

## Mejoramiento genético en *Brachiaria*: objetivos, estrategias, logros y proyecciones

J. W. Miles\*

### Introducción

El impacto de las plantas forrajeras del género *Brachiaria* empezó a sentirse en la ganadería colombiana a partir de la década de 1970 con la introducción y adopción de braquiaria amarga (*B. decumbens* cv. Basilisk). Hoy en día, luego de más de tres décadas de introducción, evaluación y liberación, tanto por el sector público como el privado, se encuentran regularmente disponibles en el mercado colombiano cinco o seis cultivares derivados de germoplasma recolectado en África oriental e introducido indirectamente a través de Australia o de Brasil. Estos cultivares, en su conjunto, son de un inmenso valor económico en Colombia, así como más ampliamente en América tropical. Se estima que los cultivares convencionales de *Brachiaria* representan el 85% de toda la semilla de gramíneas forrajeras tropicales sembrada en el Cerrado brasileño (Macedo, 2005). Hasta hace 5 años, los cultivares (cv.) de *Brachiaria* disponibles en el comercio colombiano eran derivados sin modificación genética de accesiones naturales de tres especies poliploides y apomícticas: cvs. Marandu y La Libertad (*B. brizantha*), Basilisk -común o amargo- (*B. decumbens*) y cvs. Humidicola, y Llanero (*B. humidicola*).

Hace aproximadamente dos décadas se planteó la necesidad de manipular genéticamente las plantas del género *Brachiaria* (Ferguson y Crowder, 1974) para no depender de la selección a partir del germoplasma natural. En particular, se busca la combinación de atributos tales como resistencia a salivazo, adaptación a suelos ácidos e infértiles y alta calidad nutritiva, lo que parece no encontrarse o, por lo menos no se ha encontrado, en las colecciones de germoplasma natural. Sin embargo, el inicio de programas de mejoramiento genético en el género *Brachiaria* tardó debido a dos condiciones muy comunes en el género: los diferentes polidíes (números cromosómicos) encontrada entre, y aún dentro, de especies; y la reproducción predominantemente apomíctica (asexual) en las especies de *Brachiaria* de reconocida utilidad agronómica (*B. decumbens*, *B. brizantha* y *B. humidicola*). La apomixis—un tipo natural de reproducción asexual a través de semilla—en particular, representa una barrera formidable a la recombinación de genes y, por supuesto de caracteres, en el género. Excepto *B. ruziziensis*, que es naturalmente diploide y sexual (Ferguson y Crowder, 1974), todas las tres especies de interés comercial son apomícticas y poliploides.

A comienzo de los años 1980 en Bélgica se encontró una salida al callejón de mejoramiento en *Brachiaria* con la creación de *B. ruziziensis* tetraploidizada (Swenne et al., 1981) que es compatible en cruza con *B. brizantha* y *B. decumbens*, dos de las especies comerciales, apomícticas y tetraploides (Ndikumana 1985). *Brachiaria ruziziensis* tetraploidizada y sexual fue traída a América tropical a comienzos de la década de 1980. En 1985 la Dra. Cacilda do Valle, investigadora de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) la llevó a Brasil. En 1988 compartió este valioso germoplasma con el entonces Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

Fue en Bélgica donde se realizaron los primeros estudios de la genética de apomixis en *Brachiaria* (Ndikumana, 1985). Con base en estudios de comportamiento reproductivo en poblaciones híbridas relativamente pequeñas, Ndikumana propuso un modelo de herencia monogénica. Este modelo tiene los genotipos sexuales como homocigotos recesivos, diploides (aa) o tetraploides (aaaa) y los genotipos apomícticos heterocigotos, con un alelo dominante (Aaaa). Este modelo ha sido

---

\*Investigador del Proyecto Forrajes Tropicales del CIAT. Apdo. Aéreo 6713, Cali. Colombia

ampliamente confirmado en estudios posteriores realizados en el Brasil por do Valle y colaboradores (Valle et al., 1994; Valle y Savidan, 1996). Este modo cualitativo de herencia da lugar a pensar en una manipulación relativamente fácil de la apomixis en el mejoramiento genético en *Brachiaria*.

El presente trabajo pretende documentar brevemente el contexto histórico en que originaron las actividades de mejoramiento genético en el género *Brachiaria* en América tropical, la estrategia general adoptada en vista de las características del material biológico y de la tarea a realizar, los productos concretos que ha producido esta actividad a la fecha y unas reflexiones sobre las potenciales futuras del mejoramiento genético en este género.

## Materiales y métodos

Los trabajos de hibridación experimental en Colombia comenzaron inmediatamente después de la llegada de *B. ruziziensis* tetraploidizada a CIAT (Calderón y Agudelo Cortés, 1990) y ya en 1989, los primeros híbridos estaban en un pequeño ensayo de campo en C.I.-Carimagua. Este ensayo constaba de 128 híbridos en total, con tres accesiones apomícticas diferentes como padres y todos con *B. ruziziensis* sexual tetraploidizada como madre. En este ensayo estaban incluidos todos los parentales.

Muy pronto se hizo evidente que *B. ruziziensis* tetraploidizada, como todas las accesiones conocidas de esta especie, es altamente susceptible a salivazo y muy mal adaptada a condiciones de suelos ácidos (toxicidad de aluminio y baja disponibilidad de nutrimentos, en particular nitrógeno y fósforo). Dados los defectos de la *B. ruziziensis* sexual, tetraploidizada, difícilmente se podía esperar que los híbridos del primer ciclo de cruces, aún con las mejores accesiones apomícticas, tuvieran la combinación deseada de atributos. Por tanto se adoptó como estrategia básica una ampliación deliberada de la base genética del germoplasma tetraploide y sexual, y su mejoramiento.

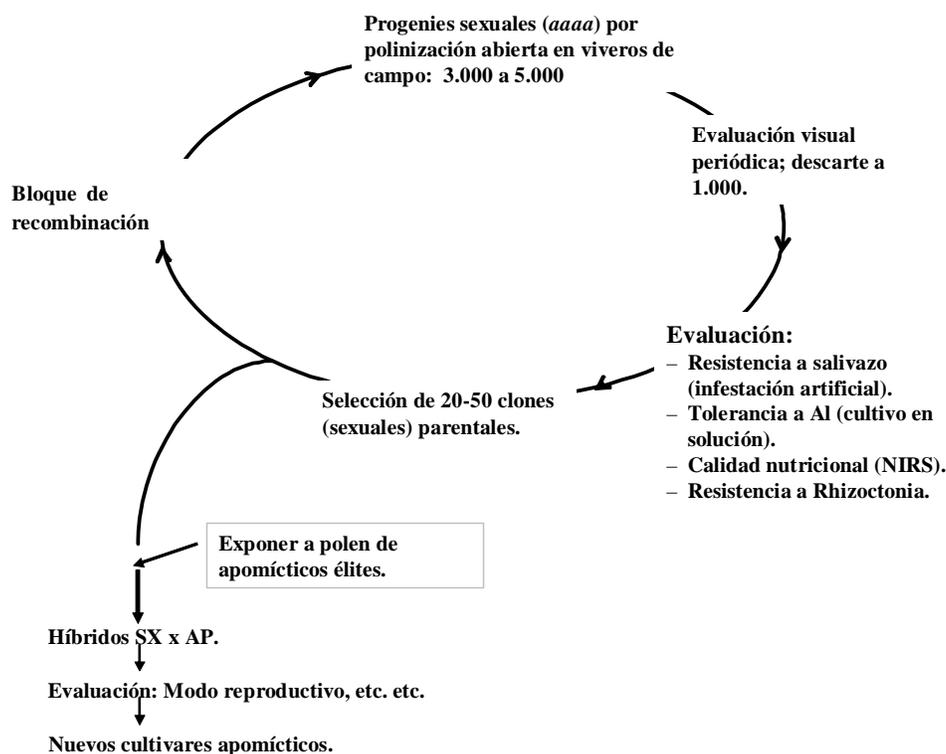
En 1993 se formó una población sintética a partir de 29 híbridos primarios de reproducción sexual (aaaa). Entre los parentales de estos 29 híbridos 'ancestrales', se encontraban nueve accesiones de *B. brizantha* y *B. decumbens*, algunas (como el cv. Marandu) consideradas 'resistentes a salivazo'. El 50% de la

composición inicial de la población sintética estaba conformado por *B. ruziziensis*, la única fuente de sexualidad en aquél entonces.

Esta población ha sido sometido a un esquema de selección cíclica (o recurrente) para mejorar su grado de adaptación y resistencia a salivazo, principalmente. El ciclo de selección que se usa actualmente dura 2 años (Figura 1), con 6 a 7 meses de observaciones de desempeño en campo (dos sitios) seguido por evaluaciones bajo condiciones más controladas para medir reacción a salivazo (tres especies colombianas), *Rhizoctonia* (causante de añublo foliar), aluminio (en cultivo de solución) y calidad (digestibilidad in vitro y contenido de proteína cruda).

Después de la selección final, se propagan las plantas seleccionadas y se dejan cruzar entre sí en un bloque aislado para asegurar que no se contaminen con polen de alguna planta apomíctica. La semilla cosechada de las plantas en el bloque de cruzamiento da origen a la siguiente generación de la población sexual.

Además de permitir que las plantas sexuales seleccionadas se crucen entre sí, en cada ciclo se cruzan los mejores clones sexuales con una o más accesiones de *B. decumbens* y/o *B. brizantha*, apomícticas, para generar una población híbrida que segrega por modo reproductivo (Figura 1). Una vez identificados los híbridos que se reproducen por apomixis y que reúnen los atributos básicos requeridos en un cultivar comercial, se puede proceder a difundirlos para evaluar su potencial como cultivares comerciales.



**Figura 1.** Esquema actualmente utilizado en el fitomejoramiento de *Brachiaria*. Programa de Forrajes Tropicales del CIAT.

## Resultados

Hasta el presente, el mayor resultado se ha documentado en el mejoramiento de la población sintética, tetraploide sexual, lo que es la clave en los cultivares del futuro. La metodología de evaluación rigurosa y de gran capacidad para salivazo (Cardona et al., 2004) ha sido clave en el rápido avance genético (Miles et al., s.p.). La sobrevivencia de ninfas de *Aeneolamia varia*, una de las especies plaga de mayor difusión, en plantas artificialmente infestadas ha bajado drásticamente a través de ciclos de selección.

Luego de seis ciclos de selección es posible identificar en la población decenas de plantas con resistencia combinada a tres especies plaga. El nivel de resistencia logrado a cada especie es mayor que la resistencia del cv. Marandu, considerado como un cultivar 'resistente' a salivazo (Cuadro 1).

## Discusión y conclusiones

A partir de prácticamente ceros, hace 20 años, se ha dado comienzo a una actividad productiva en la modificación genética en el género *Brachiaria* con miras de generar nuevos cultivares con niveles de expresión y combinaciones de caracteres que no se manifiestan aun en colecciones grandes de germoplasma natural. Ya se han logrado niveles de resistencia a salivazo mayor que la observada en cualquier genotipo natural.

Dos cultivares híbridos han sido liberados y su semilla empieza a estar disponible en el mercado colombiano a través de convenios con la empresa privada. Estos dos cultivares tienen importantes atributos positivos, como es su alto rendimiento de forraje de excelente calidad. El híbrido Mulato II tiene múltiple resistencia, por lo menos a las especies de salivazo en Colombia. Sin embargo, limitantes en rendimiento de

**Cuadro 1.** Porcentaje de supervivencia de ninfas de salivazo de las selecciones finales, comparado con *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, por ciclo de selección.

Ciclo	No. de selecciones finales	<i>Aeneolamia varia</i>		<i>Aeneolamia reducta</i>		<i>Zulia carbonaria</i>	
		Selecciones	cv. Marandu	Selecciones	cv. Marandu	Selecciones	cv. Marandu
supervivencia ninfal (%)							
C <sub>2</sub>	11	55.6	32.5**	—	—	—	—
C <sub>3</sub>	11	45.0	40.0 <sup>NS†</sup>	—	—	—	—
C <sub>4</sub>	41	25.9	23.0 <sup>NS</sup>	—	—	—	—
C <sub>5</sub>	32	16.8	33.3*	17.2	33.3 <sup>NS</sup>	38.2	69.4*
C <sub>6</sub>	42	7.0	36.7**	1.4	52.4**	4.9	50.0**

\*, \*\* = Media de las selecciones difiere (por prueba-t) de la media de *B. brizantha* cv. Marandu al nivel de probabilidad  $\alpha = 0.05$  or  $\alpha = 0.01$ , respectivamente.

NS = Medias no difieren al nivel de probabilidad  $\alpha = 0.05$ .

semilla, sobre todo de Mulato, han frenado su difusión y han sido la causa de los altos costos de semilla comercial. El cv. Mulato además es muy sensible a suelos con drenaje deficiente. Ambos cultivares híbridos responden marcadamente a la fertilización. Se espera que los cvs. Mulato y Mulato II, y aún mejores cultivares futuros, hagan un aporte cada vez más sensible a la economía ganadera de Colombia. *Brachiaria humidicola* no ha entrado hasta el presente en trabajos de fitomejoramiento por ser una especie filogenéticamente lejana a las *B. brizantha*, *B. decumbens* y *B. ruziziensis* y por tanto incompatible en cruza. Se están dando los primeros pasos exploratorios en la hibridación intraespecífica en *B. humidicola*.

### Summary

Until five years ago, the *Brachiaria* spp. cultivars available commercially in Colombia, were derived without genetic modification from natural germplasm accessions of three polyploid, apomictic species: cv. Marandu and La Libertad (*B. brizantha*), cv. Basilisk (*B. decumbens*), and cv. Humidicola and Llanero (*B. humidicola*). These cultivars, as a group, are of immense economic value in Colombia and more widely in tropical America. It is estimated that these conventional cultivars of *Brachiaria* together represent 85% of all tropical forage grass seed sold in Brazil.

The hybrid cultivars Mulato and Mulato II are the products of a program of genetic

improvement whose objective is to combine, in apomictic cultivars, the edaphic adaptation of cv. Basilisk (*B. decumbens*) with the resistance to spittlebugs (Homoptera: Cercopidae) characteristic of cv. Marandu and other accessions of *B. brizantha*. Given the polyploidy and apomictic (asexual) reproduction characteristic of *B. brizantha* and *B. decumbens*, it was not possible to cross the two species directly, but rather a strategy based on a tetraploidized sexual germplasm of *B. ruziziensis* was adopted. We synthesized a tetraploid, sexual population with a broad genetic base by crossing between the tetraploidized *B. ruziziensis* and selected accessions of *B. brizantha* and *B. decumbens*. The synthetic population has been submitted to recurrent selection to improve its level of resistance to spittlebugs and its edaphic adaptation. The best sexual clones are crossed with apomictic accessions to generate hybrid populations from which apomictic hybrids, candidates for release, are selected. The hybrid cultivars released to date still have defects. As the synthetic sexual population is improved, the probability increases of obtaining apomictic hybrids with outstanding expression of all characters of interest in an ideal cultivar.

### Referencias

- Calderón, M. de A. y Agudelo Cortés, J. 1990. Hibridaciones interespecíficas en el género *Brachiaria*. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 89 p.

- Cardona, C.; Fory, P.; Sotelo, G.; Pabón, A.; Díaz, G.; y Miles, J. W. 2004. Antibiosis and tolerance to five species of spittlebug (Homoptera: Cercopidae) in *Brachiaria* spp: Implications for breeding for resistance. J. Econ. Entomol. 97(2):635-645.
- Ferguson, J.E. y Crowder, L. V. 1974. Cytology and breeding behavior of *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard. Crop Sci. 14:893-895.
- Macedo, M. C. 2005. Pastagens no ecossistema cerrados: evolução das pesquisas para o desenvolvimento sustentável. Trabajo presentado en la 42ª Reunión de la Sociedad Brasileño de Zootécnia, 25 a 28 de julio. Goiânia (GO).
- Miles, J. W.; Cardona, C.; y Sotelo, G. Recurrent selection in a synthetic brachiariagrass population improves resistance to three spittlebug species. Crop Sci. (In press).
- Miles, J. W.; do Valle C. B.; Rao, I. M.; y Euclides, V. P. 2004. Brachiariagrasses. p. 745-783. In: L. E. Sollenberger; L. Moser; and Burson, B. (eds.). Warm-season (C4) grasses. Agron. Monogr. 45. ASA, CSSA, SSSA, Madison, WI, E.U.
- Swenne, A.; Louant, B. P.; y Dujardin, M. 1981. Induction par la colchicine de formes autotétraploïdes chez *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard (Graminée). Agron. Trop. 36:134-141.
- Valle, C.B. do, C. Glienke, y G.O.C. Leguizamon. 1994. Inheritance of apomixis in *Brachiaria*, a tropical forage grass. Apomixis Newsl. 7:42-43.
- Valle, C. B. do, y Y.H. Savidan. 1996. Genetics, cytogenetics and reproductive biology of *Brachiaria*. p. 147-163. In J.W. Miles et al. (ed.) *Brachiaria: Biology, agronomy, and improvement*. CIAT, Cali, Colombia, and CNPGC/EMBRAPA, Campo Grande, MS, Brazil.

## **Resistencia en *Brachiaria* a especies de salivazo: métodos, mecanismos y avances**

C. Cardona, G. Sotelo y J. W. Miles\*

### **Introducción**

Varios géneros de insectos de la familia Cercopidae, que en conjunto reciben el nombre de salivazo, constituyen la plaga más importante de los pastos del género *Brachiaria* en Colombia (Lapointe et al., 1992; Peck, 2001). El daño es causado por las ninfas y por los adultos cuando chupan la savia del xilema. Las especies más importantes en Colombia son *Aeneolamia varia* (F.), *A. reducta* (Lallemand), *Zulia carbonaria* (Lallemand), *Z. pubescens* (F), *Prosapia simulans* (Walker) y *Mahanarva trifissa* (Jacobi). El daño por salivazo puede tener un impacto económico muy grande en la producción ganadera; por ejemplo, en un estudio reciente Holmann y Peck (2002) calcularon que las pérdidas causadas por esta plaga en Colombia superan 250 millones de dólares anuales.

La resistencia varietal puede ser el más ecológico, eficiente, económico y duradero de los métodos de control para un insecto que, como el salivazo, ocupa millones de hectáreas, no tiene buen control natural y no responde bien al control cultural. No es el propósito de este artículo hacer una revisión a fondo sobre el tema de resistencia varietal, aunque sí es importante indicar que en

---

\*Investigadores del Proyecto Forrajes Tropicales del CIAT. Apdo. Aéreo 6713, Cali, Colombia.