) y de *S. guianensis* CIAT-184 (estilosantes). Se hicieron dos muestreos de forma sistemática por parcela en cada réplica, lo cual representó un tamaño de muestra del 8,5 % del total de la parcela. Esta variable se estimó al final del período experimental.

***Variables del valor nutritivo:***

Para llevar a cabo los análisis de algunas variables del valor nutritivo se tomaron cuatro muestras de 150 g, simulando con la mano la selección que hace el animal en pastoreo. Ello se realizó en dos rotaciones pertenecientes al PPLL y otras dos al PLL. Estas muestras se homogenizaron y se tomó una por cada período para obtener dos muestras anuales independientes. De cada una de estas mezclas se escogió una muestra de 100 g cada una para efectuar los análisis correspondientes. Previo a ello las muestras fueron secadas en una estufa a 60°C, durante 48 h, molidas a 1 mm de espesor y envasadas en pomos de cristal con tapas de rosca y guardados en condiciones de temperatura y humedad, controladas.

Los análisis se realizaron en el laboratorio de Nutrición de la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México.

Las determinaciones bromatológicas se desarrollaron a través del análisis químico proximal. A cada muestra se le determinó el contenido de N por el método Kjeldahl, y se estimó el contenido de PB ( $N * 6,25$ ) según la AOAC (1995). La FND y la FAD se determinaron mediante el método de Van Soest *et al.* (1991), con la utilización de bolsas de filtro ANKOM F-57 en un analizador de fibras ANKOM<sup>200</sup>.

Se empleó la técnica de producción de gases, descrita por Theodorou *et al.* (1994), modificada por Mauricio *et al.* (1999), para la determinación de la DIVMS.

*Animales donantes y obtención del inóculo.* Se utilizaron dos vacas de la raza Limousin, clínicamente sanas, canuladas en el saco dorsal del rumen. Estas se encontraban en estabulación, alimentadas *ad libitum* con una dieta integral constituida por forrajes tropicales: 45,8 % de heno de maíz (*Zea mays* L.); 51,2 % de pasto guinea fresco (*P. maximum*), con seis semanas de rebrote y 3,0 % de harina de soya [*Glycine max* (L.) Merr]. El alimento se suministró dos veces al día (8:00 a.m. y 4:00 p.m.) y los animales tuvieron libre acceso al agua potable.

El fluido ruminal se extrajo a las 6:30 am, antes de la oferta del alimento matutino, mediante la extracción del bolo alimenticio presente en varios sitios del saco ruminal y en igual cantidad para cada bovino. Para ello se retiró manualmente el contenido del rumen, y se exprimió en envases térmicos, previamente calentados en agua, a 40°C, y posteriormente fueron trasladados al Laboratorio de Nutrición Animal. Este

fluido se filtró en una triple capa de gasa y lana de vidrio; después se mantuvo a 39 °C durante 30 min. y fue saturado continuamente con CO<sub>2</sub>.

*Inoculación y componentes de valor nutritivo.* Las muestras se prepararon por triplicado, en frascos de 150 mL, y en cada uno se introdujo una fracción de 0,800 ± 0,002 g por cada tratamiento.

La solución para la incubación estuvo constituida por una mezcla de macro y microminerales, una solución tampón de bicarbonato, agua destilada, una solución reductora y resazurina como indicador de reducción (Camacho *et al.*, 2010). Se gaseó con flujo CO<sub>2</sub>, según la técnica de Menke y Steingass (1988) y se agregaron 90 mL a cada frasco, además de 10 mL de fluido ruminal.

Se realizaron tres series de incubación, en las que se incluyeron tres frascos por muestra y tres controles negativos (blanco) solo con el inóculo; en estas se utilizó paja de avena (*Avena sativa* L.) como estándar.

El contenido de los frascos se homogeneizó y después se sellaron con tapones de caucho, para proceder con la incubación a 39 °C en baño de maría con agitación. El registro de la producción de gas acumulada se efectuó a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 h de incubación y se realizó por medio de un transductor de presión marca Delta (Modelo HD 8804) conectado a un lector digital, para convertir la lectura de presión en lectura de volumen de gas. La presión se registró en libras por pulgada cuadrada (PSI).

Los parámetros de producción de gas *in vitro* -b, c, Fase Lag-, se determinaron por medio de la opción NLIN del paquete estadístico SAS, mediante el modelo de France *et al.* (2000):

$$A = b [1 - e^{-c(t-L)}]$$

Dónde:

A: volumen de producción de gas (PG) en el tiempo t

b: asíntota de la producción de gas (mL/g de MS)

c: tasa de producción de gas (h): tiempo *Lag* (L)

t: tiempo (h)

Una vez culminada la última lectura de gas (96 h de incubación), el contenido de cada frasco se filtró al vacío a través de crisoles de vidrio-porcelana de porosidad uno (100 a 160  $\mu\text{m}$  de tamaño de poro, Pyrex, Stone, UK). Los residuos de la fermentación se secaron a 60°C, durante 48 h, para estimar por diferencia de peso, la DIVMS.

La transformación de los valores de presión a volumen de gas se realizó mediante la ecuación obtenida a través del Análisis de Regresión:

$$y = (2,7384 * X) - 0,0243$$

Dónde: Y: volumen de gas (mL)

X: presión (PSI);  $R^2 = 0,99$

El análisis estadístico utilizado para el procesamiento de los datos se describió de forma detallada en el Capítulo 2. Para esta etapa se confeccionó una matriz de datos, cuyas columnas estuvieron representadas por las variables (12) y las filas por los tratamientos (19).

## 4.2. Resultados y Discusión

En la tabla 8 se presentan los resultados de la caracterización de las variables utilizadas en esta fase. Para ello se tuvieron en cuenta los estadígrafos media y desviación estándar.

**Tabla 8.** Caracterización de las variables utilizadas en la fase II

<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>
Altura vegetativa (cm)	57,14	11,8
Vigor (Ve)	3,74	0,4
Hojosidad (Ve)	3,74	0,4
Disponibilidad (t de MS/ha/rotación)	3,06	0,6
Utilización (%)	43,99	10,4
PB (%)	10,19	1,4
FND (%)	76,55	1,7
FAD (%)	41,43	1,4
DIVMS (%)	53,90	5,3
b	153,76	9,9
c	0,021	0,01
Fase Lag	1,42	0,3

Los resultados (tabla 9), permitieron comprobar la existencia de una alta variabilidad acumulada en las primeras cuatro componentes sobre la base de las 12 variables incluidas en esta fase.

**Tabla 9.** Resultados del ACP y relación existente entre las variables

<b>Variables analizadas</b>	<b>Componentes Principales</b>			
	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	<b>CP3</b>	<b>CP4</b>
Altura vegetativa (cm)	-0,46	<b><u>0,70</u></b>	0,01	0,40
Vigor (Ve)	<b><u>0,89</u></b>	0,05	-0,10	-0,01
Hojosidad (Ve)	0,36	0,14	-0,38	0,26
Disponibilidad (t de MS/ha/rotación)	-0,58	<b><u>0,69</u></b>	-0,14	0,27
Utilización (%)	<b><u>0,80</u></b>	-0,16	0,32	0,13
PB (%)	0,22	-0,01	<b><u>0,78</u></b>	0,41
FND (%)	0,19	0,29	0,02	<b><u>-0,84</u></b>
FAD (%)	0,33	0,37	<b><u>-0,60</u></b>	-0,10
DIVMS (%)	0,58	0,56	0,23	0,31
b	-0,53	-0,41	0,55	-0,17
c	0,20	<b><u>0,65</u></b>	0,54	-0,34
Fase Lag	0,14	<b><u>-0,70</u></b>	-0,24	0,32
Valor Propio	3,0	2,6	1,9	1,5
Varianza (%)	25,0	21,9	16,0	12,9
Acumulado (%)	25,0	46,9	63,0	75,9

*Valores subrayados indican mayor contribución*

Como se observa, la varianza en la CP1 alcanzó un valor de 25,0 % y en la CP2 de 21,9 %. Para estas componentes las variables que más influyeron en la varianza extraída, fueron el vigor y el porcentaje de utilización (CP1); mientras que en la CP2 fueron la altura vegetativa, la Fase *Lag*, la disponibilidad y la fracción c.

Aunque dos elementos de la ecuación de degradabilidad no presentaron una fuerte incidencia en las componentes principales: DIVMS y b, debido al criterio empleado para asumir las variables que más influyeron en la variabilidad extraída en cada componente, como se describió inicialmente (0,60), se considera que estas se deben tener en cuenta por la importancia que tienen en la interpretación de los resultados.

La DIVMS estuvo explicada en el plano CP1-CP2 y por ello vinculada a factores agronómicos y nutricionales: el vigor, el porcentaje de utilización, la altura vegetativa, la disponibilidad, la fracción c y la Fase *Lag*, todas relacionadas de forma positiva con esa variable excepto la Fase *Lag*. Esas variables, excluyendo la última, presentaron una tendencia acentuada a que se alcanzaran mayores porcentajes de la DIVMS, aspecto que concuerda con lo esperado cuando se analizan de conjunto variables agronómicas y del valor nutritivo como estas (Lara *et al.*, 2009).

Mientras que la fracción b con valores de suma o preponderancia cercanos a 0,60, en la CP3, estuvo vinculada a factores del valor nutritivo como son la PB y la FAD, relacionada de forma positiva con la primera y de forma inversa con la última, lo cual se corresponde con el significado de esa variable.

Los resultados descritos con anterioridad permiten considerar que existió un grado de diferenciación mayor entre las asociaciones en función de las variables presentes

en la CP1-CP2 y mucho menor para variables tales como la PB, la FAD y la FND, las cuales solo extrajeron el 16,0 y el 12,9 % en la CP3 y CP4, respectivamente.

Fue interesante comprobar que el valor de la varianza acumulada en las dos primeras componentes solo fue de 46,9 %, en las que por lo regular se encuentran valores superiores cuando se comparan colecciones cuyos individuos se diferencian sustancialmente.

Una explicación a esos resultados pudiera estar relacionada con el primer proceso de selección a que fueron sometidas las accesiones en la fase I, por cuanto el material resultante (ya agrupado), posee un relativo grado de homogeneidad para algunas de las variables que ya fueron tomadas en consideración en la primera fase, como es el caso de la altura vegetativa (en la que la diferenciación inicial fue poco marcada), el vigor, la hojiosidad y la producción de biomasa (expresada en términos de disponibilidad en la fase que se analiza).

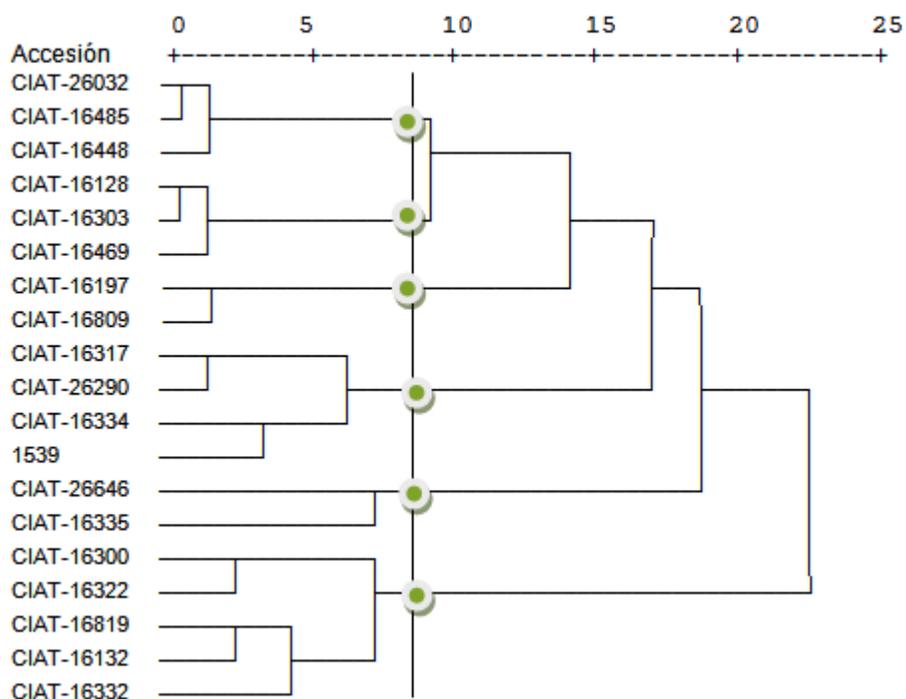
En trabajos desarrollados en Cuba y en otras zonas tropicales en los que se han comparado colecciones de accesiones de la misma especie, por lo regular se ha alcanzado un alto grado de variación en esas componentes (superior al 55 %). Así, Canchila *et al.* (2011) encontraron una variabilidad acumulada del 60 % al comparar una reducida colección conformada por solo 7 accesiones de *B. humidicola*. Un patrón similar fue detectado cuando se estudió una colección de *P. maximum* conformada por 19 accesiones de esa especie en la que se obtuvo una variabilidad de un 59,9 % de la varianza acumulada para las dos primeras componentes (Machado, 2013); lo que corrobora la consideración anterior.

Al conformar los grupos a través del Análisis de Conglomerado sobre la base de los resultados del ACP, se detectó la presencia de seis grupos diferentes (figura 3). En la tabla 10 se muestran las accesiones (presentes en las asociaciones), pertenecientes a cada grupo y en la tabla 11 la tipificación de los grupos a través de la media de las variables para cada grupo con su desviación estándar.

Previo a la descripción de estos grupos en función de los valores medios de todas las variables (tabla 11), es importante llamar la atención sobre dos casos particulares.

El primero corresponde a las variables que no influyeron lo suficiente en su contribución a la varianza, ya que los valores de sus coeficientes de suma o preponderancia estuvieron por debajo del valor declarado (0,60); y el segundo en el que el valor de suma o preponderancia fue adecuado, pero que, por estar representada en la última componente, determinaron que existiera un alto grado de similitud para todas las accesiones que conformaron los seis grupos.

En el primero de los casos antes mencionados, se encuentra la variable hojicidad, cuyos valores variaron entre 4,0 y 3,4 de acuerdo con la escala gradológica empleada; así como la DIVMS y la fracción b, con valores que oscilaron entre 65,19-50,23 y 163,85-140,74, respectivamente. Sin embargo, a pesar de existir una variabilidad relativamente baja para esas variables, sus valores absolutos fueron aceptables en todas las asociaciones, los cuales fueron similares a los reportados en la literatura para la especie *B. brizantha* (León, 1997; Canchila *et al.*, 2009), por cuanto estas variables fueron incluidas en la agrupación.



**Figura 3.** Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerado

**Tabla 10.** Número de grupos, cantidad de accesiones y su identificación

Grupo	Cantidad de accesiones	Nombre de las accesiones
I	5	CIAT-16300, CIAT-16322, CIAT-16819, CIAT-16332, CIAT-16132
II	2	CIAT-26646, CIAT-16335
III	2	CIAT-16197, CIAT-16809
IV	4	CIAT-16317, CIAT-16334, 1539, CIAT-26290
V	3	CIAT-26032, CIAT-16448, CIAT-16485
VI	3	CIAT-16128, CIAT-16303, CIAT-16469

**Tabla 11.** Tipificación de las accesiones en cada grupo

Variables	Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV		Grupo V		Grupo VI	
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS
Altura vegetativa (cm)	64,27	7,23	70,18	4,91	67,89	2,31	58,31	3,16	40,23	3,24	46,95	6,18
Vigor (Ve)	3,0	0,00	4,0	0,00	4,0	0,00	4,0	0,00	4,0	0,00	4,0	0,00
Hojosidad (Ve)	3,4	0,54	4,0	0,00	4,0	0,00	3,7	0,50	3,7	0,50	4,0	0,00
Disponibilidad (t de MS/ha/rotación)	3,61	0,59	3,76	0,87	3,48	0,23	2,86	0,35	2,30	0,18	2,70	0,02
Utilización (%)	25,37	5,39	64,04	8,17	21,47	13,45	48,40	27,96	57,15	2,32	57,82	8,84
PB (%)	9,97	1,37	11,22	1,73	9,49	1,62	10,45	1,65	10,44	1,80	9,39	1,15
FND (%)	76,17	1,26	75,37	1,27	75,04	0,95	78,48	2,11	75,87	1,16	77,67	0,75
FAD (%)	41,08	1,29	42,89	0,95	41,14	1,69	40,84	1,49	40,71	0,61	43,73	0,05
DIVMS (%)	50,23	5,08	65,19	2,58	50,44	1,95	54,84	1,13	51,98	0,87	57,24	1,68
b	163,85	3,60	143,65	5,26	140,74	3,35	153,14	1,75	158,85	8,59	142,70	7,03
c	0,021	0,003	0,024	0,005	0,020	0,00	0,023	0,001	0,020	0,00	0,020	0,00
Fase Lag	1,49	0,50	1,39	1,23	1,16	0,47	0,57	0,16	2,13	0,28	1,84	0,21

En el segundo caso, se encuentra la FND (CP4), la cual por la posición que ocupó en el ACP se comportó como una variable con valores muy similares para todas las asociaciones.

No obstante, la agrupación en el conglomerado sobre la base de los valores de todas las variables se justifica, ya que Philippeau (1986) recomendó tomar en consideración todas aquellas, siempre que el valor propio de la componente fuese superior a uno. Además fue objetivo primordial hacer una ponderación de los tratamientos sobre la base de los valores de todas las variables incluidas, siempre que fuese factible; ya que la exclusión de variables pudiera acarrear la discriminación de asociaciones en las que los valores de esas variables se consideran de particular interés como es el caso de la DIVMS y la fracción b como se describió con anterioridad.

Expuestas estas similitudes, se impone un análisis detallado de las particularidades que definieron los grupos. Para ello se enfatizará en los valores de las restantes variables, es decir; aquellas que mostraron mayor variabilidad (CP1, CP2 y CP3); aunque también se tendrán en cuenta, algunas de las variables a las que se hizo referencia con anterioridad.

Como se observa en la tabla 11, existió similitud entre las asociaciones en los grupos V y VI para la variable altura vegetativa, aunque sus valores fueron inferiores a la de los grupos I, III y IV. Sin embargo, las que conformaron el grupo II (CIAT-26646 y CIAT-16335), superaron a la de estos últimos.

En cuanto al vigor, las asociaciones que conformaron el grupo I fueron las que mostraron el peor comportamiento con relación a las de los restantes grupos, que como promedio alcanzaron valor 4, de acuerdo con la escala gradológica empleada.

En las asociaciones que conformaron parte de los grupos IV, V y VI se detectó un valor relativamente similar para la variable disponibilidad, pero inferior a los de los restantes grupos. Entre estos últimos (I, II y III) las asociaciones que se destacaron fueron las integradas por las accesiones CIAT-26646 y CIAT-16335 (grupo II) con el mayor valor, aspecto que se considera de relevante interés, pues ello define el volumen de biomasa con que cuentan los animales para su alimentación.

El porcentaje de utilización por los animales en las asociaciones antes mencionadas, también fue superior al compararlas con la media del resto de los grupos aspecto que reviste una marcada importancia, debido al papel que cumple variable en el consumo que hacen los animales. Este mismo patrón se encontró en la variable PB.

A partir de la técnica *in vitro* de producción de gases permite predecir la tasa de digestión de las diferentes fracciones de forraje y es útil para determinar y cuantificar las diferencias nutricionales en función de las especies forrajeras y el estado de madurez de las plantas (Pashaei *et al.*, 2010).

Los parámetros que se obtienen cuando se realizan los cálculos para definir los valores de la DIVMS por la técnica de producción de gases, constituye una herramienta de vital importancia para estimar la capacidad de degradación de los forrajes que componen la dieta de los rumiantes y, además, cuales son aquellos factores que más influyen en ella (Vargas-Bayona *et al.*, 2013).

De ahí que al analizar en estas asociaciones el comportamiento de la fracción c y la Fase *Lag*, variables que caracterizan la velocidad de degradación del forraje, se observó que para la primera existieron valores similares para todos los grupos; mientras que en la segunda, las asociaciones que conformaron el grupo IV fueron las que mostraron el mejor resultado, ya que fueron las que manifestaron el menor tiempo para que los microorganismos del rumen comenzaran la degradación del alimento.

Resultados relacionados con el tiempo de colonización de los microorganismos del rumen fueron informados por Arakaki *et al.* (2004) y Araujo y Vergara (2007), quienes caracterizaron y determinaron las propiedades físicas y químicas del ambiente ruminal en bovinos suplementados con diferentes alimentos. Estos autores, plantearon que el tiempo de colonización y la retención dentro del rumen depende de cada alimento y que este último se encuentra entre las 48-60 h.

Ortega-Aguirre *et al.* (2015), señalaron que existen diferencias entre los parámetros de la ecuación de degradabilidad b y c, entre forrajes de especies diferentes pero no entre accesiones de una misma especie. En esta investigación, este comportamiento se refleja más en la fracción b, la cual no mostró una alta variabilidad para las asociaciones estudiadas.

Rosero y Posada (2007) determinaron la tasa de digestión (fracción c) mediante modelaciones cinéticas en forrajes tropicales y encontraron valores en el rango de 0,02 min y 0,2 h, rango que coincide con los encontrados en las asociaciones estudiadas, lo cual es un síntoma favorable para la alimentación de los rumiantes, a partir de estas últimas, por cuanto son alimentos fácilmente degradables.

En otro orden, es importante destacar que entre las accesiones del grupo V, se encuentra la CIAT-16448. Machado (1998) indicó que de las 16 accesiones de *Brachiaria* spp. que se estudiaron en un suelo Ferralítico Rojo ligeramente ácido, esta accesión mostró un comportamiento sobresaliente (disponibilidad de 6,7 t de MS/ha y 58,6 % en términos de utilización), cuando empleó un sistema de pastoreo simulado, con cargas globales e instantáneas que variaron entre 2,3 y 4,6 UGM/ha y 135,4 y 167 UGM/ha/día, para los período poco lluvioso y lluvioso, respectivamente, sin riego ni fertilización.

Sin embargo, en estas condiciones su comportamiento no fue el más destacado, lo que demuestra el contraste en términos de comportamiento entre una y otra condición, reafirmando con este ejemplo la necesidad de evaluar el germoplasma en condiciones específicas para su selección, con lo que se evita la generalización de una variedad y el desconocimiento de su respuesta en condiciones particulares, como ha ocurrido con muchos de los materiales introducidos al país.

Un lugar cimero en cuanto al comportamiento de los materiales evaluados le corresponde a las asociaciones del grupo II (CIAT-16335 y la CIAT-26646). Estas, entre todas, alcanzaron la mayor altura, un vigor alto; los valores más altos de disponibilidad y también en términos de utilización, así como elevados contenidos de PB y DIVMS. En esta última variable se han reportado resultados similares en la gramínea forrajera *P. maximum* cv. Mombaza (60,9 %) y algo superiores en la *B. híbrido* cv. Mulato (67,5 %), según lo reportado por Ortega *et al.* (2011).

La accesión CIAT-26646, en particular, se ha destacado en diversos sistemas ganaderos. En este sentido Anónimo (2014), hizo referencia a las potencialidades de

este material, el que sobresalió por su buena aceptabilidad, alta resistencia al ataque de plagas, buen crecimiento, alto grado de asociabilidad con leguminosas con hábito de crecimiento voluble o postrado, así como un contenido de PB de 11 %.

También Sánchez (2007a) al emplear esta accesión en Costa Rica, encontró que la PB varió entre 9-12 % y la FND entre 67-70 %, por lo que la recomendaron como planta forrajera para su uso en las fincas de ganado bovino en el trópico.

Estas y otras características sobresalientes han permitido que esta accesión se haya convertido en una de las más empleadas en regiones tropicales para la producción bovina (Ruíz, 2009; Peters *et al.*, 2011).

Coincidiendo con lo anterior, Vilela (2009) y Caballero (2014), señalaron al cv. La Libertad (CIAT-26646) como uno de los pastos promisorios para las zonas tropicales, debido a su buen desarrollo, adaptabilidad a diversas condiciones y al alto grado de aceptabilidad por los animales cuando la consumen.

En la especie *B. brizantha* se han encontrado resultados satisfactorios en cuanto a su comportamiento agronómico y valor nutritivo (León, 1997). Esta autora al hacer una caracterización de esta especie en pastoreo, constató que fue capaz de alcanzar hasta 65,2 cm de altura, un rendimiento medio de 2,3 t de MS/ha, un contenido de PB de hasta 10 %; mientras que la FND mostró un promedio de 74 % y el de la FAD de 42 %; valores que en muchos casos coinciden o son cercanos a los hallados en esta tesis.

Otros resultados fueron los reportados con anterioridad por Pinho *et al.* (2005), quienes hallaron valores de 76 % y 35 % para la FND y FAD, respectivamente, en la *B. brizantha* cv. Marandú; mientras que los valores de la PB hallados por estos

autores fueron de 13 %, por cuanto se confirma que esta especie posee una calidad aceptable para la alimentación del ganado.

Si bien las variables agronómicas y del valor nutritivo poseen importancia en el proceso selectivo en esta fase del flujo varietal, se considera significativo complementar esta información sobre la base de variables no menos trascendentales como la composición florística y la relación Vv/Vm, como componente esta última de la estructura del pasto, debido al papel que ambas desempeñan en el comportamiento del pastizal (Machado, 2002). En ese sentido Jones *et al.* (1995) plantearon que un análisis de la variación para las variables estructurales del pasto y de la composición florística, proporciona elementos para debatir sobre el posible contraste entre los tratamientos para una condición determinada.

Esos autores afirmaron, además, que cuando se trata de analizar lo acontecido en la cubierta vegetal, es más importante establecer la tendencia o el sentido de este proceso, cuando los experimentos se desarrollan a largo plazo, que las diferencias estadísticas que se puedan alcanzar entre los tratamientos.

Sin embargo, cuando se trata de la comparación de los tratamientos, en este caso las asociaciones, a partir de su respuesta a determinadas condiciones en ensayos a corto plazo, se justifica la aplicación de ANOVA, toda vez que el objetivo es seleccionar las más sobresalientes sobre la base de los valores detectados en esas variables.

En la tabla 12 se muestra como culminaron, después de tres años de explotación, las accesiones en cuanto a la relación Vv/Vm y la composición florística de cada una de las asociaciones estudiadas.

**Tabla 12.** Relación Vv/Vm y composición florística del pastizal

Accesiones	Vv/Vm	Brachiaria	Estilosantes	Arvenses
CIAT-16300	1,24 <sup>cd</sup>	80,00 <sup>h</sup>	16,30 <sup>h</sup>	3,70 <sup>abc</sup>
CIAT-16322	2,09 <sup>f</sup>	84,00 <sup>i</sup>	10,03 <sup>cdefgh</sup>	6,00 <sup>bc</sup>
CIAT-16819	1,85 <sup>e</sup>	66,07 <sup>fg</sup>	4,80 <sup>abcde</sup>	20,07 <sup>d</sup>
CIAT-16334	1,21 <sup>cd</sup>	60,57 <sup>cd</sup>	6,37 <sup>abcdef</sup>	26,87 <sup>e</sup>
CIAT-26646	2,27 <sup>g</sup>	83,83 <sup>i</sup>	12,20 <sup>fgh</sup>	4,03 <sup>abc</sup>
CIAT-16197	0,78 <sup>b</sup>	64,20 <sup>ef</sup>	2,47 <sup>ab</sup>	20,60 <sup>d</sup>
CIAT-16809	0,52 <sup>a</sup>	51,47 <sup>b</sup>	9,23 <sup>cdefg</sup>	30,33 <sup>e</sup>
CIAT-16128	1,30 <sup>d</sup>	60,00 <sup>cd</sup>	10,03 <sup>cdefgh</sup>	15,97 <sup>d</sup>
CIAT-16332	2,29 <sup>g</sup>	96,87 <sup>l</sup>	1,70 <sup>a</sup>	1,43 <sup>ab</sup>
CIAT-16317	1,10 <sup>c</sup>	91,93 <sup>k</sup>	4,27 <sup>abcd</sup>	3,77 <sup>abc</sup>
CIAT-16132	1,08 <sup>c</sup>	45,47 <sup>a</sup>	11,13 <sup>efgh</sup>	35,73 <sup>f</sup>
CIAT-26290	0,74 <sup>b</sup>	58,37 <sup>c</sup>	10,20 <sup>defgh</sup>	28,40 <sup>e</sup>
CIAT-16303	0,82 <sup>b</sup>	62,53 <sup>de</sup>	9,40 <sup>cdefg</sup>	26,13 <sup>e</sup>
CIAT-16448	1,23 <sup>cd</sup>	59,17 <sup>cd</sup>	8,13 <sup>abcdef</sup>	26,17 <sup>e</sup>
CIAT-16485	1,85 <sup>e</sup>	78,03 <sup>h</sup>	15,00 <sup>gh</sup>	7,00 <sup>c</sup>
CIAT-26032	1,36 <sup>d</sup>	68,93 <sup>g</sup>	6,00 <sup>abcdef</sup>	16,97 <sup>d</sup>
CIAT-16469	0,54 <sup>a</sup>	88,50 <sup>j</sup>	4,40 <sup>abcde</sup>	6,13 <sup>bc</sup>
CIAT-16335	2,30 <sup>g</sup>	96,47 <sup>l</sup>	3,33 <sup>abc</sup>	0,20 <sup>a</sup>
1539	0,42 <sup>a</sup>	62,53 <sup>de</sup>	8,67 <sup>abcdefg</sup>	28,80 <sup>e</sup>
EE±	0,082 <sup>***</sup>	1,11 <sup>***</sup>	1,99 <sup>***</sup>	1,64 <sup>***</sup>

Medias con letras distintas difieren significativamente a  $p < 0,05$  (\*\*\*)  $p < 0,001$ )

De acuerdo con los valores hallados, al culminar el período de explotación, se pudo comprobar que 13 de las 19 accesiones evaluadas (68,4 %) finalizaron con una relación Vv/Vm favorable, es decir con una tasa de producción de vástagos vivos por encima de 1, destacándose las accesiones CIAT-16335, CIAT-16332 y CIAT-26646 por terminar con un índice superior a dos, las cuales mostraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) al compararlas con el resto de los tratamientos. Sin embargo, aunque la accesión CIAT-16322 también culminó el período experimental con un índice superior a dos, fue estadísticamente inferior a las tres anteriores.

Tal comportamiento indica que muchas de las accesiones fueron capaces de mantener un ritmo de producción de vástagos vivos favorable, particularmente las

más sobresalientes y, con ello mantener una densidad aceptable de nuevo material. Machado (2002) planteó que la sustitución de vástagos muertos por vástagos vivos, asegura el mantenimiento de la integridad de las macollas y, por ende, del pastizal; lo que se puede considerar como un elemento de adaptación positivo de estas accesiones.

Por otra parte, Ramírez (1993) y Ramírez *et al.* (2011) afirmaron que la producción y la supervivencia de los vástagos es un mecanismo utilizado por las plantas para mantener la persistencia, lo cual depende de la capacidad de las mismas para remover los tallos o vástagos muertos y conservar estable la densidad poblacional de tallos, aspecto que contribuye decisivamente en la estabilidad del pastizal y que está directamente determinado por el efecto combinado de los patrones estacionales de los procesos de aparición, muerte y supervivencia de esos componentes de la planta (Quero y Herrera, 2011).

Estos últimos autores afirmaron, además, que existen notables diferencias entre especies y cultivares para lograr la estabilidad de la densidad poblacional de los vástagos y favorecer con ello la persistencia de las praderas. Por esta razón, plantearon que las variaciones que se produzcan en la tasa de aparición, muerte y supervivencia de los vástagos o tallos, son aspectos importantes para comprender los mecanismos que se involucran en la persistencia y en el rebrote del pasto lo que se considera importante en el proceso selectivo.

Machado y Olivera (2004) y Machado (2012), al estudiar diferentes accesiones de *P. maximum* encontraron que después de finalizar el período de explotación con animales, las plantas en la mayoría de las accesiones concluyeron con una tasa de

producción de vástagos por encima de uno; lo que dio lugar a que estos autores afirmaran que estas accesiones mostraron mecanismos de renovación favorable para su persistencia y la del pastizal, aspecto que tomaron en consideración para la identificación de los materiales más sobresalientes.

Es importante señalar que algunas accesiones, a pesar de que mostraron diferencias estadísticas con las de mayor índice, culminaron el período experimental con valores de producción de vástagos vivos por encima de uno. Este patrón de comportamiento fue detectado en las accesiones CIAT-16819, CIAT-16485, CIAT-26032, CIAT-16128, CIAT-16300, CIAT-16448, CIAT-16334, CIAT-16317 y CIAT-16132, lo que las colocó en una posición relativamente favorable en términos del balance entre la producción y muerte de los vástagos.

Sin embargo, a pesar de que el volumen de precipitaciones y otras variables climatológicas como la temperatura, la humedad relativa y las horas luz (tabla 1) fueron propicias para la producción de nuevos vástagos, se comprobó que algunas de las accesiones mostraron un índice muy bajo de producción de nuevos vástagos. Entre estas se encontraron 1539, CIAT-16809 y CIAT-16469 con 0,42, 0,52 y 0,54, respectivamente, las cuales no difirieron estadísticamente entre ellas, pero si con el resto de las accesiones; por cuanto manifestaron una marcada tendencia hacia la degradación de la macolla y, en consecuencia, del pastizal.

También se constató la existencia de otras accesiones con mejor índice de reposición que el mencionado con anterioridad, pero que, de forma similar alcanzaron valores por debajo de uno, como fue el caso de CIAT-16303, CIAT-16197

y CIAT-26290, que no difirieron entre sí. Por estas razones ello se considera como un elemento que limita la posible selección de todos esos materiales en su conjunto.

Al analizar los valores alcanzados en los componentes de la composición florística del pastizal, se comprobó que CIAT-16332 y CIAT-16335 concluyeron el período experimental con más del 95 % del área cubierta, con lo que fueron significativamente superiores ( $p < 0,001$ ) al resto de las accesiones evaluadas.

Esas accesiones fueron seguidas, en orden jerárquico descendente, por las accesiones CIAT-16317, CIAT-16469, CIAT-16322, CIAT-26646, CIAT-16300 y CIAT-16485, entre las cuales también se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ), pero todas con un porcentaje de área cubierta que varió entre 78,0 y 91,9 %.

Estos resultados demuestran que todas esas accesiones concluyeron el período experimental con altos valores del área cubierta por el pasto, lo que indica que mantuvieron una sobresaliente estabilidad poblacional después de 15 rotaciones bajo esas condiciones. Merita resaltar que estos valores se consideran un índice adecuado y, a la vez, recomendado para la selección y propuesta de las posibles variedades comerciales (Machado *et al.*, 1997).

Es importante acotar que cuatro de las ocho accesiones antes señaladas se corresponden con aquellas que alcanzaron los mayores valores en la relación Vv/Vm (CIAT-16322, CIAT-26646, CIAT-16332 y CIAT-16335) y tres con valores superiores a uno, lo que demuestra que estas accesiones mantuvieron un excelente comportamiento en términos de área poblada, acompañado por la presencia de una

mayor cantidad de material vivo en las macollas, lo que realza sus relevantes cualidades que, entre otras, definen la adaptabilidad.

En la accesión CIAT-16132 se detectó el menor porcentaje de área cubierta (45,4 %), aunque otras dos (CIAT-16809 y CIAT-26290), también con diferencias altamente significativas entre sí ( $p < 0,001$ ) mostraron valores de área cubierta de 51,4 y 58,3 %. y a la vez, con valores por debajo de uno en términos de la relación  $Vv/Vm$ , lo que contrasta indudablemente con el comportamiento mantenido por los materiales más ventajosos, como se discutió con anterioridad. A todas luces estas accesiones tuvieron tendencia a la despoblación, en particular la primera.

Tales resultados no dejan lugar a dudas sobre la diferenciación que existió entre las accesiones desde el punto de vista de la estructura y el porcentaje del pasto en la parcela en este suelo, lo que dio lugar a patrones totalmente distintos de comportamiento.

No obstante, esos resultados obedecen a esta condición particular, ya que esos mismos individuos (CIAT-16132, CIAT-16809 y CIAT-26290), se comportaron de forma diferente al presentar estabilidad en el tiempo en un ensayo realizado con anterioridad cuando fueron sometidos a condiciones de corte (Olivera *et al.*, 2008); lo que revela, una vez más, que la respuesta del pasto suele ser marcadamente contrastante al utilizar sistemas diferentes de explotación, lo que constituye una alerta a tener en cuenta en el proceso de investigación.

Es conocido que las arvenses desarrollan mecanismos que les facilita colonizar los espacios vacíos que el pasto no alcanza a ocupar durante el período de establecimiento o de explotación (Dias-Filho, 2006; Feldman y Refi, 2006) y pueden

provocar pérdidas en el rendimiento hasta de un 30 % (Anónimo, 2010), e incluso hasta cerca del 75 % cuando se trata de arvenses muy agresivas como el *Sporobolus indicus* (L.) R. Br. conforme a los resultados obtenidos por Sardiñas *et al.* (2011).

En ese sentido, algunos autores plantean que los pastos con hábito de crecimiento macoloso y erecto poseen un alto potencial para ser invadidos por esas especies (Dormaar *et al.*, 1994).

Sin embargo, las accesiones de *B. brizantha* evaluadas, a pesar de poseer ese hábito de crecimiento, no fueron invadidas en altas proporciones por esas especies (tabla 12). Así, de acuerdo con los resultados del ANOVA, la asociación donde se encontraba la accesión CIAT-16335, sin diferir de la CIAT-16332, CIAT-16317, y CIAT-26646, fue la que mostró menor área invadida por las especies arvenses (0,20 %); mientras que la asociación formada por la accesión CIAT-16132 fue la más invadida, aun cuando el valor absoluto no rebasó el 35,73 %.

Las arvenses mayormente detectadas fueron dos especies de malva (*Sida rhombifolia* L., *S. acuta* Burm. f.), la lechosa [*Chamaesyce hirta* (L.) Millsp.] y el espartillo (*S. indicus*) especies naturalizadas y muy abundantes en estos suelos.

Ello significa, que ninguna de estas accesiones alcanzó un estado de deterioro avanzado del pastizal. Según los criterios planteados por Andrade (2006), se considera que un pastizal manifiesta un alto grado de deterioro cuando la cobertura de las arvenses es superior al 60 %.

No obstante, no sería desacertado considerar que el grado de invasión existente pudo afectar el crecimiento, el desarrollo y de algún modo el rendimiento del pasto,

pero no de manera considerable, en dependencia de los valores porcentuales alcanzados por esas especies en la composición florística del pastizal. Ello solo se debe esperar cuando el nivel de invasión supere el 65 % (Padilla *et al.*, 2013); porcentaje que dista de forma marcada de los valores detectados.

La supremacía numérica y poblacional de las especies establecidas en todas las asociaciones sobre las especies adventicias, pero de modo particular en el caso de la gramínea, se puede atribuir a que las gramíneas, independientemente de su hábito de crecimiento, y del sistema de manejo a que son sometidas, están mucho mejor adaptadas para que sus poblaciones se desarrollen bajo las condiciones que depara la explotación intensiva por parte de una masa animal que las pisotean y consumen en mayor o menor grado.

Tal comportamiento tiene su origen en varios atributos morfoestructurales y fisiológicos conocidos: la presencia de un mayor número de puntos de crecimiento y reservas suficientes para desarrollar sus capacidades potenciales de rebrote después de la defoliación o daños provocados por estrés; la existencia de vástagos más o menos numerosos y vigorosos con potencialidad de reposición y velocidad de crecimiento; la presencia de estolones y/o rizomas y/o altas producciones de semillas que aseguran su propagación y la alta eficiencia que poseen para la utilización de los recursos a partir de su peculiar sistema radical y aéreo y un eficiente sendero fotosintético. Sin embargo, estas ventajas se manifiestan, incluso con mayor intensidad cuando se utiliza un manejo adecuado, ya que de lo contrario el resultado puede ser inverso con predominio por parte de las arvenses.

Uno de los factores que incide de forma negativa en la producción de forraje es la baja fertilidad de los suelos, principalmente el relacionado con el contenido de N. Por esta razón, la asociación de leguminosas con gramíneas es una excelente alternativa para mitigar ese efecto, dado por la capacidad que tienen las primeras de fijar ese elemento y ponerlo a la disposición de la(s) especie(es) asociada(s), logrando de esta forma una mayor producción de forraje (Anónimo, 2013).

El papel que desempeñan las leguminosas herbáceas en las praderas para la fijación y el subsecuente incremento de N en el forraje asociado, ha sido objeto de investigaciones que han permitido concluir que el N fijado por las leguminosas presenta valores comunes entre 50 y 300 kg de N/ha/año (Carrero, 2012). Además, Ruíz *et al.* (2005) plantearon que los sistemas con leguminosas, ya sean herbáceas o arbustivas, asociadas con gramíneas, pueden desempeñar un papel muy destacado en el ecosistema por esta y otras cualidades de esas especies.

La variedad comercial *S. guianensis* CIAT-184 es una de las leguminosas que ha mostrado mejores atributos de adaptabilidad en condiciones de acidez de los suelos en Cuba (Machado y Seguí, 1997), por cuanto fue elegida para establecer la asociación en esta investigación, como se declaró con anterioridad.

De acuerdo con los resultados expuestos en la tabla 12, también se observa que se encontraron diferencias altamente significativas ( $p < 0,001$ ) en el área ocupada por el estilósantes. El mayor valor se detectó en la asociación con CIAT-16300 (16,30 %); aun cuando este valor no difirió del que se halló en las asociaciones conformadas con las accesiones CIAT-16485, CIAT-26646, CIAT-16132, CIAT-26290, CIAT-16322

y CIAT-16128 en las que el porcentaje de esta leguminosa varió en el rango de 10,03 a 15,02 %.

Los valores más bajos se hallaron en las asociaciones con las accesiones CIAT-16332, CIAT-16197, CIAT-16335, CIAT-16469, CIAT-16819 y CIAT-16317, todas con menos del 5,0 % y sin diferencias significativas entre sí.

Con ello es posible afirmar que la contribución del estilosantes a la disponibilidad de biomasa, en todos los casos, pudo haber sido poco consistente, particularmente en las últimas rotaciones en las que se constataron estos valores (debido al deterioro progresivo que se fue manifestando en su población de acuerdo con las observaciones de campo), ya que para que se produzca impacto de las leguminosas en la disponibilidad de la asociación, esta debe estar en una proporción nunca inferior al 30 % (Ruíz *et al.*, 1995; Roca *et al.*, 2014).

Aunque se ha comprobado que *B. brizantha* puede asociarse exitosamente con varias leguminosas herbáceas (Rao *et al.*, 1998a); ello no ocurrió en el caso que se analiza. De ahí que se considere que uno de los factores que pudo contribuir al detrimento de la población del estilosantes, pudiera estar relacionado con el hábito de crecimiento de la gramínea.

En ese sentido Guiot y Meléndez (2003), argumentaron que la especie *B. brizantha*, por su hábito de crecimiento erecto o semierecto, no se asocia fácilmente con leguminosas herbáceas no volubles, efecto que se agudiza cuando las plantas de la gramínea son capaces de desarrollar macollas voluminosas que pueden producir interferencia en el buen crecimiento y desarrollo de la leguminosa.

Otras causas pudieron ser la competencia y las modificaciones microclimáticas que se producen en el pastizal, así como algunos efectos indirectos que pudieron causar restricciones en el desarrollo de estas plantas (Burton, 1993).

Ruíz y Febles (2006) plantearon que la competencia entre plantas se debe a que en condiciones específicas, el ambiente y el suelo son capaces de proveer solamente cantidades limitadas de los factores esenciales para el crecimiento normal de una población determinada de plantas. Cuando las poblaciones exceden el límite de los factores esenciales se inicia la competencia entre las plantas creada por los factores limitantes. Con anterioridad Wedin y Tilman (1993) plantearon que el carácter de la competencia y la habilidad competitiva de una especie no solo son dependientes de la especie y sus necesidades, sino también de las condiciones ambientales y cambian con estas.

También, es conocido que, desde el punto de vista fisiológico las gramíneas presentan una serie de ventajas comparadas con las leguminosas, entre las que se puede mencionar la tasa de fotosíntesis más elevada, lo que les confiere un mayor crecimiento y desarrollo (Azcón-Bieto y Talón, 2000); así como una tolerancia superior a las altas temperaturas (del Pozo *et al.*, 2011), lo que les permite competir de forma favorable.

Indudablemente, el estilósantes, aun cuando se mantuvo durante todo el período de explotación, lo hizo con un bajo porcentaje y manifestó una fuerte tendencia a desaparecer; sobre todo si se tiene en cuenta que la población de esta especie, al inicio de la etapa experimental, fluctuó entre el 31,2 % y 36,3 % del área inicial de la parcela, en función del criterio que se tuvo en cuenta para considerar el área de la

parcela establecida y de la proporción sembrada, conforme a lo descrito en el capítulo 2 (Anexo 5).

No obstante, fue interesante comprobar que aun cuando la población del estilósantes disminuyó ostensiblemente, se mantuvieron ciertas proporciones de esta especie hasta el final del experimento, lo que pudo estar asociado, entre otras, a: a) las posibilidades que poseen las leguminosas para sobrevivir y lograr una tasa de crecimiento determinada con niveles de N más bajos comparadas con las gramíneas, en suelos como estos; b) la eficiencia que poseen estas especies para extraer y movilizar el P en suelos con bajos contenidos de este elemento (Crespo *et al.*, 1986) y c) el aumento que se debe esperar en las reservas de semillas en el suelo (Jones *et al.*, 1991).

Los resultados que se acaban de discutir no dejan lugar a dudas de que se manifestó una baja compatibilidad en todas las asociaciones entre la *B. brizantha* y el *S. guianensis* CIAT-184. Por esta razón se considera que se debe continuar investigando en la búsqueda de una mejor respuesta, a través de diferentes variantes de orden fitotécnico e, incluso de manejo, ya que no son muchas las especies de leguminosas capaces de adaptarse a ese ambiente.

El comportamiento de estas asociaciones durante el período experimental indica que el manejo utilizado y otras variables ambientales, así como las características individuales de sus componentes favorecieron la población del pastizal de forma contrastante, ya que en estas se constataron, en algunos casos, un porcentaje relativamente alto de arvenses y, en otros, valores bajos con un efecto de competencia menor aún en la población establecida. No obstante, es válido resaltar

que en ningún caso, se manifestaron las denominadas explosiones de invasión provocadas por las arvenses (Machado, 2002), fenómeno que se manifiesta cuando se crean las condiciones necesarias para ello, particularmente las provocadas por una alta despoblación, condicionada por las más diversas causas.

Por otra parte, también fue evidente la existencia de significativos contrastes entre las accesiones en función de la densidad poblacional de los vástagos vivos, lo que permitió identificar las accesiones más estables en las asociaciones; así como aquellas que tendieron hacia la degradación.

De esta forma, algunas asociaciones se destacaron a pesar de que, como se refirió anteriormente, el porcentaje de estilosantes disminuyó en todas las asociaciones. Sin embargo, se puede afirmar que las asociaciones destacadas para las variables poblacionales analizadas fueron las conformadas por las accesiones CIAT-16300, CIAT-16322 y CIAT-26646.

No obstante, al hacer un análisis de todos los resultados (agronómicos, nutricionales, estructurales y de la composición botánica), solo se seleccionaron las asociaciones conformadas por las accesiones CIAT-16335 y CIAT-26646, ya que fueron estos los tratamientos más sobresalientes al realizar un análisis en conjunto de todas las variables tomadas en consideración.

Con ello se accede a los materiales de mayor potencialidad de utilización, en calidad de variedades precomerciales, para agroecosistemas que se caractericen por la acidez de sus suelos.

# *Capítulo 5.*

## *Consideraciones Generales*



## **CAPÍTULO 5. CONSIDERACIONES GENERALES**

En la actualidad se han identificado varios géneros en los que se encuentran especies y/o accesiones que se recomiendan para suelos ácidos, entre los que se destacan *Andropogon*, *Panicum*, *Cenchrus* y *Brachiaria*; las especies de este último son una de las más distribuidas y utilizadas en las zonas ganaderas del trópico que poseen este factor limitante (Girón, 2010).

El argumento principal para el desarrollo de esta investigación se basó en la puesta en marcha de una primera y segunda fase de selección en las etapas iniciales que integran el flujo varietal de acuerdo con el denominado modelo genocéntrico (Blanco *et al.*, 2012).

Ello se llevó a cabo a partir de una colección introducida conformada por 36 accesiones de *B. brizantha*, en términos de adaptabilidad a suelos ácidos.

En esta investigación se utilizaron e interrelacionaron variables cualitativas y cuantitativas de carácter agronómico y del valor nutritivo, estas últimas como elemento novedoso e importante en las fases iniciales de ese modelo, con lo que se enriquecen las bases metodológicas del proceso selectivo y el rigor científico de los resultados alcanzados, como parte del actual modelo, denominado sistemocéntrico.

A partir de la secuencia experimental utilizada mediante el diseño y la ejecución de experimentos correspondientes a las fases I y II del flujo de variedades (denominado

preflujo varietal), se lograron aportes a la metodología de evaluación de pastos; a la vez que permitieron cumplir la hipótesis y los objetivos de trabajo planteados, al seleccionar las accesiones de mejor comportamiento en ecosistemas con predominio de suelos ácidos y su propuesta en calidad de variedades precomerciales.

Con los resultados de la primera fase, después de un año de evaluación, fue posible identificar las variables que más influyeron en el contraste entre los individuos evaluados, las que contribuyeron decisivamente en la posterior agrupación y selección de los materiales más sobresalientes. Ello fue posible debido a la alta variabilidad existente en la colección introducida.

Las accesiones que se destacaron por su buen comportamiento a partir de los valores detectados en esas variables representaron el 52,8 % del total de las accesiones evaluadas.

Ese porcentaje, aunque alto, se considera aceptable en el contexto de esta fase, ya que muchas de ellas constituyen materiales que sufrieron cierto grado de selección en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (Rao *et al.*, 1998), además de las probadas características de adaptabilidad que posee la mayoría de esos materiales para esta condición, aspecto que fue corroborado. Por esa razón ese resultado, lejos de constituir una limitante, se consideró favorable, sobre todo si se toma en cuenta que los ensayos iniciales de evaluación tienen, como objetivo fundamental, la identificación de las accesiones que mejor se adapten y comporten en un ambiente determinado, a partir de un germoplasma constituido por un amplio o relativamente amplio número de accesiones (Machado *et al.*, 2006).

Esos y otros resultados alcanzados en diferentes ambientes (Oquendo *et al.*, 1983; Machado, 2013), permiten sugerir la necesidad de evaluar colecciones intraespecíficas con el fin de discriminar los materiales menos exitosos e identificar, simultáneamente, aquellos que puedan solventar los propósitos que se persiguen en esos ambientes.

Además, es importante destacar que los resultados de esa fase de investigación responden a una de las etapas que normalmente se llevaban a cabo a partir del esquema de trabajo que desarrolló la EEPF Indio Hatuey desde el año 1962 (Blanco *et al.*, 2012), la cual permitía, como principio fundamental la identificación del germoplasma con mejores características productivas y de calidad; así como su respuesta en términos de adaptabilidad a condiciones edáficas específicas, entre las que se incluyen, como en este caso, aquellas de carácter extremo y agresivo, donde no son muchas las especies y sus variantes capaces de adaptarse y, sobre todo, persistir y producir con la calidad adecuada.

Es válido destacar que los resultados obtenidos en la evaluación inicial de la colección de *B. brizantha* en suelos ácidos de baja fertilidad, además de consistentes y alentadores, se consideran imprescindibles, ya que no solo permitieron identificar individuos con características sobresalientes y, con ello, su selección en etapas tempranas del proceso de evaluación; si no que crearon las bases necesarias y suficientes para dar continuidad a la fase subsecuente del flujo varietal, la que constituye por su naturaleza una premisa indispensable para la propuesta de variedades precomerciales de esta especie para suelos donde prevalezca la acidez,

objetivo que fue alcanzado sobre bases sólidas apoyadas en los resultados aquí demostrados.

El empleo de las técnicas multivariadas en la fase II permitió comprobar la existencia de una alta variabilidad acumulada sobre la base de las 12 variables incluidas en esa fase; la presencia de una distribución de la varianza relativamente equitativa para las dos primeras componentes; así como un grado de semejanza evidente para algunos de los grupos posteriormente formados, lo que tuvo su origen en el proceso selectivo que se llevó a cabo previo a esta fase.

Un análisis exhaustivo de los resultados alcanzados en las variables correspondientes a la composición florística y de la estructura del pasto, permitió confirmar que en la mayoría de las asociaciones no ocurrió degradación según el concepto expuesto por Dias-Filho (2006). De esta forma, los cambios que se produjeron en las mismas comprometieron muy poco la dinámica de producción de vástagos vivos, la que fue muy favorable en las accesiones que formaron parte de un alto porcentaje de las asociaciones; así como se constató en estas últimas, un alto porcentaje de la gramínea y una baja presencia de especies arvenses, al final del período experimental, por cuanto no se registraron índices de deterioro (Andrade, 2006), lo cual es sinónimo de la estabilidad que caracterizaron las áreas correspondientes.

Se considera que en este patrón de estabilidad en términos de la estructura y del área sellada por la gramínea como componente del pastizal, indudablemente cobraron particular importancia las características de adaptabilidad mostrada por

este germoplasma y, en particular, las de las accesiones sobresalientes en esas variables.

Milera *et al.* (2011), plantearon que el manejo desempeña un papel positivo en ese sentido, cuando este se lleva a cabo de forma racional, toda vez que, cumpliendo lo propuesto por esos autores, los animales se introdujeron al pastoreo cuando la generalidad de las asociaciones habían alcanzado un estado aceptable de recuperación de la biomasa, en función del tiempo de reposo y la carga empleada, incluso en el caso de las leguminosas. Al respecto, Entrena *et al.* (1998) afirmaron que la carga animal se convierte en uno de los factores que puede afectar la cobertura, la persistencia y la estabilidad de la pastura sino es correctamente ajustada.

Además, se considera que el manejo utilizado, de manera acertada, pudo no haber representado ventaja alguna para un tratamiento determinado, en detrimento de otro, sino que este aseguró que todas las accesiones fueran explotadas en igualdad de condiciones.

Ello significa que se llevó a cabo un buen ajuste de las rotaciones en función del reposo necesario para la recuperación del pastizal; así como para alcanzar una aceptable disponibilidad (Milera *et al.*, 2006), en tanto que la intensidad de pastoreo empleada tampoco constituyó un factor negativo en la permanencia del pastizal en ningún caso.

Tales aspectos metodológicos deben tomarse en consideración como estrategia general de trabajo, pero aplicarse, circunstancialmente, en función de las características del material genético disponible, de las condiciones prevalecientes en

cada momento y, sobre todo, de los objetivos perseguidos en la investigación, con los que se puede asegurar una respuesta del pasto en virtud de sus características individuales en la que las variables ambientales, incluyendo el manejo, no se conviertan en un factor preponderante decisivo.

Dos asociaciones de *B. brizantha* y *S. guianensis* CIAT-184 evaluadas bajo condiciones de pastoreo fueron seleccionadas por mostrar los valores más sobresalientes para la mayoría de las variables agronómicas, del valor nutritivo, estructurales y de la composición botánica, estas representan el 5,5 % del total evaluado en esta fase. Con ello se logra adquirir a los materiales con mayores posibilidades de utilización para los agroecosistemas que se caractericen por la acidez de sus suelos.

Sobre la base de ese resultado se puede afirmar que se dispone de un germoplasma de *B. brizantha* con aceptable potencialidad para su fomento y explotación en condiciones de pastoreo en ambientes con características similares, toda vez que mostraron atributos agronómicos que confirmaron su adaptabilidad; así como deseables cualidades relacionados con importantes variables del valor nutritivo.

Es pertinente señalar que las variables utilizadas, siempre que sea factible, se deben incluir en investigaciones futuras para la evaluación de germoplasma forrajero; así como otras relacionadas con la estructura como pudieran ser la densidad y el grosor de los vástagos, el número de individuos por unidad de área, las dimensiones foliares, el diámetro de la macolla, la relación vástagos vivos/diámetro, la relación vástagos muertos/diámetro y la relación vástagos totales/diámetro, por solo citar algunas.

Es importante resaltar que al utilizar algunas variables del valor nutritivo en la segunda fase del proceso selectivo, proceder nunca antes utilizado, no solo incrementa la calidad y el valor científico de los resultados, sino que también contribuye a disminuir de forma marcada el tiempo necesario para la propuesta de las variedades comerciales (Anexo 6), ya que la determinación de estas variables requerían el concurso de animales estabulados, instalaciones y fuerza laboral obrera y especializada como parte de los “trabajos complementarios con animales”, de acuerdo con el flujograma utilizado con anterioridad (Anexo 7), con lo que también se ahorra salario y recursos materiales.

Según Blanco *et al.* (2012), durante aproximadamente 30 años se habían acumulado y difundido resultados atendiendo a la lógica del modelo genocéntrico. Cientos de campos de introducción o evaluación de especies y variedades a lo largo y ancho del país, en una gran diversidad de suelos y condiciones climáticas, habían sido estudiados. El punto de viraje en el cambio del modelo de investigación se produce en el quinquenio 1991-1995.

Estaba claro en el enunciado que los recursos fitogenéticos quedaban subordinados a las tecnologías y éstas a los sistemas de producción. De ahí que los dos componentes básicos “recursos fitogenéticos” y “tecnologías” eran ingredientes para el desarrollo y perfeccionamiento de los sistemas de producción sostenibles; por cuanto se debe ratificar la imprescindible necesidad de continuar la evaluación de los recursos fitogenéticos forrajeros a la luz de la nueva concepción sistemocéntrica, manteniéndose de esta forma la vigencia e indudable importancia que los mismos poseen en las circunstancias actuales y futuras del país.

# *Conclusiones*



## CONCLUSIONES

- La evaluación de una colección de *Brachiaria brizantha* en suelos ácidos, permitió constatar la existencia de accesiones con cualidades sobresalientes relacionadas con la adaptabilidad a esas condiciones, lo que permitió su identificación en fases tempranas del proceso de evaluación.
- La variabilidad detectada fue alta, superior al 75,0 % en las dos fases de evaluación, en función de las variables medidas y/o estimadas, lo que coadyuvó a determinar la existencia de tratamientos con relevantes atributos de orden agronómico y de la calidad y su consecuente selección.
- El número de accesiones seleccionadas en la primera y segunda fase del flujo varietal, representó el 52,8 % y el 5,5 % del total del material evaluado, respectivamente, resultado que se considera admisible en trabajos preliminares de carácter evaluativo.
- La inclusión de algunas variables del valor nutritivo, en la fase II, contribuyó no solo al enriquecimiento metodológico en esta fase, sino que aseguró la reducción del tiempo necesario para la propuesta de variedades comerciales; así como elevó el rigor de los resultados en el proceso selectivo.

- No existió una respuesta favorable en la composición porcentual de las asociaciones entre la *B. brizantha* y el *S. guianensis* CIAT-184. Sin embargo, esta fue predominante en relación al porcentaje de arvenses en todos los casos.
- La evaluación de las asociaciones con el uso de variables agronómicas, del valor nutritivo, estructural y de la composición botánica, permitió la selección de aquellas que incluyeron a la *B. brizantha* CIAT-16335 y *B. brizantha* CIAT-26646, las cuales mostraron cualidades prominentes, de forma integral, para su propuesta como variedades precomerciales para suelos caracterizados por la acidez.

# *Recomendaciones*



## RECOMENDACIONES

- Reelaborar la metodología utilizada en el flujo varietal incluyendo los cambios propuestos en esta tesis y aplicarla para la futura evaluación y selección de colecciones de germoplasma forrajero de interés, así como incluir los estudios complementarios desde la primera etapa del flujo varietal.
- Incluir las variables estructurales del pasto enunciadas en esta tesis desde las primeras fases del proceso evaluativo; así como determinaciones de carácter bromatológico y del valor nutritivo, aquí utilizadas o no en función de los materiales a evaluar y de los objetivos previstos.
- Insertar las accesiones precomerciales: *B. brizantha* CIAT-16335 y *B. brizantha* CIAT-26646, en el flujo varietal actual, con el fin de documentar la información complementaria imprescindible para su selección en carácter de variedades comerciales.

# *Referencias Bibliográficas*



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Academia de Ciencias de Cuba. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana. p. 41. 1989.
2. Albuquerque, Camila Maida; Cavalcante, Cristina; Bonomo, P. & Vieira, A.J. Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD. Acta Scientiarum. Animal Sciences. 31(2): 117-122. 2009.
3. Altieri, M.A. Agroecología: principios y estrategias desde la perspectiva cubana. En: Transformando el campo cubano. 1ra. edición. ACTAF. La Habana, Cuba. 284 p. 2001.
4. Andrade, L.E. Rehabilitación de praderas con el uso de rodillo aireador. En: Memorias VI Simposio Internacional de Pastizales. Monterrey, Nuevo León, México. CD-ROM. 2006.
5. Anónimo. Asociación de leguminosas con pastos. En: Agricultura, Veterinaria y Producción Animal. <http://abc.finkeros.com/asociacion-de-leguminosas-con-pastos/>. Consultado en marzo del 2014. 2013.
6. Anónimo. *Brachiaria brizantha* cv. La Libertad (MG-4). Especies Forrageiras. Matsuda Quem usa não muda. <http://www.matsuda.com.br/Matsuda>. Consultado en enero del 2015. 2014.

7. Anónimo. *Brachiaria brizantha*. <http://www.huallamayo.com.pe/bbm.htm>. Consultado en marzo del 2013. 2009.
8. Anónimo. Fisiología de las plantas en suelos ácidos. Fisiología Vegetal. [www.elergonomista.com](http://www.elergonomista.com). Consultado en febrero del 2014. 2002.
9. Anónimo. Informe de Cuba a la conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible Río+20. La Habana 31 p. 2012.
10. Anónimo. Manejo y control de la proporción de arvenses en pasturas y cultivos forrajeros. Disponible en: <http://Kogi.udea.co/manejo-depraderasarvenses>. Consultado en febrero del 2013. 2010.
11. AOAC. Official methods of analysis. Ass. Off. Agric. Chem. 16<sup>th</sup> ed. Washington, DC. 1995.
12. Arakaki, L.C.; Balbuena, O.; Kucseva, C.D.; Rochinotti, D.; Kudo, H. & Slanac, A.L. Ambiente ruminal en bovinos alimentados con heno de pasto estrella y suplementados con afrechillo de trigo. XIX Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Buenos Aires, Argentina. 2004.
13. Araujo, O. & Vergara, J. Propiedades físicas y químicas del rumen. XX Reunión ALPA, XXX. Reunión APPA-Cusco-Perú. Vol. 15 (1). 2007.
14. Arce, Blanca Aurora; Peña, A.J. & Cárdenas, E.A. Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. Corpoica. Ciencia Tecnología Agropecuaria. 14(2): 215-229. 2013.
15. Argel, P.J.; Giraldo, G.; Peters, M. & Lascano, C.E. Producción artesanal de semillas de Pasto Toledo. *Brachiaria brizantha* CIAT-26110. Proyecto de

- Forrajes tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 16 p. ISBN 958-694-050-0. 2002.
16. Argel, P.J. & Keller-Grein, G. Experiencia regional con *Brachiaria*: Región de América Tropical-Tierras bajas húmedas. En: *Brachiaria*: Biología, Agronomía y Mejoramiento. (Edts. Miles, J.W.; Maass, B.L. y do Valle, Casilda). CIAT, Embrapa. Cali, Colombia. p. 226-247. ISBS: 958-9439-95-0. 1998.
  17. Azcón-Bieto, J. & Talón, M. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Ediciones Universitarias de Barcelona. 515p. ISBN: 84-486-0258. 2000.
  18. Azpilicueta, Claudia; Pena, Liliana & Gallego, Susana. Los metales y las plantas: entre la nutrición y la toxicidad. *Ciencia Hoy*. 20(116): 13-16. 2010.
  19. Balzarino, Mónica; Gonzales, Laura; Tablado, Elena; Casanoves, F.; di Rienzo, J.A. & Robledo, C.W. Manual del usuario. Grupo Infostat. FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición. Editorial Brujas, Argentina. 75 p. 2004.
  20. Benítez, Yamili; Bernal, A.; Cortes, E.; Vera, G. & Carrillo, F. Producción de forraje de guaje (*Leucaena* spp.) asociado con zacate (*Brachiaria brizantha*) para ovejas en pastoreo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1(3): 397-411. 2010.
  21. Barnabé, Márcia Cristina; Beneval, Rosa; Lopes, E.L.; Porto, G.; Rocha, Karina & Pinheiro, Eurídice de Paula. Produção e composição químico-bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu adubada com dejetos líquidos de suínos. *Ciência Animal Brasileira*. 8 (3): 435-446. 2007.
  22. Blanco, F. *et al.* Génesis y evolución. Estación Experimental Indio Hatuey. Cinco decenios dedicados a la ciencia. Estación Experimental Indio Hatuey. (Eds.

- Blanco, F.; Milera, Milagros C. y Machado, R.). Segunda edición. Editorial Estación Experimental Indio Hatuey. 276p. ISBN 978-959-7138-06-8. 2012.
23. Blum, A. Plant breeding for stress environments. Boca Ratón, FL, USA, CRC Press. 222 p. 1988.
24. Boschini, C.; Argel, P.J. & Pérez, G. Field studies to determine DM yields and quality of forage sorghum lines and pearl millet in a subhumid environment of Costa Rica. In: Grass and legume genotypes with superior adaptation to edaphic and climatic constraints are developed. <http://www.ciat.cgiar.org.pdf>. Consultado en marzo del 2015. 2002.
25. Brown, Dorothy. Methods of surveying and measuring vegetation. Commonwealth Agricultural Bureau. England. 233 p. 1963.
26. Brown, L. Pastos mundiais se deterioram sob pressão crescente. <http://www.wwiuama.org.br>. Consultado en marzo del 2013. 2005.
27. Burton, P.J. Some limitation inherent to static indices of plant competition. Canadian Journal for Researchers. 23: 2141–2152. 1993.
28. Caballero, P.J. Producto: *Brachiaria brizantha* cv. La Libertad (MG4). Semillas de calidad. Semillas sudamericanas. <http://semillassudamerica.com/>. Consultado en enero del 2015. 2014.
29. Cáceres, O. *et al.* Tablas de valor nutritivo y requerimientos para el ganado bovino. Pastos y Forrajes. 23 (2): 1-18. 2000.
30. Camacho, L.M.; Rojo, R.; Salem, A.Z.M.; Mendoza, G.D.; López, D.; Tinoco, J.L.; Albarrán, B. & Montañez-Valdez, O.D. In vitro ruminal fermentation kinetics

- and energy utilization of three mexican tree fodder species during the rainy and dry period. *Animal Feed Science and Technology*. 160: 110–120. 2010.
31. Canchila, E.R.; Ojeda, F.; Machado, R.; Soca, Mildrey; Toral, Odalys & Blanco, D. Evaluación agronómica de accesiones de *Brachiaria* spp. en condiciones agroecológicas de Barrancabermeja, Santander, Colombia. I. Primer año de evaluación. *Pastos y Forrajes*. 31(2): 129-140. 2008.
32. Canchila, E.R.; Ojeda, F.; Machado, R.; Soca, Mildrey; Toral, Odalys & Blanco, D. Evaluación agronómica de accesiones de *Brachiaria* spp. en condiciones agroecológicas de Barrancabermeja, Santander, Colombia. II. Segundo año de evaluación. *Pastos y Forrajes*. 31(2): 141-151. 2008a.
33. Canchila, E.R.; Soca, Mildrey; Ojeda, F. & Machado, R. Evaluación de la composición bromatológica de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes*. 32(4): 1-9. 2009.
34. Canchila, E.R.; Soca, Mildrey; Ojeda, F.; Machado, R. & Canchila, Neydi. Dinámica de crecimiento de 24 accesiones de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes*. 33(4): 1-9. 2010.
35. Canchila, E.R.; Soca, Mildrey; Wencomo, Hilda B.; Ojeda, F.; Mateus, H.; Romero, E.; Argüello, G.; Ruíz, R. & Canchila, Neydi. Comportamiento agronómico de siete accesiones de *Brachiaria humidicola* durante la fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes* 34 (2):155-166. 2011.
36. Carrero, J.A. Importancia de las leguminosas forrajeras. <http://buenaproduccionanimal.wordpress.com/>. Consultado en marzo del 2014. 2012.

37. Castro, G.H.F.; Graça, D.S.; Gonçalves, L.C.; Mauricio, R.M.; Rodríguez, N.M.; Borges, I. & Tomich, T.R. Cinética de degradação e fermentação ruminal da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú colhida em diferentes idades ao corte. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. 59(6): 1538-1544. 2007.
38. Cerdas, R. & Vallejos, E. Comportamiento productivo de varios pastos tropicales a diferentes edades de cosecha en Guanacaste, Costa Rica. InterSedes. Vol. XIII: 6-22 ISSN: 2215-2458. 2012.
39. Chamorro, D. Sistemas de evaluación de especies forrajeras: conceptos y procedimientos técnicos. Gramíneas y leguminosas: Consideraciones agro zootécnicas para ganaderías del trópico bajo. Boletín de investigación, CORPOICA, Regional 6. Centro de Investigación "Nataima", El Espinal, Tolima, Colombia. p. 21. 1998.
40. CIBA-GEIGY. Evaluación del ensayo. En: Manual para ensayos de campo en protección vegetal. Segunda Edición. Werner Püntener. División Agricultura. Switzerland. p. 55. 1981.
41. Coelho, L; Menezes, Patrícia; Campos, F. & Barreto, G. Establishment of *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, under levels of soil water availability in stages of growth of the plants. Revista Brasileira de Zootecnia. 40(7). Versión *On-line*. ISSN 1806-9290. 2011.
42. Crespo, G.; Aspiolea, J.L. & López, Mirtha. Nutrición de pastos. En: Los pastos en Cuba. Tomo 1. Producción, EDICA. La Habana, Cuba. p. 345-378. 1986.

43. Cruz, J.F.; Rodríguez, D.D.; Benavides, A.C. & Clavijo, J.A. Caracterización de parámetros productivos y reproductivos de ganado normando en Colombia. Archivos de Zootecnia. 62(239): 345-356. 2013.
44. CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. Annual Report. 1980-81. CSIRO, Australia. 204 p. 1980.
45. CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. Annual Report. 1981-82. CSIRO, Australia. 201 p. 1981.
46. CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. Biennial Research Report. 1988-90. CSIRO, Australia. 208 p. 1990.
47. Debelis, S.; Bozzo, A.; Barrios, M. & Buján, A. The relationship between soil characteristics and vegetation as a function of landform position in an area of the Flooding Pampa. Spanish Journal of Agricultural Research. 3: 232-242. 2005.
48. del Pozo, P.P. Análisis del crecimiento del pasto estrella (*C. nlemfuensis*) bajo condiciones de corte y pastoreo. Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. ISCAH-ICA. La Habana, Cuba. 83p. 1998.
49. del Pozo, P.P.; Herrera, R.S. & Blanco, F. Bases ecofisiológicas del manejo de los pastos. En: André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. (Ed. Milera, Milagros). p. 371-397. ISBN: 978-959-16-0939-7. 2011.
50. Dias-Filho, M.B. Sistemas silvipastoris na recuperação de pastagens degradadas. Embrapa Amazonia Oriental Belém, PA. <http://www.cpatu.embrapa.br/>. Consultado en marzo del 2013. 2006.
51. Dinchev, D. Agroquímica, La Habana, Edición Revolucionaria. I.C.L. 1972.

52. Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes (DNSF). Edic. DNSF, Manual de técnicas analíticas. Mimeografiado, La Habana, Cuba. 76 p. 1976.
53. Dormaar, J.F.; Adams, B.W. & Williams, W.D. Effect of grazing and abandoned cultivation on a *Stipa-Bouteloua* community. *Journal Range Manage.* 47: 28-32. 1994.
54. Duncan, D.B. Multiple range and multiple F test. *Biometrics.* 11:1. 1955.
55. Enrique, J.F. Tasa de crecimiento estacional de 14 ecotipos de *Brachiaria* spp. en suelos ácidos del Sur de Veracruz. XVII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. Ciudad de La Habana, Cuba. CD-ROOM. 2001.
56. Entrena, I.; Chacón, E. & González, V. Influencia de la carga animal y la fertilización con azufre sobre las tasas de crecimiento, biomasa y producción aérea neta de una asociación de *Brachiaria mutica-Teramnus uncinatus*. *Zootecnia Tropical.* 16(2): 183-206. 1998.
57. FAO. Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo. Manual on integrated soil management and conservation practices. FAO. <http://www.fao.org>. Consultado en febrero del 2013. 2000.
58. Faye, B. & Konuspayeva, G. The sustainability challenge to the dairy sector– The growing importance of non-cattle milk production worldwide. *International Dairy Journal.* 24(2): 50-56. 2012.
59. Feldman, S. & Refi, R. Changes of the floristic composition in a pampean native grassland under different management practices. Facultad de Ciencias

- Agrarias. Universidad del Rosario. Revista Científica de Investigaciones Agrícolas. 33:89-96. 2006.
60. Ferrufino, A. & Vallejos, A. Evaluación de ecotipos de *Brachiaria* en el Chapare, Bolivia. Pasturas Tropicales. 8 (3):23-32. 1986.
61. Fondevila, M. & Barrios, A. La técnica de producción de gas y su aplicación al estudio del valor nutritivo de los forrajes. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 35:197-206. 2001.
62. France, J.; Dijkstra, J.; Dhanoa, M. S.; López, S. & Bannink, A. Estimating the extent of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles observed in vitro: derivation of models and other mathematical considerations. Brit. J. Nutr. 83:143-150. 2000.
63. Gantner, A.R. *Poaceae* I. Parte general y *Panicoideae*. Fascículo 17-A. En: Flora de la República de Cuba. Tomo I Texto. Ruggell: 44-58. 2012.
64. García-Cardoso, C.R.; Martínez, R.O.; Tuero, R.; Cruz, Ana M.; Romero, Aida; Estanquero, L; Noda, Aida & Torres, Verena. Evaluación de *Panicum maximum* vc. Mombaza y modelación de indicadores agronómicos durante tres años en un suelo Ferralítico rojo típico de la provincia La Habana. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 43 (3): 297-306. 2009.
65. Garzón, E.F. & Delgado, J. Análisis multicriterio del estado de las pasturas de la hacienda ganadera García abajo en Corinto (Cauca, Colombia). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Open Journal Systems. SINAB. Sistema Nacional de Bibliotecas. <http://dx.doi.org/10.15446>. Consultado en marzo del 2015. 2014.

66. Gerardo, J. & Oliva, O. Evaluación zonal de pastos introducidos en Cuba. II. Secano. Pastos y Forrajes. 2(1): 67-83. 1979.
67. Gerardo, J. & Rodríguez, O. Introducción de dieciséis gramíneas tropicales en un suelo pardo con carbonato. Sin riego. Pastos y Forrajes. 10(1): 25-31. 1987.
68. Gerardo, J.; Machado, Hilda & Seguí, Esperanza. Evaluación y discriminación de zonas para la selección de variedades. Pastos y Forrajes. 14(2): 107-121. 1991.
69. Getachew, G.; Blümmel, M.; Makkar, H.P.S. & Becker, K. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feed: a review. Animal Feed Science and Technology. 72: 261-269. 1998.
70. Girón, J.A. Alternativa de pastos mejorados adaptados a suelos ácidos de baja fertilidad en el trópico. <http://es.slideshare.net/syandrea>. Consultado en enero del 2016. 2010.
71. Gómez, M.M.; Velásquez, J.E; Miles, J.W. & Rayo, F.T. Adaptación de *Brachiaria* en el Pie de monte amazónico colombiano. Pasturas Tropicales. 22(1): 19-27. 2000.
72. Gonzáles, Mileidys; Resillez, A.A.; Pedraza, R.M. & Martínez, S.J. Validación de heces ovinas con la técnica de gas *in vitro* para valorar alimentos destinados a rumiantes. Revista de Producción Animal. 25(1): 2013-2020. 2013.
73. González, Yolanda & Mendoza, F. Efecto de diferentes tratamientos en la germinación de *Stylosanthes guianensis* CIAT-184. Pastos y Forrajes. 22(4): 327-333. 1999.

74. González-Ronquillo, M.; Aparicio, R.; Torres, R. & Domínguez, I.A. Producción de biomasa, composición química y producción de gas. *Zootecnia Tropical*. 24 (4): 407-417. ISSN 0798-7269. 2009.
75. Grof, B. Especies forrajeras promisorias para las sabanas de suelos ácidos e infértiles de América tropical. (Ed. Pizarro, E.A.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Reunión 3 (Cali, Colombia). Resultados 1982-1985. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1: 5-26. 1985.
76. Guiot, G.J. & Meléndez, N.F. Comparación morfológica de *Brachiaria híbrido* mulato y *B. brizantha*. Tabasco. En: XV Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria. Tabasco, México. p. 6-7. 2003.
77. Gutiérrez, A.; Paretas, J.J.; Suárez, J.D.; Cordoví, E.; Pazos, R. & Alfonso, H.A. Género *Brachiaria*: Nueva alternativa para la ganadería cubana. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba. 64 p. 1990.
78. Hernández, A.; Pérez, J.M.; Bosch, D. & Castro, N. Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 93 p. ISBN: 978-959-7023-77-7. 2015.
79. Hernández, A.; Ascanio, M.O.; Morales, Marisol; Bojórquez, J.I.; García, Norma Eugenia & García, J.D. El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Universidad autónoma de Nayarit. ISBN 968833072-8. 2006.
80. Hernández, D. Manejo del *Panicum maximum* cv. Likoni para la producción de leche. Efecto de la oferta de materia seca. Tesis presentada en opción al título

- de Master en Pastos y Forrajes. EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 116 p. 1995.
81. Hernández, I. & Pérez, B. Método y densidad de siembra en el establecimiento de *Stylosanthes guianensis* cv. CIAT-184. Pastos y Forrajes. 9(2): 127-132. 1986.
82. Hernández, Marta. Estudio de la fertilización fosfórica en pasto guinea en suelo Ferralítico rojo. Tesis presentada en opción al grado de candidato a Doctor en Ciencias Agropecuarias. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de la Habana. Instituto de Ciencia Animal. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 129 p. 1998.
83. Hernández, Marta. Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba. Conferencia. Maestría en Pastos y Forrajes. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 20 p. 2016.
84. Hernández, Neice & Pérez, D. Evaluación inicial de 8 gramíneas introducidas en Cuba. Pastos y Forrajes. 6(1): 17-29. 1983.
85. Hernández, R.; Machado, R. & Gómez, A. Evaluación zonal de pastos tropicales introducidos en Cuba. III. Cascajal. Secano con fertilización. Pastos y Forrajes. 4(1): 23-39. 1981.
86. Herrera, R.S. La calidad de los pastos. En: Los pastos en Cuba. Utilización. EDICA. La Habana. Vol 2. 1983.
87. Herrera, R.S. Principios básicos de Fisiología Vegetal. En: Pastos tropicales, principios generales agrotecnia y producción de materia seca. Ed. Instituto de Ciencia Animal y FIRA, México. p 1. 2008.

88. Holmann, F. & Rivas, L. Los forrajes mejorados como promotores del crecimiento económico y la sostenibilidad: El caso de los pequeños ganaderos de Centroamérica/-Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 70 p. 2005.
89. Jackson, M.L. Soil chemical analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ. 1958.
90. Jones, R.M.; Jones, R.M. & McDonald, K.M. Some advantages of long-term grazing trials, with particular reference to changes in botanical composition. Aust. J. Exp. Agric. 35:1029-1036. 1995.
91. Jones, R.M.; Noguchi, M. & Bunch, G.A. Levels of germinable seed in topsoil and cattle faeces in legume-grass and nitrogen-fertilizer pasture in South-East Queensland. Aust. J. Agric. Res. 42: 953-960. 1991.
92. Juárez, A.S.; Cerrillo, María Andrea.; La O, O.; Herrera, R.S.; Scull, Idania; Guerrero, Maribel & Bernal, H. Valor nutricional y cinética de la fermentación ruminal de flores y frutos de árboles y arbustos de la cuenca del río Cauto, Cuba. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 47(1): 37-43. 2013.
93. Juárez, A.S.; Cerrillo, María Andrea; Gutiérrez, E.; Romero, Elvia M.; Colín, Javier & Bernal, H. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. Tec. Pec. Mex. 47(1): 55-67. 2009.
94. Junior, H.S. Uso racional de pasturas (Sistema Voisin) para optimizar la productividad ganadera. Primer Seminario Internacional Competitividad en carne y leche. Trópico bajo. 99-118. 2008.

95. Keller-Grein, G.; Maass, B.L. & Hanson, H. Variación natural en *Brachiaria* y bancos de germoplasma existentes. En: *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B.L. y do Valle, Casilda). Centro de Agricultura Tropical (CIAT) y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Cali, Colombia.: 18-45. ISBN 958-9439-95-0. 1998.
96. Krishnamoorthy, U.; Rymer, C. & Robinson, P.H. The in vitro gas production technique: Limitations and opportunities. *Animal Feed Science and Technology*. 1: 123–124. 2005.
97. Lara, P.E.; Canché, María C.; Magaña, H.; Aguilar, E. & Sanginés, J. R. Producción de gas *in vitro* y cinética de degradación de harina de forraje de morera (*Morus alba*) mezclada con maíz. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43 (3): 273-279. 2009.
98. Lascano, C. & Euclides, V.P. Calidad nutricional y producción animal en las pasturas de *Brachiaria*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B.L. y do Valle, Casilda). Centro de Agricultura Tropical (CIAT) y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte. Cali, Colombia: 116-135. ISBN 958-9439-95-0. 1998.
99. Lascano, C.; Plazas, C. & Pérez, O. Pasto toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT-26110). Gramínea de crecimiento vigoroso para intensificar la ganadería colombiana. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. 18 p. 2002.

100. Lemus, H.L & Lemus, V.E. Plantas de uso forrajero en el trópico cálido y templado de Colombia. Colección Unillanos 30 años. Universidad de los Llanos. N° 3. 360p.ISBN: 958-97289-2-8. 2004.
101. León, Ruth Carola. Estudio de la adaptabilidad y persistencia de *Brachiaria brizantha* al pastoreo de bovinos en Las Yaguas, Estado Lara. FONAIAP DIVULGA N° 58. 1997.
102. Linares, Gladis; Acosta, Liliam & Sistach, Viviam. Estadística multivariada. (Ed. Linares, Gladis). Universidad de La Habana. La Habana, Cuba. 319 p. 1986.
103. Machado, R. & Núñez, C.A. Comportamiento de variedades de *Brachiaria* spp. bajo pastoreo en condiciones de secano y fertilización media. Pastos y Forrajes. 14(2): 123-132. 1991.
104. Machado, R. & Olivera, Yuseika. Evaluación de genotipos mejorados de *Panicum maximum* en condiciones de pastoreo simulado y sombra. Pastos y Forrajes. 27(2): 117-130. 2004.
105. Machado, R. & Pedraza, J. Comportamiento inicial de gramíneas y leguminosas en la provincia Habana. Pastos y Forrajes. 4(3): 279-289. 1981.
106. Machado, R. & Rodríguez, G. Comportamiento inicial de gramíneas introducidas. Pastos y Forrajes. 1(1): 29-38. 1978.
107. Machado, R. & Seguí, Esperanza. Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. Pastos y Forrajes. 20(1): 1-19. 1997.

108. Machado, R. Cambios en la estructura, la población y la composición de 19 accesiones de *Panicum maximum* sometidas a pastoreo. *Pastos y Forrajes* 35(2): 165-174. 2012.
109. Machado, R. Comportamiento de 19 accesiones de *Panicum maximum* Jacq. bajo condiciones de pastoreo en un suelo de mediana fertilidad. *Pastos y Forrajes*. 36(2): 202-208. 2013.
110. Machado, R. Comportamiento de accesiones de *Centrosema* spp. asociadas a *Andropogon gayanus* CIAT-621 durante la etapa de establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 22(1): 17-27. 1999.
111. Machado, R. Selección de ecotipos de *Brachiaria* spp. bajo condiciones de pastoreo sin fertilización. *Pastos y Forrajes*. 21(4): 303-313. 1998.
112. Machado, R. Variaciones morfoestructurales y poblacionales de *Andropogon gayanus* Kunth y su relación con la vegetación adventicia bajo pastoreo intensivo. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Matanzas "Camilo Cienfuegos". Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. 132 p. 2002.
113. Machado, R.; Seguí, Esperanza & Alonso, O. Metodología para la evaluación de especies herbáceas. EEPF Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. (Mimeo). 35 p. 1997.
114. Machado, R.; Seguí, Esperanza; Olivera, Yuseika; Toral, Odalys & Wencomo, Hilda. Fundamentación teórica y resultados del programa de introducción. En: Recursos genéticos herbáceos y arbóreos. p. 6-27. ISBN: 978-959-7138-05-1. 2006.

115. Marcelino, K.R.A.; Leite, C.G.; Vilela, L.; Diago, C.A. & Guerra, A.F. Produtividade e índice de área foliar de *Brachiaria birzanta* cv. Marandú sobre diferentes dosis de nitrogênio em tensões hídricas. *Pasturas Tropicales*. 25(2): 10-17. 2003.
116. Marchesin, W.A. Estudo da produção de gases pela digestibilidade *in vitro* do capim-Marandú [*Brachiaria brizantha* (Hochst ex A. Rich.) Stapf], submetido a intensidades de pastejo. Tesis Doctoral. Facultad de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. 60 p. 2010.
117. Marchi, C.E.; Fernandes, C.D.; Jerba, V. de F.; Borges, M. de F. & Lorenzetti, E.R. *Brachiaria brizantha*: novo hospedeiro de *Magnaporthe grisea*. *Pasturas Tropicales*. 27(2): 52-54. 2005.
118. Martínez, J.; Milera, Milagros; Remy, V.; Yepes, I. & Hernández, J. Un método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. *Pastos y Forrajes*. 13(1): 101-110. 1990.
119. Mauricio, R.M.; Mould, F.L.; Dhanoa, M.S.; Owen, E.; Channa, K.S. & Theodorou, M.K. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. *Animal Feed Science and Technology*. 79: 321-330. 1999.
120. Menke, K.H. & Steingass, H. Estimation of energetic feed value obtained from chemical analysis *in vitro* gas production using rumen fluid. *Animal Research Development*. 28:7-18. 1988.
121. Mesa, A. Estudio de algunos factores que influyen en la eficiencia de la utilización del fósforo en *Panicum maximum* Jacq. Tesis presentada en opción

- al grado de Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas. Escuela Superior de Agricultura Praga–Checoslovaquia y Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 78p. 1986.
122. Milera, Milagros; Hernández, D.; Lamela, L.; Senra, A.; López, O. & Martín, G. Sistemas de producción de leche. Sistemas para la alimentación de rumiantes. Parte 1. En: Recursos Forrajeros Herbáceos y Arbóreos. Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. p. 341-376 ISBN: 959-16-0209-x. 2006.
123. Milera, Milagros; Machado, R.; Hernández, Marta; Sánchez, Saray; Alonso, O.; Martínez, J.; Iglesias J.M. & González, Yolanda. Sistema de pastoreo racional en gramíneas. En: André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. (Ed. Milera, Milagros). p. 489-512. ISBN: 978-959-16-0939-7. 2011.
124. MINAG. Lista oficial de variedades comerciales. Registro de variedades comerciales. Ministerio de la Agricultura. Dirección de Semillas y Recursos Fitogenéticos. La Habana, Cuba. 58 p. 2016.
125. Moreno-Ruíz, M.A; Silva, G. & Lima, J.A. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en el agrosistema Itapetinga, Bahia, Brasil. Pasturas Tropicales. 15(2): 13-16. 1993.
126. Morrison, D.F. Multivariate statistics. (Ed. Morrison, D.F.). New York. John Wiley and Sons. 414 p. 1979.
127. Muñiz, O.; Febles, J.M.; Balmaseda, C.; Ponce, D.; Peña, F. & Fuentes, E. La ciencia del suelo en Cuba: Actualidad y futuro previsible. Memorias del XVII

- Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León, México. En CD ROM. 2007.
128. Norton, B.W. & Poppi, D.P. Composition and nutritional attributes of pasture legumes. In: Tropical Legumes in Animal Nutrition. (Eds. D'Mello, J.P.F. & Devendra, C.). CAB International, Wallingford, UK. p. 23. 1995.
129. Núñez, C.A. & Escobedo, D. Uso correcto del análisis clúster en la caracterización de germoplasma vegetal. *Agronomía Mesoamericana*. 22(2): 415-427. 2011.
130. Ojeda, A.; Barroso, J.A.; Obispo, N.; Gil, J.L. & Cegarra, R. Composición química, producción de gas *in vitro* y astringencia en el follaje de *Samanea saman* (Jacq.) Merrill. *Pastos y Forrajes*. 35(2): 205-218. 2012.
131. Olivera, Yuseika & Machado, R. Evaluación de especies del género *Brachiaria* en suelos ácidos e infértiles durante la época de mínimas precipitaciones. *Pastos y Forrajes*. 27(3): 225-233. 2004a.
132. Olivera, Yuseika & Machado, R. Selección de accesiones de *Brachiaria* spp. en suelos de mal drenaje y mediana fertilidad. *Pastos y Forrajes* 27(1): 13-20. 2004.
133. Olivera, Yuseika. Evaluación agronómica y selección de accesiones de *Teramnus* spp. *Pastos y Forrajes* 34(1): 21-28. 2011.
134. Olivera, Yuseika; Machado, R.; del Pozo, P.P.; Ramírez, J. & Olivares, J. Nota Técnica: Persistencia del pastizal en una colección de *Brachiaria* spp. en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 31(4): 333-341. 2008.

135. Olivera, Yuseika; Machado, R.; Ramírez, J. & Cepero, Bárbara. Evaluación de una colección de *Centrosema* spp. en un suelo ácido. *Pastos y Forrajes*. 28(2): 99-106. 2005.
136. Oquendo, G.; Gerardo, J. & Mantecón, E. Comportamiento de variedades de pastos en suelos pardos en guáimaro. *Pastos y Forrajes*. 6(3): 319-329. 1983.
137. Ortega-Aguirre, C.A.; Lemus-Flores, C.; Bugarín-Prado, J.O.; Alejo-Santiago, G.; Ramos-Quirarte, A.; Grageola-Núñez, O. & Bonilla-Cárdenas, J.A. Agronomic characteristics, bromatological composition, digestibility and consumption animal in four species of grasses of the genera *Brachiaria* and *Panicum*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 18: 291-301. 2015.
138. Ortega, G.R.; Castillo, G.E.; Jarillo, R.J.; Escobar, H.R.; Ocaña, Z.E. & Valles, M.B. Calidad nutricia de diez gramíneas en la época de lluvias en un clima cálido húmedo y suelo ultisol. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13: 481-491. 2011.
139. Padilla, C.; Crespo, G. & Sardiñas, Y. Degradación y recuperación de pastizales. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 43(4): 351-354. 2009.
140. Padilla, C.; Sardiñas, Y.; Febles, G. & Fraga, Nidia. Estrategias para el control de la degradación en pastizales invadidos por *Sporobolus indicus* (L) R. Br. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 47(2): 113-117. 2013.
141. Paneque, V. M. Manual de Técnicas Analíticas para los análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos. Laboratorio de suelos y agroquímica. La Habana. INCA. 20 p. 2001.

142. Parra, F.A. & Gómez-Carabalí, A. Introducción y evaluación de especies herbáceas y arbustivas forrajeras en zonas de ladera de Cauca y Valle del Cauca, Colombia. *Pasturas Tropicales*. 22(2): 54-62. 2000.
143. Pashaei, S.; Razmazar, V. & Mirshekar, R. Gas Production: A proposed in vitro method to estimate the extent of digestion of a feedstuff in the rumen. *Journal Biological Science*. 10(6): 573-80. 2010.
144. Passoni, F.; Rosemberg, M. & Flores, A. Evaluación de gramíneas y leguminosos forrajeras en Satipo, Perú. *Pasturas Tropicales*. 14 (1): 32-38. 1992.
145. Pedraza, R. Use of *in vitro* gas production technique to assess the contribution of both soluble and insoluble fractions on the nutritive value of forages. MSc. Thesis. University of Aberdeen, Scotland, UK. 51 p. 1998.
146. Pedraza, R. Valoración nutritiva del follaje de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth. ex Walp. y su efecto en el ambiente ruminal. Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. 126 p. 2000.
147. Pedraza, R.; Lobo, W.; Martínez, S; González, Cecilia E. & León, Marlene. Nota técnica: Valor nutritivo *in vitro* de las gramíneas pratenses *Digitaria decumbens* y *Bothriochloa pertusa* al final de la época seca. *Revista de Producción Animal*. 20(2): 153-155. 2008.
148. Peters, M.; Franco L. H.; Schimidt, A. & Hincapié, B. Especies forrajeras multipropósito: opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT, BMZ, GTZ. Cali, Colombia. 222 p. 2011.

149. Philippeau, G. Comment interpreter les resultats d' un analyse in composants principales. Service des Etudes Statistiques ITCF. Lusignan, France. 36 p. 1986.
150. Pinho, Kátia Aparecida; Beneval, Rosa; Pereira, Itamar; Pettersen, D. & Silva, Ediurla Carla. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandú. Ciência Animal Brasileira. 6 (3): 187-193. 2005.
151. Pita-Barbosa, Alice; Sant'Anna-Santos, B.F.; Ferreira, K.L.; Alves, A. & Rocha, D.I. Efeitos fitotóxicos do fluoreto na morfoanatomia foliar de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf e *Brachiaria decumbens* Stapf (*Poaceae*). Acta Botanica Brasilica. ISSN 0102-3306. 2009.
152. Pizarro, E. Especies arbustivas, gramíneas y leguminosas para el trópico americano. IX Seminario internacional sobre manejo y utilización de pastos y forrajes en sistemas de producción animal. Venezuela. p. 30-49. 2005.
153. Quero, A.R. & Herrera, J.G. Rebrote y estabilidad de la poblacion de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza cosechada en diferentes intervalos de corte. Revista Fitotecnia Mexicana. 34: 213-219. 2011.
154. Ramírez, J.L. Rendimiento y calidad de cinco gramíneas en el Valle del Cauto. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad de Granma, Facultad de Medicina Veterinaria, Centro de Estudio de Producción Animal, Instituto de Ciencia Animal. 123 p. 2010.

155. Ramírez, J.L.; Espinosa, M.; Acosta, I. & Verdecia, D. Caracterización nutritiva de las especies *Brachiaria decumbens* e híbrido en un suelo fluvisol de Cuba. Livestock Research for Rural Development. <http://www.lrrd.org/lrrd21/2/>. Consultado en abril del 2015. 2009.
156. Ramírez, L. Effect of nitrogen supply and management on seed production of *Digitaria eriantha* Steud cv. Premier. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy in the University of Queensland, Australia. 227 p. 1993.
157. Ramírez, R.O.; Carneiro, S.; Hernández, A.; Enríquez, J.F.; Pérez, J.; Quero, A.R. & Herrera, J.G. Rebrote y estabilidad de la población de tallos en el pasto *Panicum maximum* cv. Mombaza cosechado en diferentes intervalos de corte. Revista Fitotecnia Mexicana. 34: 213-220. 2011.
158. Rao, I.M.; Borrero, V.; Ricaurte, J.; García, R. & Ayarza, M.A. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils III. Differences in phosphorus acquisition and utilization as influenced by varying phosphorus supply and soil type. Journal Plant Nutrition. 20: 155-180. 1997.
159. Rao, I.M.; Kerridge, P.C. & Macedo, M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: *Brachiaria: Biology, Agronomy and Improvement*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B. y do Valle, Casilda). CIAT and EMBRAPA-CNPGC. Cali, Colombia: 53-71. 1996.
160. Rao, I.M.; Miles, J. W.; García, R. & Ricaurte, J. Selección de híbridos de *Brachiaria* con resistencia al aluminio. Pasturas Tropicales. 28(3): 20-24. 2006.
161. Rao, I.M.; Miles, J.W. & Granobles, J.C. Differences in tolerance to infertile acid soil stress among germplasm accessions and genetic recombinants of the

- tropical forage grass genus *Brachiaria*. Field Crops Researches. 59: 43-52. 1998.
162. Rao, M.I.; Kerridge, P.C. & Macedo, M.C. Requerimientos nutricionales y adaptación a los suelos ácidos de especies de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B.L. y Do Valle, Casilda). Centro de Agricultura Tropical (CIAT) y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte: 58-78. ISBN 958-9439-95-0. 1998a.
163. Renvoize, S.A.; Clyton, W.D. & Kabuye, C.H. Morfología, taxonomía y distribución natural de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: biología, agronomía y mejoramiento*. (Eds. Miles, J.W.; Maass, B.L. y Do Valle, Casilda). Centro de Agricultura Tropical (CIAT) y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte: 1-20. ISBN 958-9439-95-0. 1998.
164. Roca A.J.; Vera, J.J.; Guevara, R.V.; Flores, Ana María; Brito, F.; Guevara, G.E. & Soto, S.A. Efecto del por ciento de leguminosas, tiempo de reposo y calidad estimada del pastizal en respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo. *Revista de Producción Animal*. 26(1): 12-19. ISSN 2224-7920. 2014.
165. Roche, R. & Hernández, J.E. Estudio comparativo de somaclones de king grass (*Pennisetum purpureum*) con riego. *Pastos y Forrajes*. 16(2): 135-146. 1993.
166. Roche, R.; Machado, R. & Alonso, F. Evaluación inicial de *Brachiaria* spp. *Pastos y Forrajes*. 18(1): 11-20. 1995.

167. Roche, R.; Menéndez, J. & Hernández, J.E. Características morfológicas indispensables para la clasificación de especies del género *Brachiaria*. Pastos y Forrajes. 13(3): 205-222. 1990.
168. Rodríguez, Mirtha; Curbelo, L.M.; Díaz, Iliana; Guevara, R.V. & Guevara, G.E. Introducción de *Brachiaria brizantha* cv. Marandú en la producción de leche y resultados económicos de una lechería bufalina. Revista de Producción Animal. 25(2): 15-22. ISSN 2224-7920. 2013.
169. Rodríguez, R. Estudio in vitro del valor nutritivo y de los efectos antinutricionales de cuatro leguminosas arbóreas tropicales con potencialidades como suplementos del *Pennisetum purpureum* (vc. Cuba CT-115). Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad de Zaragoza, España. 296 p. 2010.
170. Rodríguez, R. Uso de la técnica de producción de gas in vitro en la valoración nutritiva de *Leucaena leucocephala*, *Albizia lebbekoides*, *Acacia coinigera* y *Enterolobium cyclocarpum*. Tesis presentada en opción al grado de Máster en Bioquímica. Mención: Bioquímica de la nutrición. Universidad de Zaragoza, España. 108 p. 2004.
171. Rodríguez, S. Cambios morfofisiológicos en seis genotipos de caña de azúcar (*Saccharum* spp. Hib.) inducidos por sobrehumedecimiento de un suelo Vertisol. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Universidad de Granma. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 120 p. 2008.

172. Rogers, M.E. The response of four perennial grass species to sodium chloride salinity when irrigated with saline waters. *Australian Journal Agricultural Research*. 58(3): 225-232. 2007.
173. Rosero, J. Pastos y Forrajes en la Alimentación del Ganado. Tierra Adentro. <http://www.tuerradentro/pdf>. Consultado en julio del 2013. 2011.
174. Rosero, R. & Posada, Sandra. Modelación de la cinética de degradación de alimentos para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 20:174-182. 2007.
175. Rowell, D.L. *Soil Science: Methods and applications*. Longman Scientific & Technical (Harlow, Essex and New York). 350 p. ISBN 0470221410. 1994.
176. Ruíz, C. Evaluación de componentes de rendimiento y calidad nutricional de *Brachiaria brizantha* a diferentes dosis y fuentes de nitrógeno en Villa Ávila Camacho, Puebla. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Zootecnia. 100 p. 2009.
177. Ruiz, T.E. & Febles, G. Agrotécnia para el fomento de sistemas con leguminosas. Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. p. 103-134. ISBN: 959-16-0209-x. 2006
178. Ruíz, T.E., Febles, G., Jordán, H., Castillo, E. & Funes, F. Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico. En: Evento Científico XXX Aniversario del ICA, La Habana. p. 75. 1995.

179. Ruíz, T.E.; Alonso, J.; Febles, G. & Lok, Sandra. Las leguminosas para la producción de biomasa en el trópico. En: III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba. 2005.
180. Ruíz-Fonseca, C.J.; Fonseca, R.P.A. & Jarquín, E.A.H. Productividad de dos cultivares de pasto *Brachiaria brizantha* (la libertad y mulato), Hacienda “Las Mercedes”. Managua, Nicaragua. La Calera. 8(11): 5-10. ISSN: 1998-8850. 2011.
181. Rymer, C.; Huntington, J.A.; Williams, B.A. & Givens, D.I. *In vitro* cumulative gas production techniques: History, methodological considerations and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. 9: 123–134. 2005.
182. Sánchez, Tania; Lamela, L. & López, O. Efecto de un sistema silvopastoril en la comunidad vegetal en condiciones comerciales de producción. *Pastos y Forrajes*. 24(4): 317 -323. 2001.
183. Sánchez, Tania. Evaluación productiva de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con vacas Mambí de Cuba en condiciones comerciales. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad de Camagüey. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. 147 p. 2007.
184. Sánchez, J.M. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. Barquisimeto, Venezuela. 2007a.

185. Santoso, B. & Hariadi, B.T. The chemical composition, *in-vitro* nutrient degradation and methane gas production of tropical grasses preserved with silage and hay method. *Journal of Animal Science and Technology*. 31(2). <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/43168>. Consultado en enero del 2015. 2008.
186. Sardiñas, Y.; Varela, M.; Padilla, C.; Torres, Verena; Noda, Aida & Fraga, Nidia. Control del espartillo (*Sporobolus indicus*) mediante la renovación y siembra de variedades de *Panicum maximum*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45(1): 83-89. 2011.
187. Seguí, Esperanza & Machado, Hilda. Selección en fase II de *Panicum maximum* en seco y con riego. *Pastos y Forrajes*. 9(1): 13-20. 1986.
188. Seguí, Esperanza & Mendoza, F. Posibilidades del *Panicum maximum* para suelos ácidos. *Pastos y Forrajes*. 22(3): 221-229. 1999.
189. Seguí, Esperanza; Blanco, F. & Machado, Hilda. Nuevos cultivares de *Panicum maximum* adaptados a condiciones de bajos insumos. *Pastos y Forrajes*. 17(1): 21-26. 1994.
190. Seguí, Esperanza; Machado, Hilda & Blanco, F. Clasificación y selección en una colección de *Panicum maximum* introducida. *Pastos y Forrajes*. 13(3): 223-236. 1990.
191. Segura, E.O. Perfeccionamiento del Modelo Estadístico de Medición de Impactos incorporando nuevos procedimientos, en la producción de fincas lecheras en Pastana, Ecuador. Tesis presentada en opción al grado científico

- de Doctor en Ciencias Veterinarias. Universidad Agraria de La Habana. 135p. 2014.
192. Silveri, D.D.; Dalla Ragione, I.; Porfiri, O.; Torricelli, R.; Tosti, N. & Veronesi, F. Collecting, evaluation and conservation of plant genetic resources en the Abruzzo region, Central Italy. *Plant Genetic Resources Newsletter*. N° 129: 36-43. 2002.
193. Simón, L.; Francisco, Geraldine & Reyes, F. Potencialidades productivas del silvopastoreo. *Revista ACPA*. 20 (4):49. 2001.
194. Skerman, P.J. & Riveros, F. *Brachiaria*. En: *Tropical grasses*. FAO Plant. Prod. Prot. Ser. 23 FAO, Rome. p. 232-265. 1990.
195. Smith, K.F.; Tasneem, M.; Kearney, G. A.; Reed, K. F. M. & Leonforte, A. Evaluation of herbage yield in a forage grass breeding program: comparison of visual rating *versus* measurement in single-row plots or swards. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 41(8): 1161-1166. 2001.
196. Sosa, E.E.; Cabrera, E.; Pérez, D. & Ortega, L. Producción estacional de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras con cortes en el estado de Quintana Roo. *Técnica Pecuaria en México*. 46(4): 413-426. 2008.
197. Theodorou, M.K.; Williams, B.A.; Dhanoa, M.S.; McAllan, A.B. & France, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminants feed. *Animal Feed Science and Technology*. 48: 185-194. 1994.
198. Tilley, J.M. & Terry, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Br. Grassl. Soc.* 18: 104-118. 1963.

199. Torres, Verena; Figueredo, J.; Lizazo, D. & Álvarez, A. Modelo estadístico para la medición del impacto de la innovación o transferencia tecnológica en la rama agropecuaria. Informe técnico. Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas. La Habana, Cuba. 2006.
200. Torres, Verena; Martínez, R.O. & Noda, A. Ejemplo de aplicación de técnicas multivariadas en diferentes etapas del proceso de evaluación y selección de especies de pastos. I. Componentes Principales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 27:131. 1993.
201. Valerio, J.R.; Lapointe, S.L.; Kelemu, S.; Fernandes, C.D. & Morales, F.J. Plagas y enfermedades de las especies de *Brachiaria*. En: *Brachiaria: Biología, Agronomía y Mejoramiento*. (Edts Miles, J.W.; Maass, B.L. y do Valle, Casilda). CIAT, EMBRAPA. Cali, Colombia. p: 96-115. ISBS: 958-9439-95-0. 1998.
202. Van Soest, P.J. Forage evaluation techniques. In: Nutritional Ecology of the Ruminant. 2<sup>nd</sup> Edition. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA. 476 p. 1994.
203. Van Soest, P.J; Robertson, J.B. & Lewis B.A. Methods for dietary, fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal Dairy Science. 74: 3583-3597. 1991.
204. Varela, M. Análisis multivariado de datos. Aplicación a las ciencias agrícolas. Matemática aplicada. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 56 p. 1998.

205. Vargas, S.; Cairo, P.; Franco, R.; Gutiérrez, Digna I.; Muñoz, E. & Pereira, C.A. Evaluación preliminar de algunos indicadores de la fertilidad química del suelo en un agroecosistema ganadero. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(1): 83-91. 2003.
206. Vargas-Bayona, J.; Mejía-Porras, G.; Bedoya-Mashuth, J. & Gómez-Patiño, J.F. Estimación de la técnica *in vitro* de gases frente a otras técnicas de digestibilidad. *Spei Domus*. 9(18): 59-70. 2013.
207. Vázquez, L.L. Manejo de plagas en la agricultura ecológica. *Boletín fitosanitario*. INISAV, La Habana, Cuba. 15(1). 120 p. ISSN: 1816-8604. 2010.
208. Verdecia, D.M; Herrera, H.; Ramírez, J.L.; Leonard, I.; Bodas, R.; Andrés, Sonia; Giráldez, F.J.; González, J.; Arceo, Y.; Bazan, Y.; Álvarez, Y. & López, S. Caracterización bromatológica de seis especies forrajeras en el Valle del Cauto, Cuba. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 18(3): 75-90. ISSN 0188789-0. 2014.
209. Vilela, H. Série gramíneas tropicais - gênero *Brachiaria* (*Brachiaria brizantha* cv. MG4–Capim). Portal Agronomía. <http://www.agronomia.com.br>. Consultado en enero del 2015. 2009.
210. Wedin, D. & Tilman, D. Competition among grasses along a nitrogen gradient: initial conditions and mechanisms of competition. *Ecological Monographs*. 63: 169-180. 1993.
211. Williams, B.A. Cumulative gas-production techniques for forage evaluation. In: *Forage evaluation in ruminant nutrition*. (Eds. Givens, D.I.; Owen, E.; Omed, H.M. & Axford, R.F.E.). CAB International. Wallingford, UK. 475 p. 2000.

212. Zapata, R.D. La química de la acidez del suelo. Medellín, Colombia. 207 p.  
2006.

# *Anexos*



**Anexo 1.** Descripción física del terreno. Calicata realizada en el área experimental.



Suelo de perfil A-Bptf(g)-Cg, que presenta bloques petroféricos (mocarrero), formado a partir de materiales transportados diferenciados texturalmente, con manchas negras en el horizonte petroférico, lo que indica una manifestación de hidromorfía actual.

Tiene un sedimento superior, de textura más ligera (franco), sustentado por una arcilla que muestra rasgos de gleyzación, de color rojo-amarillento y con manchas grises; en el contacto se ha formado un horizonte intermedio Bt, con formación de bloques petroféricos (bloques de mocarrero o laterita).

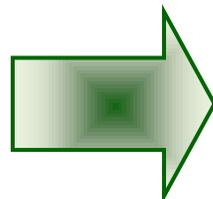
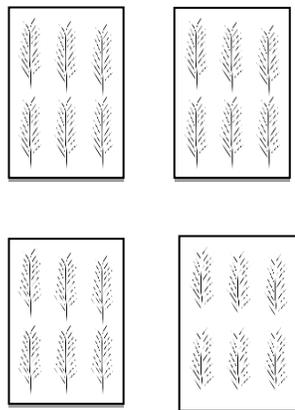
El suelo por sus características morfológicas se puede clasificar como Agrupamiento Gleysol (ya que tiene todavía rasgos de gleyzación a menos de 50 cm de

profundidad). Dentro de los Gleysoles se incluye en el Tipo genético Gley Nodular Ferruginoso; Subtipo Gley Nodular Ferruginos petroférico.

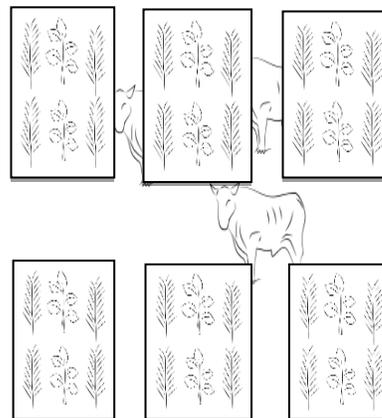
Estos suelos en el pasado estuvieron en un relieve depresional, sometido a procesos hidromórfico con presencia de un manto freático, sin embargo, posteriormente pasó de un régimen hidromórfico a automórfico, lo que tiene relación directa con la morfología del perfil y las características físico-químicas del suelo.

**Anexo 2. Esquema de la secuencia de investigación.**

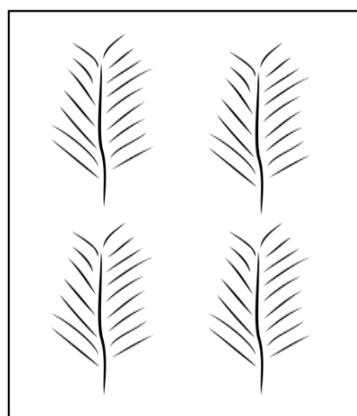
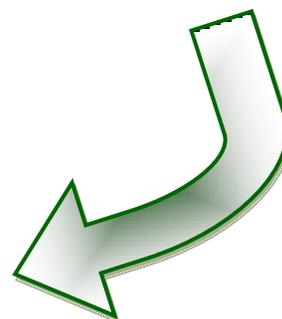
**Evaluación Fase I.**



**Evaluación Fase II.**



**Determinación del Valor Nutritivo**



Propuestas de  
"variedades  
precomerciales"

**Anexo 3.** Comportamiento de la colección de *B. brizantha* durante el período lluvioso.

Caracterización de las variables durante esta etapa

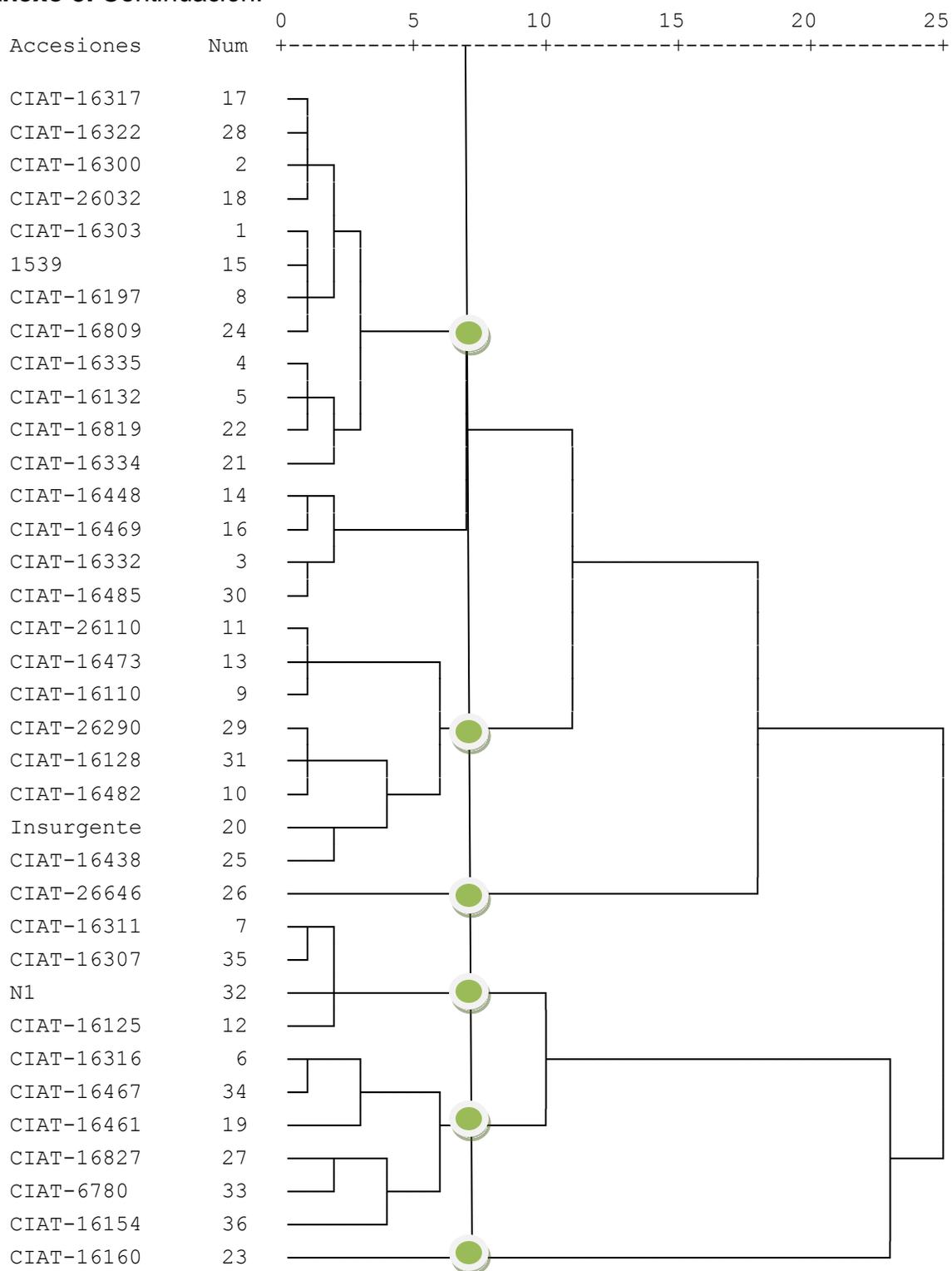
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>
Cobertura (Ve)	3,67	0,76
Vigor (Ve)	3,72	0,66
Hojosidad (Ve)	3,72	0,51
Altura vegetativa(cm)	41,67	5,70
Rendimiento (tMS/ha/corte)	3,36	1,31

Variabilidad de la población y relación existente entre las variables

<b>Variables analizadas</b>	<b>Componentes principales</b>
	<b>CP1</b>
Cobertura (Ve)	<u><b>0,76</b></u>
Vigor (Ve)	<u><b>0,82</b></u>
Hojosidad (Ve)	<u><b>0,79</b></u>
Altura vegetativa (cm)	0,43
Rendimiento (tMS/ha/corte)	<u><b>0,62</b></u>
Valor propio	2,45
Varianza (%)	89,06
Acumulado (%)	89,06

*Valores subrayados indican mayor contribución*

**Anexo 3. Continuación.**



Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerado. Período lluvioso.

### Anexo 3. Continuación.

Tipificación de las variables por grupos

Variable	Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV		Grupo V	Grupo VI
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X	X
Cobertura (Ve)	<b>4,19</b>	0,40	3,33	0,82	2,75	0,50	3,50	0,53	2,00	<b>4,00</b>
Vigor (Ve)	<b>4,06</b>	0,25	3,50	0,55	2,75	0,50	3,75	0,46	2,00	<b>5,00</b>
Hojosidad (Ve)	<b>4,00</b>	0,00	3,17	0,41	3,25	0,50	4,00	0,00	2,00	<b>4,00</b>
Altura vegetativa (cm)	<b>42,7</b>	3,90	41,70	5,87	35,41	4,59	41,35	5,47	38,48	<b>55,65</b>
Rendimiento (tMS/ha/corte)	<b>4,18</b>	0,88	2,05	0,77	2,55	0,65	2,86	1,39	3,28	<b>5,55</b>

Accesiones pertenecientes a cada grupo

Grupos	Cantidad de accesiones	Nombre
I	16	CIAT-16303, CIAT-16300, CIAT-16332, CIAT-16335, CIAT-16132, CIAT-16197, CIAT-16448, 1539, CIAT-16469, CIAT-16317, CIAT-26032, CIAT-16334, CIAT-16819, CIAT-16809, CIAT-16322, CIAT-16485
II	6	CIAT-16316, CIAT-16461, CIAT-16827, CIAT-6780, CIAT-16467, CIAT-16154
III	4	CIAT-16311, CIAT-16125, N1, CIAT-16307
IV	8	CIAT-16110, CIAT-16482, CIAT-26110, CIAT-16473, Insurgente, CIAT-16438, CIAT-26290, CIAT-16128
V	1	CIAT-16160
VI	1	CIAT-26646

**Anexo 4.** Comportamiento de la colección de *B. brizantha* durante el período poco lluvioso.

Caracterización de las variables durante esta etapa

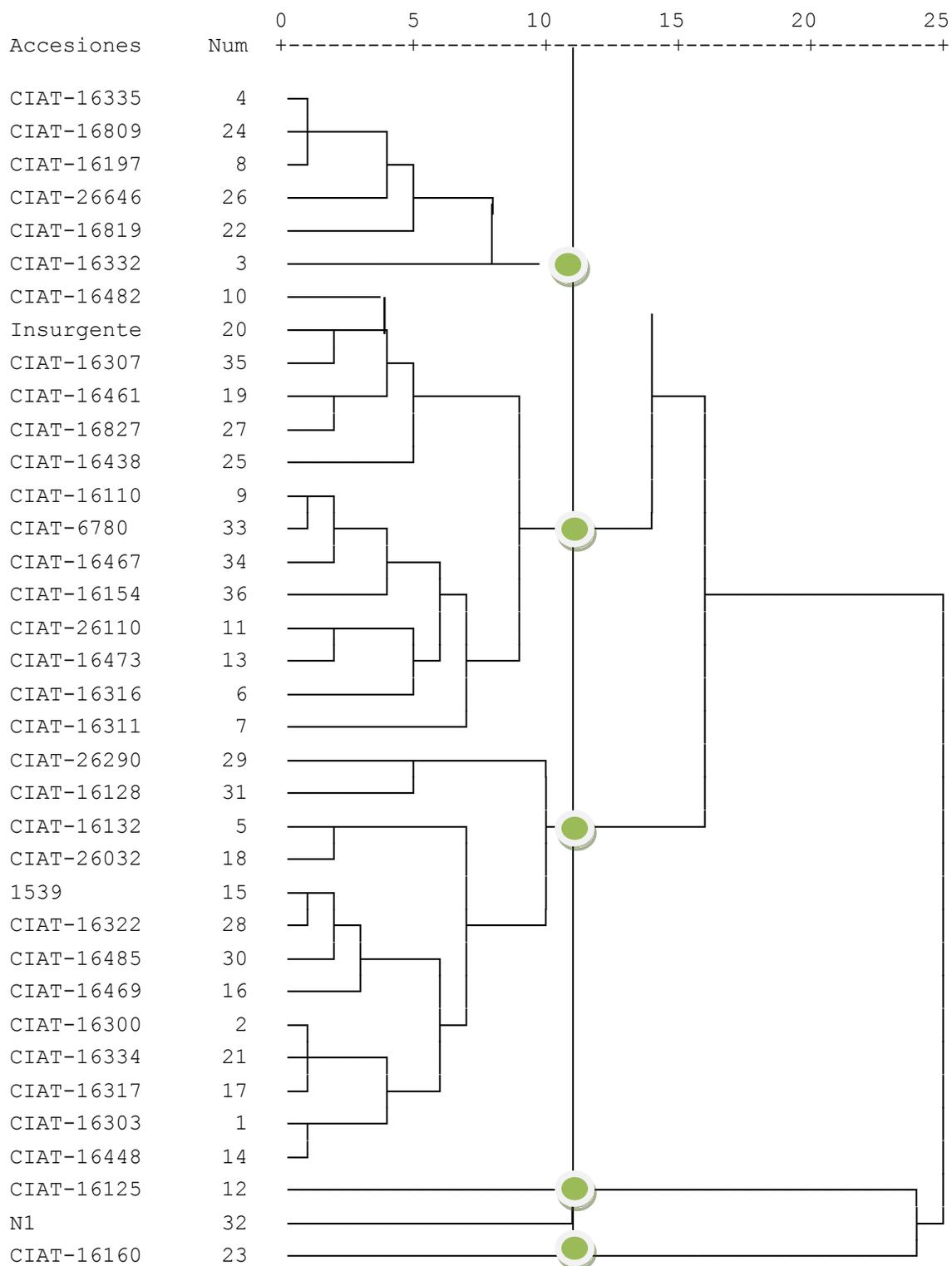
<b>Variables</b>	<b>Media</b>	<b>DS</b>
Cobertura (Ve)	3,31	0,62
Vigor (Ve)	3,39	0,59
Hojosidad (Ve)	3,33	0,59
Altura vegetativa (cm)	28,63	4,23
Afectaciones por microorganismos patógenos (%)	1,82	3,57
Rendimiento (tMS/ha/corte)	1,91	0,74

Variabilidad de la población y relación existente entre las variables

<b>Variables analizadas</b>	<b>Componentes principales</b>	
	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>
Cobertura (Ve)	<b><u>0,83</u></b>	0,05
Vigor (Ve)	<b><u>0,88</u></b>	0,07
Hojosidad (Ve)	<b><u>0,81</u></b>	0,39
Altura vegetativa (cm)	0,53	<b><u>-0,63</u></b>
Afectaciones provocadas por microorganismos patógenos (%)	-0,40	<b><u>0,67</u></b>
Rendimiento (tMS/ha/corte)	<b><u>0,74</u></b>	0,25
Valor propio	3,12	1,07
Varianza (%)	61,93	27,92
Acumulado (%)	61,93	89,85

*Valores subrayados indican mayor contribución*

### Anexo 4. Continuación.



Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerado. Período poco lluvioso.

#### Anexo 4. Continuación.

Tipificación de las variables para cada grupo

Variable	Grupo I		Grupo II		Grupo III		Grupo IV		Grupo V
	X	DS	X	DS	X	DS	X	DS	X
Cobertura (Ve)	<b>3,69</b>	0,48	<b>3,71</b>	0,49	2,85	0,38	3,00	0,00	2,00
Vigor (Ve)	<b>3,85</b>	0,38	<b>3,71</b>	0,49	2,92	0,28	3,00	0,00	2,00
Hojosidad (Ve)	<b>3,92</b>	0,28	<b>3,29</b>	0,49	2,92	0,28	3,00	0,00	2,00
Altura vegetativa (cm)	<b>28,23</b>	3,35	<b>34,59</b>	2,89	26,96	2,48	23,44	2,47	24,06
Afectaciones por microorganismos patógenos (%)	1,42	2,04	<b>0,17</b>	0,45	0,92	2,22	13,39	2,95	7,14
Rendimiento (tMS/ha/corte)	<b>2,54</b>	0,44	<b>2,00</b>	0,42	1,48	0,56	1,32	0,32	0,000

Accesiones pertenecientes a cada grupo

Grupos	Cantidad de accesiones	Nombre
I	13	CIAT-16303, CIAT-16300, CIAT-16448, 1539, CIAT-16469, CIAT-16317, CIAT-26032, CIAT-16334, CIAT-16132, CIAT-16322, CIAT-26290, CIAT-16485, CIAT-16128
II	6	CIAT-16332, CIAT-16335, CIAT-16197, CIAT-16819, CIAT-16809, CIAT-26646
III	14	CIAT-16316, CIAT-16311, CIAT-16110, CIAT-26110, CIAT-16473, CIAT-16461, CIAT-16482, Insurgente, CIAT-16438, CIAT-16827, CIAT-6780, CIAT-16467, CIAT-16307, CIAT-16154
IV	2	CIAT-16125, N1
V	1	CIAT-16160

**Anexo 5.** Comportamiento florístico de la asociación. (A: inicio del período experimental y (B: fin del período experimental.

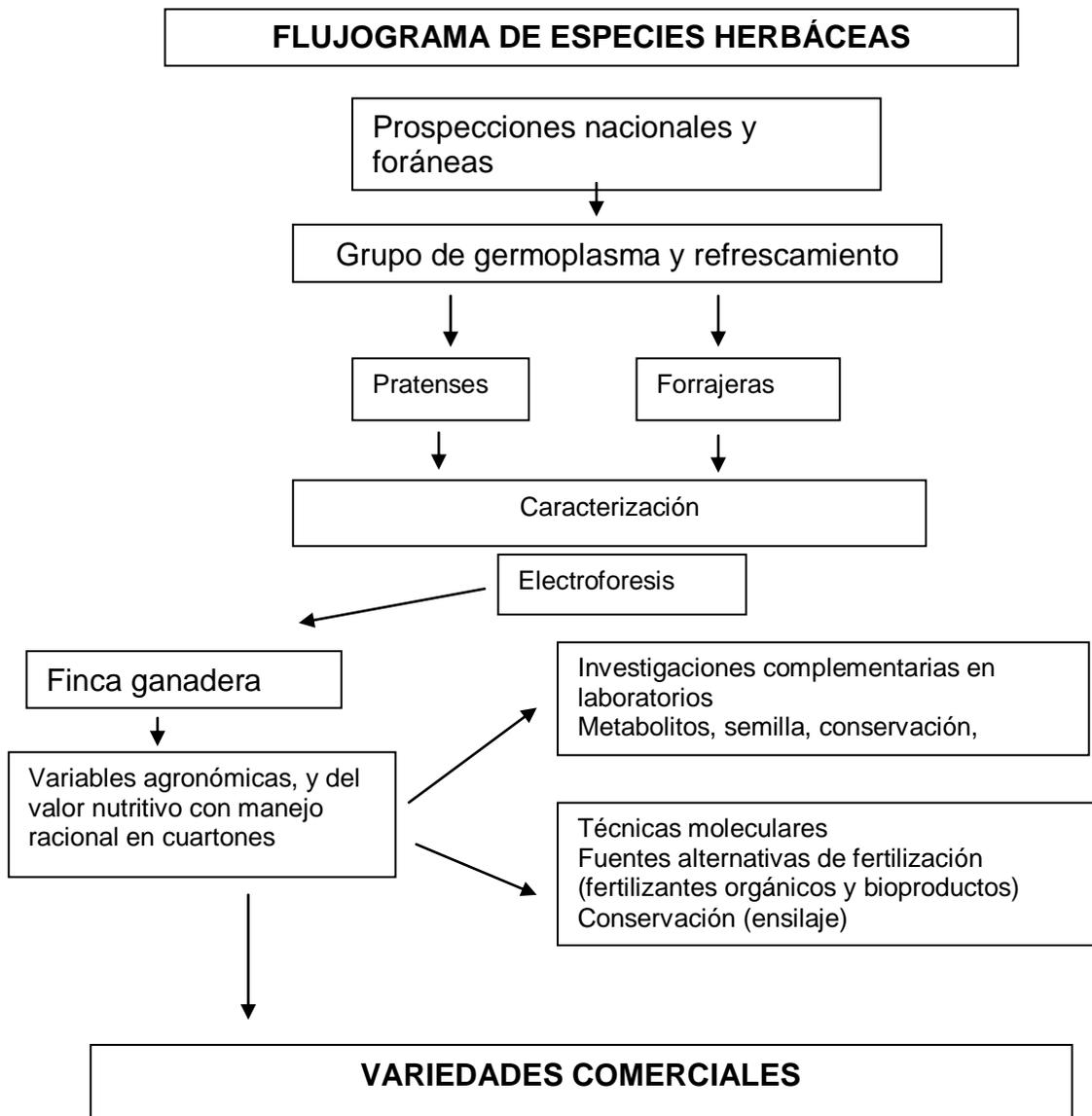
A



B



Anexo 6. Flujoograma actual modificado del flujo varietal.



**Anexo 7.** Flujograma modificado utilizado en los primeros años de trabajo.

