

Variación genotípica en la composición química y digestibilidad de *Trichanthera gigantea*

Sonia Ospina¹, Mauricio Rosales², José Enrique Ararat³

Palabras claves: Colombia; fermentabilidad *in vitro*; forraje; procedencia; selección genética.

Genotypic variation in chemical composition and digestibility of *Trichanthera gigantea*

RESUMEN

Se caracterizaron procedencias de nacedero (*Trichanthera gigantea*), en términos de su morfología, producción y calidad forrajera, a los ocho meses de establecidas en Cali, Colombia. Se determinó la composición química, digestibilidad, fermentabilidad y presencia de compuestos secundarios. La información se analizó utilizando técnicas univariadas y multivariadas (varianza, correlación, componentes principales, análisis de conglomerados). Las variables de rendimiento y calidad se integraron en índices, para comparar las procedencias y seleccionar materiales sobresalientes. Se encontraron diferencias genotípicas entre procedencias, principalmente en rasgos morfológicos y de rendimiento forrajero. No obstante, la capacidad de fermentación fue el carácter de mayor aporte a la variabilidad genética de la colección, la cual estuvo asociada al origen geográfico de las procedencias. En particular fueron de mayor fermentabilidad las del Valle de Cauca, Colombia, mientras que los materiales Venezolanos presentaron los niveles más bajos de fermentación.

ABSTRACT

Characterization (morphology, production and forage quality) of provenances of nacedero (*Trichanthera gigantea*), was carried out eight months after establishment in Cali, Colombia. Studies included: chemical composition, digestibility, fermentability and presence of secondary compounds. Univariate and multivariate techniques (variance, correlation, principal components, cluster analysis) were used. Yield and quality variables were integrated in indices to compare provenances and select "outstanding" materials. Genotypic differences between provenances were found, mainly in morphology and forage yield. Nevertheless, the fermentation capacity was the character that contributed most to the genetic variability. Fermentability was associated with geographical origin of the provenances; in particular, provenances from the Cauca Valley, Colombia, had the greatest fermentability while the Venezuelan materials had the lowest levels.

INTRODUCCIÓN

El nacedero (*Trichanthera gigantea*), es una especie arbórea de gran potencial forrajero. En los últimos años ha despertado un creciente interés por los investigadores para evaluar esta especie para suplementar rumiantes y monogástricos, debido a su alto valor nutricional y gran adaptación a diversos sistemas silvopastoriles y agrosilvopastoriles del trópico y subtropico americano y asiático (Ospina 2000). Sin embargo, en algunas evaluaciones, principalmente con monogástricos, se han en-

contrado resultados muy variables, presumiblemente debido a variación de tipo genético en la calidad de los materiales utilizados (Rosales y Ríos 1999). Estudios morfo-agronómicos y bioquímicos (uso de patrones isoenzimáticos) realizados con los materiales disponibles en el banco de germoplasma de la Fundación CIPAV en Colombia, confirmaron la existencia de una alta variabilidad genética, cuya expresión en caracteres asociados con potencial forrajero debían ser investigados.

¹ Investigadora de la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria -CIPAV, Cali, Colombia. E-mail: soniad@cipav.org.co (autora para correspondencia)

² Manager, Virtual Research and Development Center Livestock, Environment and Development (LEAD) FAO - Rome. E-mail: Mauricio.Rosales@fao.org

³ Profesor Asociado a la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, departamento del Valle del Cauca, Colombia. Tel (57-2) 2717000.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la variabilidad genética en 22 procedencias de *Trichanthera gigantea* con base en caracteres morfológicos, de rendimiento forrajero, composición química, digestibilidad y fermentabilidad, como criterios para seleccionar las procedencias de mayor potencial para nutrición de diferentes especies animales (Anexo 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en una colección de germoplasma, localizada en Cali, Valle del Cauca, Colombia (1042 m.s.n.m, con una precipitación media de 1887 mm y 25° C de temperatura promedio, durante el periodo experimental). Los análisis químicos fueron realizados en el laboratorio de forrajes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y en el laboratorio de fitoquímica de la Universidad Nacional, con sede en Palmira, Valle del Cauca.

El material de siembra estuvo constituido por estacas de 30 - 40 cm de longitud (con dos yemas germinales), obtenidas de árboles adultos de 22 procedencias de la colección nacional de nacedero. Un total de 10 estacas de cada procedencia fueron establecidas en macetas de arcilla precocida de 0,4 m³, con aproximadamente 50 kg de un sustrato compuesto de suelo agrícola regional, arena y abono de lombriz, en proporción 3:1:1 respectivamente. A los ocho meses después del establecimiento se seleccionaron aleatoriamente tres unidades de muestreo (repeticiones) para cada procedencia, para un total de 66 unidades experimentales; que se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar (BCAA). Se realizó un corte de uniformidad seguido de dos cortes para toma de muestras a intervalos de 90 días. A los 30 y 60 días después de cada corte se registraron los rasgos morfológicos (color, pubescencia), lesiones foliares y área foliar. La cosecha se realizó separando la biomasa de hojas completas (incluyendo peciolo) y los tallos delgados no lignificados (desde 0,5 hasta 1,5 mm de diámetro).

La muestra para laboratorio se extrajo de la biomasa acumulada en hojas completas. El contenido de Materia Seca (MS) y Proteína Cruda (PC) fue determinado por los métodos estándar (AOAC 1990), Fibra Detergente Neutra (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) (Van Soest y Wine 1967), Taninos Condensados Extractables (TCE) (Terrill *et al* 1992), Fermentabilidad *in vitro* por el método de producción de gas (PG) (Theodorou *et al* 1994), Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca (DIVMS) (Tilley y Terry 1963). La presencia o ausencia de metabolitos secundarios (alcaloides, cumarinas, esteroides, flavonoides, glicósidos, saponinas y taninos) se determinó según la metodología propuesta por Palomino y Mier (1992).

Análisis de la información

Con la información cualitativa (Cuadro 1), se realizó un análisis de clasificación (cluster) para identificar grupos de procedencias similares. Se utilizó como medida de similitud el índice de Jaccard (Baena 1995). Para probar la hipótesis sobre la existencia de diferencias genéticas entre procedencias en caracteres asociados con producción de forraje y calidad nutricional, se realizó un análisis de varianza para cada corte y combinando la información de ambos cortes. Además, se realizó la prueba Duncan para comparar entre los promedios de los materiales.

Los promedios de las variables de producción y calidad de cada procedencia, se integraron en los denominados índices de potencial forrajero: Índice de Calidad Estandarizado (ICE), Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado (IRCE) y el Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado Ponderado (IRCEP). Un Índice de Potencial Forrajero (IPF_p) para una procedencia (Ecuación 1), es el valor resultante de sumar las contribuciones de las diferentes características a la configuración del índice. El aporte de una característica se expresa como la diferencia entre el promedio de dicha característica medida en la procedencia de interés y el promedio

Cuadro 1. Información de tipo cualitativo utilizada en el análisis de clasificación (cluster).

| Tipo de descriptor cualitativo | Nombre del descriptor |
|--------------------------------|--|
| Color | Color de la hoja |
| | Color de la nervadura (en el haz y en el envés foliar) |
| | Color del peciolo |
| | Color de la base de unión entre peciolo y nervadura |
| Pubescencia | Pubescencia en el haz y envés foliar |
| Lesiones foliares | Incidencia de lesiones foliares |
| Metabolitos Secundarios * | Cumarinas. Extracción con etanol y con cloroformo Esteroides. Extracción con etanol y con cloroformo Flavonoides. Extracción con etanol y con cloroformo Saponinas. Extracción con etanol |

* Metabolitos secundarios encontrados

general de todas las procedencias, en unidades de desviación estándar general (Stewart y Dunsdon 1998; Stewart 1999).

Índice de Potencial Forrajero para la procedencia Pr (IPF_{Pr})

$$IPF_{Pr} = \sum_{i=1}^k (X_{i(Pr)} - X_{(i)})/S_{(i)} \quad \text{Ecuación 1}$$

X_{i(Pr)}: Promedio de la i - ésima característica para la procedencia Pr con i: 1,2;...k características

X_(i): Promedio general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

S_(i): Desviación estándar general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

Dado que especialistas en nutrición animal consideran que ciertos factores nutricionales son de mayor relevancia que otros al momento de juzgar un forraje, en el presente trabajo se diseñó el IRCEP, el cual asigna a la contribución de cada variable un factor ponderado, asociado con la importancia relativa de dicha variable en la consolidación de la producción y calidad de la procedencia. El procedimiento para hallar el IRCEP está basado en la Ecuación 1, pero adicionalmente se integra un factor de ponderación para cada variable (Ospina 2000). Para la selección con base en este índice, se asume que una procedencia de mayor potencial es aquella que presenta un IRCEP > 0; es decir, su desempeño individual en promedio, es superior al promedio de la Colección. En este estudio el ICE se contruyó con base en los caracteres asociados con composición química (PC, FDN), DIVMS y PG; para obtener el IRCE se incluyó además de los parámetros anteriores, la producción forrajera, expresada en MS. Para hallar el IRCEP se integraron los parámetros anteriores y los factores de ponderación para cada variable (Ecuación 2).

Índice de Rendimiento y Calidad Estandarizado Ponderado para la Procedencia Pr (IRCEP_{Pr})

$$IRCEP_{Pr} = \sum_{i=1}^k F_i(X_{i(Pr)} - X_{(i)})/S_{(i)} \quad \text{Ecuación 2}$$

F_i: Factor de calificación de calidad y rendimiento ponderado para la procedencia Pr

X_{i(Pr)}: Promedio de la i - ésima característica para la procedencia Pr con i: 1,2;...k características

X_(i): Promedio general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

S_(i): Desviación estándar general de la característica i - ésima considerando todas las procedencias

La fermentabilidad por medición de la producción de gas se llevó a cabo según la metodología de Theodorou *et al* (1994). La fermentación se llevó hasta las 72 horas con mediciones a las 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48, 60 y 72 horas. Para estimar otros parámetros asociados con la cinética de la fermentación por el método de producción de gas (V) a través del tiempo (t), se ajustó cada procedencia de acuerdo al modelo matemático de regresión exponencial propuesto por Gompertz (Ecuación 3).

Modelo de Gompertz para ajustar la curva de fermentabilidad

$$V_t = Ce^{-e^{-B(t-M)}} \quad \text{Ecuación 3}$$

V_t: Volumen acumulado de gas en el instante t

C: Producción total del gas

B: Tasa de crecimiento de la curva de fermentación

M: Duración de la fase inicial o "lag"

Finalmente con la información de tipo cuantitativo se realizó el análisis multivariado de componentes principales y de forma subsiguiente, el análisis de clasificación (cluster).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización cualitativa

De acuerdo al análisis cluster (Figura 1), fueron diferenciados cuatro grupos de procedencias, cuyos contrastes en el perfil de metabolitos secundarios y en las características morfológicas y fisiológicas eran destacables. Las características generales de los cuatro grupos encontrados a través del análisis cluster, fueron las siguientes:

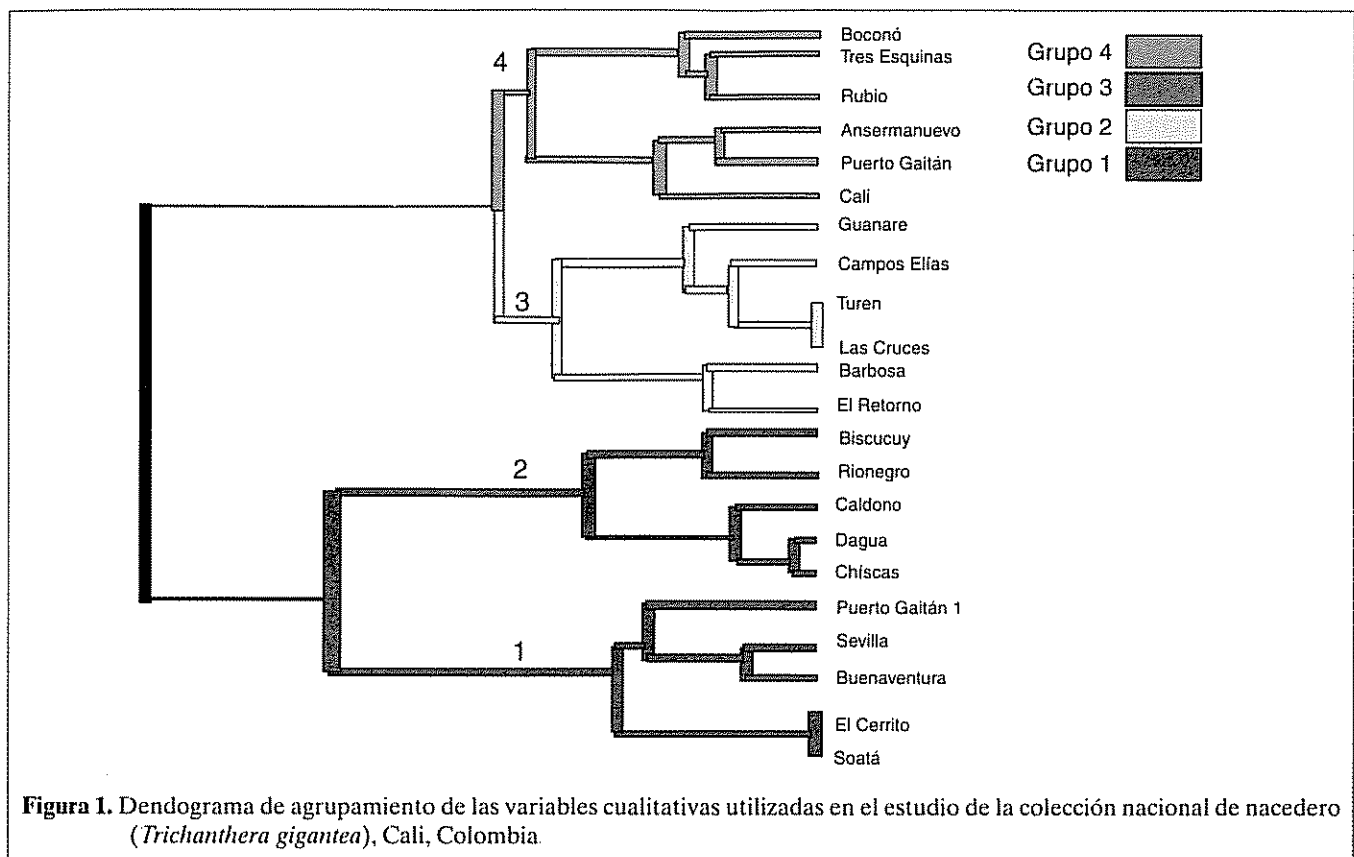
Grupo 1: Color verde en hojas, peciols y nervaduras; mayor pubescencia y pocas lesiones foliares

Grupo 2: Mayor presencia de metabolitos secundarios principalmente cumarinas.

Grupo 3: Ausencia de metabolitos secundarios, presentan hojas glabras.

Grupo 4: Hojas y nervaduras de tonos rojizos. Presenta flavonoides y saponinas.

Del análisis del comportamiento general de los cuatro grupos, se destaca la asociación entre los mayores niveles de metabolitos secundarios y la escasa o nula pubescencia. Cuando se presentaron cumarinas, las lesiones foliares se hacían evidentes; al contrario sucedió con las



saponinas y flavonoides que favorecían la reducción en las lesiones foliares. La mayoría de los materiales Colombianos mantienen como morfología típica el color verde en toda su estructura foliar y una alta pubescencia (grupos 1 y 2); las procedencias Venezolanas en cambio, se distinguen por tonalidades foliares rojizas con mínima o nula pubescencia, con alta presencia de compuestos secundarios como saponinas y flavonoides; este último es un reconocido pigmento de las plantas.

Caracterización cuantitativa

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre procedencias para la producción de forraje, lo que es atribuible al origen geográfico. Según Vega (1988), a través del proceso de colonización y adaptación por muchos años puede resultar variación somaclonal, producida por mutaciones somáticas en ambientes diferentes al sitio de origen que ocurren espontáneamente durante el sucesivo proceso de reproducción vegetativa. De igual forma, los altos coeficientes de variación de los caracteres cuantitativos, sumado a los contrastes morfológicos y fitoquímicos, confirmaron la diversidad genética de la especie, como consecuencia de la especiación lograda a través del aislamien-

to geográfico. Sirva de ejemplo la variación en el área foliar (AF), carácter ligado directamente con la capacidad fotosintética de la planta, cuyo rango fluctuó entre 45 y 107 $\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$ en el estrato superior ($\text{CV} = 27,23$) y entre 30 y 68 $\text{cm}^2 \text{ hoja}^{-1}$ en el estrato inferior ($\text{CV} = 30,45$). Además la Relación Hoja : Tallo (RHT), carácter asociado con calidad forrajera, cuya variación estuvo entre 1,98 y 19,83 ($\text{CV} = 186,88$). En la composición química de MS, PC, FDA, digestibilidad y fermentabilidad, las diferencias entre procedencias fueron significativas ($p < 0,05$), pero no se detectó diferencias para FDN. Cabe anotar que la variación fue menos acentuada que en caracteres de producción. De acuerdo a Vega (1988), la expresión de la composición de una planta depende de genes nucleares que difícilmente se modifican por factores externos o por mutación (Cuadro 2).

Las procedencias del departamento del Valle del Cauca, Colombia, incluidas en este estudio (El Cerrito, Buenaventura, Dagua, Sevilla, Ansermanuevo) y una del estado de Mérida, Venezuela (Las Cruces), presentaron la mayor producción potencial de gas hasta las 72 horas (97 a 125 ml g^{-1} , $p < 0,05$), al igual que las mayores tasas de fermentación (0,077 a 0,085 ml h^{-1}) durante ambos

cortes. En el caso de las procedencias anteriores, la duración de la fase de producción de gas nula o "lag" fue también de menor duración (en un rango de 2,3 a 2,7 horas), a diferencia de procedencias Venezolanas como Turen, Campo Elías y Tres Esquinas, donde la duración de la fase de producción de gas nula, fluctuó en un rango de 2,9 a 3,1 horas. Desde el punto de vista de la nutrición animal, las procedencias con mayores valores de degradabilidad ruminal y menor duración de la fase de fermentabilidad nula, están asociadas con el potencial de los rumiantes para mantener niveles mayores de producción; por lo que la mayor tasa de degradabilidad *in sacco* ó *in vitro* son indicativos de la capacidad y eficiencia con la que un alimento aportará nutrientes a la flora ruminal (Narvaez 2000).

El potencial forrajero de una planta depende de la producción de biomasa, el consumo, la calidad nutricional (medida en función de la composición "per se"), la digestibilidad y la eficiencia de absorción de sus nutrientes (Lascano 1995). En este trabajo, la estrategia para integrar los diferentes parámetros cuantitativos y que permitió a su vez seleccionar materiales sobresalientes por su potencial forrajero, fue la construcción de los tres índices que se presentan en el Cuadro 3.

Las procedencias de mejor desempeño o sobresalientes a ser incorporadas en programas de mejoramiento y selección, según los resultados obtenidos con el IRCEP fueron en su orden, Boconó, Tres Esquinas, Sevilla, El Cerrito, Biscucuy, Ansermanuevo, Rubio, El Retorno, Puerto Gaitán 1 y Las Cruces

Cuadro 2. Variables utilizadas en la caracterización cuantitativa de la colección nacional de nacedero (*Trichanthera gigantea*), Cali, Colombia

| Procedencias | Producción forrajera | | | Composición química | | | Digestibilidad <i>in vitro</i> | Fermentabilidad <i>in vitro</i> | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|-------|----------------|---------------------|---------|--------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------|
| | AFEM por hoja (cm ²) | RHT | PnFV (g/plant) | FDA (%) | FDN (%) | PC (%) | DIVMS (%) | PnGas1 (ml g ⁻¹) | PnGas2 (ml g ⁻¹) | MSD (%) |
| Media general | 52,6 | 4,3 | 274,7 | 23,8 | 35,7 | 16,8 | 57,9 | 90,4 | 70,4 | 53,7 |
| Varianza entre Procedencias | 2,4** | 1,7* | 1,2* | 1,9* | 0,4 | 3,7* | 1,8* | 2,8** | 2,9** | 1,1* |
| Varianza entre Cortes | 0,6NS | 1,6* | | 4,8* | 48,9* | 2,1NS | 0,1NS | 1,2* | 1,3* | 2,6* |
| Coefficiente de Variación (CV) | 30,4 | 186,8 | 45,0 | 15,4 | 10,8 | 22,5 | 7,8 | 28,4 | 21,0 | 15,8 |
| Diferencia Mínima Significativa (DMS) | 18,5 | 9,3 | 204,1 | 5,2 | 5,5 | 2,9 | 6,5 | 9,3 | 5,9 | 4,8 |

AFEM: Área Foliar en el Estrato Medio (por hoja) RHT: Relación Hoja : Tallo. PnFV: Producción de Forraje Verde. FDA: Fibra Detergente Ácida. FDN: Fibra Detergente Neutra. PC: Proteína Cruda. DIVMS: Digestibilidad *in vitro* de la Materia Seca. PnGas1: Producción de Gas Corte 1. PnGas2: Producción de Gas Corte 2. MSD: Materia Seca Desaparecida por Producción de gas.

* Varianza significativa con p<0,05

** Varianza altamente significativa con p<0,01

NS: Varianza No Significativa

En función de las variables incluidas en el análisis (RHT, PC, PnGas, MS, DIVMS, FDN y FDA), se encontraron cuatro componentes principales (o asociaciones entre variables), explicando el 81% de la varianza total entre procedencias. El primer componente fue la cinética de la fermentación; el segundo, la relación entre DIVMS y fracción fibrosa (FDN-FDA); el tercero, la DIVMS y su influencia en la fermentación y todos sus parámetros; y el cuarto, la RHT y su influencia directa en el contenido de PC. A partir de estos componentes principales y de su participación en la variabilidad entre

procedencias, se realizó otro análisis cluster. De esta forma se identificaron cinco grupos de procedencias de comportamiento muy similar (Figura 2).

Grupo 1: Mayor RHT y PC; bajo contenido celular (FDN-FDA) y producción de gas.

Grupo 2: Mayor digestibilidad y producción de gas.

Grupo 3: Baja RHT, PC, contenido celular y fracción ligero celulósica (FDN-FDA).

Grupo 4: Mayor contenido celular y fracción ligero celulósica (FDN-FDA), lo que no alcanzó a afectar la digestibilidad y PC, cuyos valores fueron similares

Cuadro 3. Índices de potencial forrajero calculados para 22 procedencias de nacedero (*Trichanthera gigantea*), Cali, Colombia

| No. de orden | Procedencia | ICE | Procedencia | IRCE | Procedencia | IRCEP |
|--------------|------------------|-------|-------------------|-------|--------------------|-------|
| 1 | *Boconó | 4,39 | **Boconó | 4,87 | ***Boconó | 0,72 |
| 2 | *Sevilla | 4,09 | **Sevilla | 4,05 | ***Tres Esquinas | 0,64 |
| 3 | *El Cerrito | 2,94 | **Tres Esquinas | 2,69 | ***Sevilla | 0,55 |
| 4 | *Las Cruces | 2,65 | **El Cerrito | 2,63 | ***El Cerrito | 0,29 |
| 5 | *Ansermanuevo | 2,18 | **Ansermanuevo | 2,13 | ***Biscucuy | 0,28 |
| 6 | *Dagua | 1,73 | **Las Cruces | 2,08 | ***Ansermanuevo | 0,25 |
| 7 | *Biscucuy | 1,68 | **Biscucuy | 1,49 | ***Rubio | 0,20 |
| 8 | *Tres Esquinas | 1,5 | **Puerto Gaitán 1 | 0,89 | ***El Retorno | 0,18 |
| 9 | *Puerto Gaitán 1 | 1,16 | **Dagua | 0,89 | ***Puerto Gaitán 1 | 0,14 |
| 10 | *Buenaventura | -0,36 | **El Retorno | 0,54 | ***Las Cruces | 0,13 |
| 11 | El Retorno | -0,65 | Rubio | -0,04 | Dagua | -0,01 |
| 12 | Guanare | -0,82 | Buenaventura | -0,90 | Turén | -0,02 |
| 13 | Caldono | -1,42 | Guanare | -1,12 | Chíscas | -0,08 |
| 14 | Chíscas | -1,50 | Turén | -1,25 | Guanare | -0,08 |
| 15 | Campo Elías | -1,58 | Chíscas | -1,36 | Campo Elías | -0,28 |
| 16 | Barbosa | -1,61 | Campo Elías | -1,60 | Buenaventura | -0,28 |
| 17 | Rubio | -1,62 | Caldono | -1,94 | Cali | -0,29 |
| 18 | Turén | -1,77 | Barbosa | -2,02 | Barbosa | -0,31 |
| 19 | Cali | -2,13 | Cali | -2,04 | Caldono | -0,35 |
| 20 | Puerto Gaitán | -2,23 | Puerto Gaitán | -2,77 | Rionegro | -0,50 |
| 21 | Soatá | -3,17 | Rionegro | -3,40 | Puerto Gaitán | -0,54 |
| 22 | Rionegro | -3,29 | Soatá | -3,70 | Soatá | -0,62 |

(*) Según los resultados del ICE, las 10 procedencias de mayor calidad nutricional

(**) Según los resultados del IRCE, las 10 procedencias de mayor potencial forrajero y nutricional

(***) Según los resultados del IRCEP, las 10 procedencias más sobresalientes

al promedio de la colección. La producción de gas fue moderadamente alta.

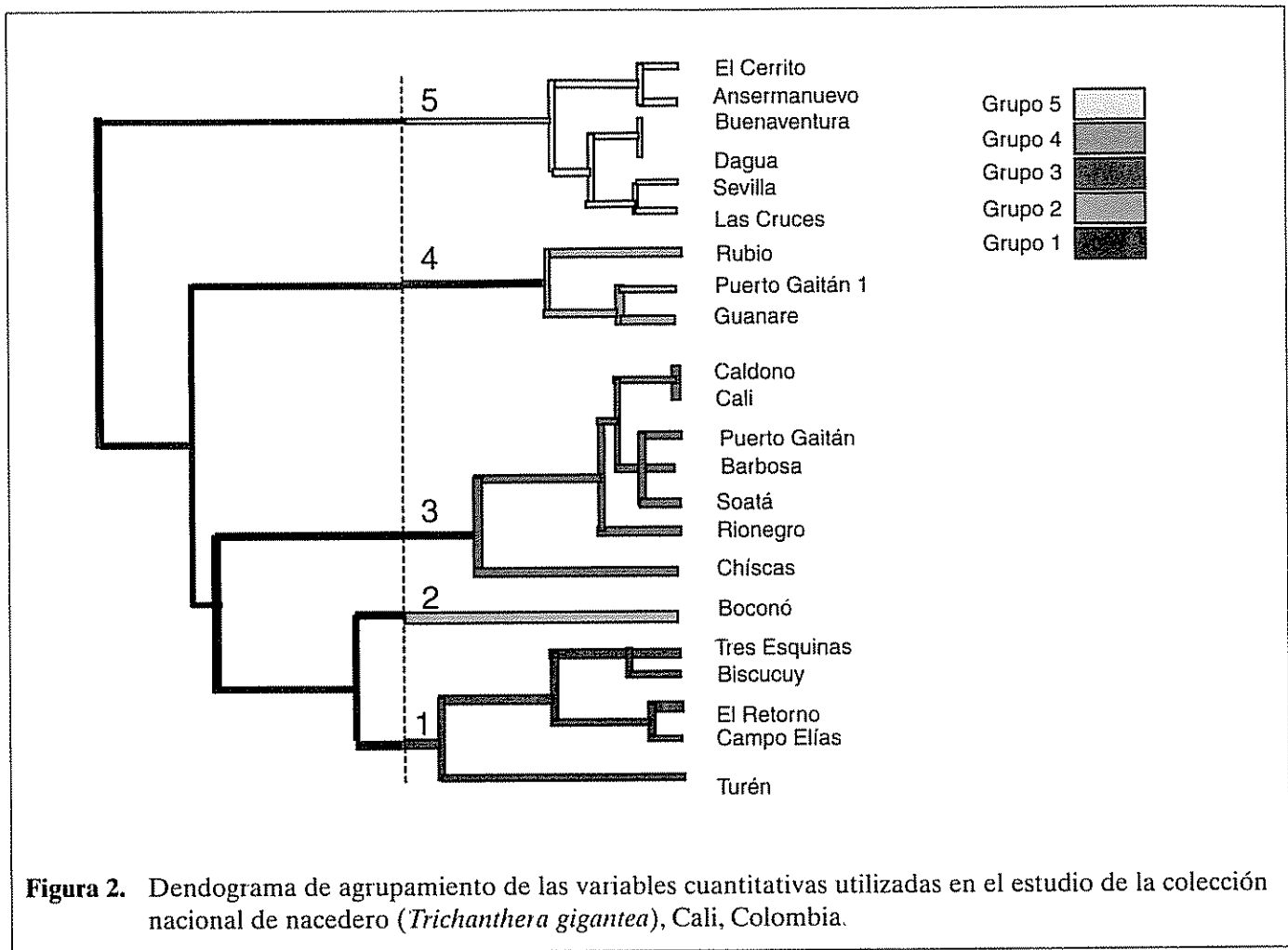
Grupo 5: Menor RHT, que estuvo asociada a menor PC y alta producción de gas.

La cinética de fermentación o primer componente principal fue el carácter de mayor relevancia en la caracterización de la variabilidad. Este método de alta sensibilidad experimental, ha sido usado en la investigación de rangos amplios de procedencias de una misma especie (Stewart 1999; Schofield 2000).

Procedencias como Chíscas, Soatá y Ansermanuevo, ya habían sido reportadas por Rosales y Ríos (1999), con perfiles sobresalientes de fermentabilidad hasta las 48 horas. Con ese antecedente de variación en el valor nutricional se explica que en este trabajo procedencias como El Cerrito, Sevilla y Ansermanuevo (Figura 3) alcanzaran los mayores niveles de producción de gas hasta las 24 horas ($p < 0,05$; 68,39, 60,8 y 59,1 ml g⁻¹, respectivamente) con tasas de fermentación entre (0,065 y 0,072 ml h⁻¹) y otras como Turén y Campo Elías, que a las 72 horas apenas alcanzaron una producción de gas ($p < 0,05$; 55,87 y 48,74 ml g⁻¹, respectivamente).



Trichanthera gigantea procedencia No. 30 (Boconó), proveniente del Estado de Trujillo, Venezuela, fue la procedencia más destacada según los resultados del IRCEP en este estudio. Foto: Sonia Ospina Finca Petequí, Jamundi Valle del Cauca, Colombia.

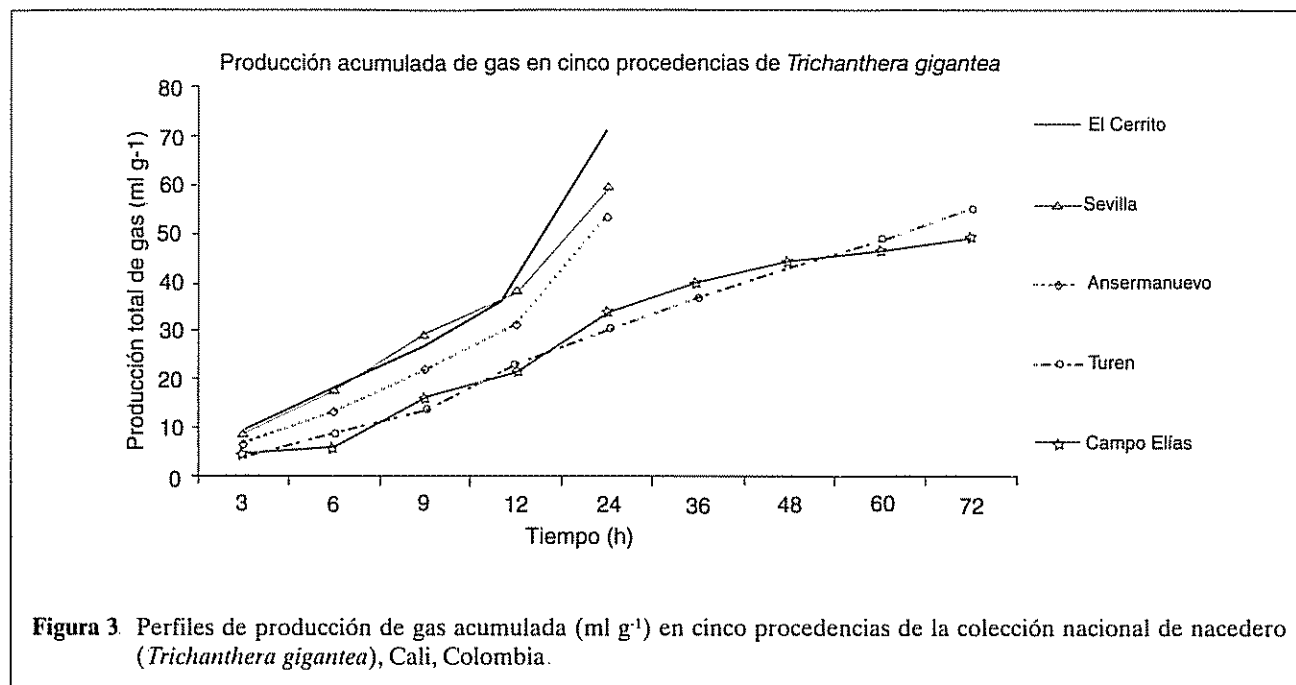


Un efecto a destacar fue la relación entre los componentes fibrosos y la producción de gas. Las procedencias de baja pared celular y fracción ligno celulósica, fueron las de menor producción de gas, lo que estima de forma directa la menor fermentabilidad (grupos 1 y 2). Al contrario ocurrió con el grupo 4, con una mayor porción fibrosa (sin afectar PC y digestibilidad) y una alta fermentación. En este estudio, el contenido de PC no pareció afectar de manera directa la fermentabilidad por el método de producción de gas. Los promedios obtenidos en los componentes fibrosos (FDN-FDA) de algunos grupos de procedencias fueron menores a los reportados para la especie por Florez *et al* (1998); esto puede explicar los niveles bajos de producción de gas de las procedencias Campo Elías, Biscucuy, Tres Esquinas, Turén (Venezuela), así como Caldon y Río Negro (Colombia). El origen geográfico también presentó una tendencia en cuanto a fermentabilidad. Cinco procedencias del Valle del Cauca, Colombia (en condiciones agroecológicas muy similares) presentaron la mayor efi-

ciencia en cuanto a fermentación y producción de gas; mientras que los materiales de origen Venezolano o de regiones de menor influencia Andina en Colombia alcanzaron niveles muy inferiores de fermentación.

CONCLUSIONES

- Las procedencias de mayor producción forrajera fueron: El Retorno (Colombia); Rubio, Tres Esquinas, Turén y Boconó (Venezuela). Este grupo fue diferente a las que más sobresalieron en rasgos de calidad nutricional: Dagua, Sevilla, El Cerrito, Ansermanuevo y Puerto Gaitán 1 (Colombia).
- Las procedencias destacadas por producción de forraje presentaron como característica similar menor pubescencia foliar. Este grupo contrastó claramente con las procedencias Colombianas, que se destacaron en parámetros de calidad, valor nutricional y que siempre se presentaban muy pubescentes.



- La caracterización cuantitativa permitió avanzar en el conocimiento de la variabilidad dentro de la especie en cuanto a producción de forraje y calidad nutricional. La caracterización cualitativa facilitó la discriminación entre procedencias, dado que se utilizaron rasgos que se detectan a simple vista y se expresan igualmente en diversidad de ambientes.
- En las procedencias que presentaron compuestos antinutricionales, se recomienda cuantificar principalmente las saponinas y cumarinas y una vez se cuente con esta información y teniendo en cuenta los niveles de consumo animal, sería posible determinar las verdaderas implicaciones metabólicas del consumo del forraje de estas procedencias.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official methods of analysis. Ed. K Helrick. 15 ed Arlington. 1230 p
- Baena, D. 1995. Caracterización de rasgos fitogenéticos, análisis e interpretación de datos. Memorias Curso en Documentación de Recursos Fitogenéticos: IPGRI, CIAT Y Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 36 p.
- Florez, OI; Bolívar, DM; Botero, JA; Ibrahim, MA. 1998. Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. *Livestock Research for Rural Development* 10 (1): 17
- Lascano, C. 1995. Informe Bianual 1994 - 1995, Programa de forrajes tropicales Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) Cali, Colombia, CIAT. 154 p
- Narvaez, N. 2000. Magnitud y tasa de fermentación *in vitro* de la materia seca y degradación de la fibra en diferentes especies arbóreas tropicales con uso potencial como forraje en Colombia. Tesis Mag.Sc. Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 145 p.
- Ospina, S. 2000. Caracterización de la variación genotípica en la composición química y digestibilidad de *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees Tesis Zootecnia Palmira, Universidad Nacional de Colombia. 129 p.
- Palomino, M; Mier, CE. 1992. Detección de algunos metabolitos secundarios. Palmira, Valle del Cauca: Impresos Docentes Universidad Nacional; production systems with available resources in the tropics and sub-tropics. Armadale, Australia. Penambul Books. 245 p.
- Rosales, M; Ríos, C. 1999. Avances de la investigación en la variación del valor nutricional de procedencias de *Trichanthera gigantea* (H. & B.) Nees. In *Agroforestería para la producción animal en América Latina* Eds. M. Sánchez, M. Rosales. Roma, FAO. p. 351-362 (Estudios FAO - Producción y Sanidad Animal. No 143)
- Schofield, P. 2000. Gas production methods. *Animal nutrition*. Ed. JP. D'Mello. New York. p. 209-231.
- Stewart, J. 1999. Variación genética en árboles forrajeros. In: *Agroforestería para la producción animal en América Latina* Eds. M. Sánchez, M. Rosales. Roma, FAO. p. 327-340. (Estudios FAO - Producción y Sanidad Animal. No 143).
- Stewart, J; Dunsdon A. 1998. Preliminary evaluation of fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agroforestry Systems* 40:177-198.
- Terrill, T; Rowan, AM; Douglas, GB; Barry, TN. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentration in forage plants; protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 58: 321-329
- Theodorou, MK; Williams, BA; Dhanoa, MS; McCallan, AB; France, JA. 1994. A simple gas production method using a pressure

transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds *Animal Feed Science and Technology* 48: 185-197.
 Tilley, JM; Terry, RA 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111
 Van Soest, PJ; Wine, RH. 1967 Use of detergents in the analysis of fi-

brous feeds. A rapid method for determination of fiber and lignin *Journal of the Association of Official Analysis Chemistry* 46: 829-835
 Vega, U. 1988 Mejoramiento genético de plantas. Maracay, Venezuela, Gráficas Ideograf. 200 p

ANEXO 1. Información geográfica y climática sobre los lugares de recolección de 22 procedencias de la Colección Nacional de nacedero (*Trichanthera gigantea*)

| País | Departamento / Estado | Localidad | Altitud m s.n.m | Latitud / Longitud | Precipitación (PP) mm anuales | Distribución (PP)/año | Meses secos |
|-----------|-----------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------|-------------|
| Colombia | Boyacá | Soatá | 1860 | 5° 59' N; 73° 50' O | 1400 | bimodal | 6 |
| Colombia | Boyacá | Chíscas | 2150 | 5° 42' N; 76° 12' O | 1200 | bimodal | 4 - 5 |
| Colombia | Valle del Cauca | El Cerrito | 988 | 3° 42' N; 66° 18' O | 734 | bimodal | 7 |
| Colombia | Valle del Cauca | Buenaventura | 10 | 3° 53' N; 77° 31' O | 4000 | bimodal | 1 - 2 |
| Colombia | Valle del Cauca | Dagua | 1450 | 3° 40' N; 76° 42' O | 1450 | bimodal | 6 |
| Colombia | Valle del Cauca | Sevilla | 1613 | 4° 17' N; 75° 55' O | 1500 | bimodal | 5 |
| Colombia | Guaviare | El Retorno | 400 | 2° 34' N; 72° 46' O | 1900 | unimodal | 4 |
| Colombia | Cauca | Caldono | 1600 | 2° 49' N; 76° 22' O | 1400 | bimodal | 5 - 6 |
| Colombia | Antioquia | Rionegro | 2088 | 6° 10' N; 75° 23' O | 1800 | bimodal | 4 |
| Colombia | Valle del Cauca | Cali | 1042 | 3° 33' N; 76° 22' O | 1110 | bimodal | 6 |
| Colombia | Meta | Puerto Gaitán | 467 | 4° 20' N; 72° 3' O | 3200 | unimodal | 5 |
| Colombia | Santander | Barbosa | 1700 | 5° 58' N; 73° 37' O | 1400 | bimodal | 4 |
| Colombia | Valle del Cauca | Ansermanuevo | 964 | 4° 48' N; 76° 10' O | 1450 | bimodal | 5 |
| Venezuela | Mérida | Las Cruces | 1523 | 9° 17' N; 69° 35' O | 1800 | bimodal | 4 |
| Venezuela | Táchira | Rubio | 817 | 7° 42' N; 72° 22' O | 1500 | bimodal | 5 |
| Venezuela | Mérida | Tres Esquinas | 1603 | 8° 36' N; 71° 9' O | 1750 | unimodal | 6 |
| Venezuela | Portuguesa | Turén | 105 | 9° 20' N; 69° 7' O | 1450 | unimodal | 6 |
| Venezuela | Trujillo | Campo Elías | 550 | 9° 24' N; 70° 4' O | 950 | unimodal | 6 |
| Venezuela | Portuguesa | Biscucuy | 600 | 9° 24' N; 70° 59' O | 1000 | unimodal | 6 |
| Venezuela | Trujillo | Bocónó | 200 | 9° 15' N; 70° 16' O | 1300 | unimodal | 6 |
| Venezuela | Portuguesa | Guanare | 150 | 9° 3' N; 69° 46' O | 1500 | unimodal | 5 |
| Colombia | Meta | Puerto Gaitán I | 380 | 4° 10' N; 73° 39' O | 2800 | unimodal | 5 |



Arboles adultos (plantas madre) de la Colección Nacional de *Trichanthera gigantea*, de donde se obtuvo el material de siembra para este estudio. Foto: Sonia Ospina. Valle del Cauca, Cali, Colombia