

## Mejoramiento de *Pennisetum purpureum* en Cuba

R. S. Herrera

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana

Correo electrónico: rherrera@ica.co.cu

A mediados de la década del 80, en el Instituto de Ciencia Animal se comenzó el programa de mejoramiento de *Pennisetum purpureum* mediante la utilización de la biotecnología (cultivo de tejidos *in vitro*) y la mutagénesis (irradiación con  $^{60}\text{Co}$ ). Esto respondió a que, en aquel momento, la variedad de *Pennisetum* más difundida y utilizada era el King grass, la cual llegó a ocupar 85 % de las áreas forrajeras del país. El objetivo que se persiguió con este programa fue la obtención de nuevas variedades con características superiores, y que respondieran favorablemente a condiciones adversas, como la salinidad y sequía. Mediante el cultivo de tejidos *in vitro* se obtuvieron varios clones, y de ellos se seleccionaron dos: el Cuba CT-115 y el Cuba CT-169. Con el primero, se desarrolló la tecnología de bancos de biomasa para el pastoreo y satisfacer el déficit de alimento en el período poco lluvioso, mientras que el segundo es eminentemente forrajero. Mediante la mutagénesis se obtuvieron dos nuevos clones, CUBA MF-24 y Cuba MQ-1, los que, al ser explotados en condiciones de secano y con moderadas dosis de fertilizante nitrogenado, superan los rendimientos del king grass. También se obtuvieron otros que presentan mejores indicadores agronómicos y de calidad. Especial atención se le prestó a la sequía y salinidad, y los clones obtenidos llegaron a superar los rendimientos de sus antecesores en dichas. Se concluye que se obtuvieron plantas con características favorables para la producción de forraje, el pastoreo, la resistencia a la sequía y salinidad, así como mejores indicadores agronómicos y de calidad. Se sugiere realizar estudios con fertilización estratégica, introducir las nuevas plantas en la producción comercial y se dispone de un amplio germoplasma destinado a trabajos futuros.

Palabras clave: *mejoramiento, Pennisetum purpureum*.

### INTRODUCCIÓN

La alimentación del ganado vacuno en Cuba se fundamenta en la utilización de los pastos y forrajes porque estos se pueden cultivar todo el año, en la capacidad del rumiante de utilizar alimentos fibrosos, cuando son adecuadamente manejados, en que producen altos rendimientos, como fuente de alimentación son una alternativa económica y amigable para el medio ambiente y no compiten con otros alimentos destinados a los animales monogástricos y al hombre.

A pesar de estas ventajas, los pastos y forrajes que se desarrollan en el trópico se caracterizan por el marcado desbalance estacional de su producción de materia seca, lo que determina que, al menos, durante seis meses al año, sus rendimientos sean extremadamente bajos, por lo que no se cubren los requie-

rimientos de alimentos voluminosos para los rumiantes. Algo similar ocurre con los indicadores de la calidad.

Cuba no está exenta de estas situaciones, y es por ello que a mediados de la década del 80 se comienza a desarrollar en el Instituto de Ciencia Animal el programa de mejoramiento del *Pennisetum purpureum*, mediante la utilización de la biotecnología (cultivo de tejidos *in vitro*) y la mutagénesis (irradiación con  $^{60}\text{Co}$ ). Esto respondió a que en aquel momento la variedad de *Pennisetum* más difundida y utilizada era el King grass, que llegó a ocupar 85 % de las áreas forrajeras del país. Por ello, el objetivo de este trabajo es informar los principales resultados obtenidos en este programa.

### ANTECEDENTES

El área tropical está integrada por 90 países y 51 millones de  $\text{km}^2$ , tiene 40 % de la población mundial, alta tasa de crecimiento demográfico y largas e intensas sequías que limitan marcadamente la producción de alimentos para los animales y el hombre. En estas condiciones solo logran producir entre 10 y 25 % de la leche y la carne que producen los países desarrollados (Crespo 2001).

Cuba no está al margen de esta situación y se adicionan además, el marcado carácter estacional de la producción de los pastos y forrajes, donde en el período poco lluvioso solo llegan a producir, en el mejor de los casos, 30 % de la producción anual de materia seca. A esto se unen los frecuentes e intensos períodos de se-

quía, que duran hasta 6 y 7 meses. En los últimos años, por ejemplo, la ocurrencia de intensas sequías alcanzó una frecuencia de hasta 2.5 años. Además, 71 % de la ganadería se desarrolla en suelos enmarcados en la clasificación de regulares a malos (tabla 1) (Paretas y López 2006).

Tabla 1. Características de los suelos dedicados a la ganadería en Cuba

Categoría	Valor, %
Buenos	15
Regulares	24
Malos	47
Muy malos	14

Para tratar de solucionar la situación antes descrita, se aplicaron diferentes opciones con resultados variables, que aún en la actualidad se utilizan. Entre estas opciones pueden señalarse la fertilización y el riego de los pastos, el empleo de concentrados, la producción de heno y ensilaje, la utilización de la caña de azúcar y sus subproductos, así como de subproductos agroindustriales y recursos locales. Se adicionan como otras alternativas, los alimentos obtenidos por biotecnología, entre otras aplicaciones de la biotecnología, los sistemas silvopastoriles y las nuevas variedades de pastos.

Con respecto a esta última opción, Machado *et al.* (2006) argumentaron que en Cuba, entre 1962 y 2005, se introdujeron 2181 gramíneas (tabla 2). En las diferentes evaluaciones, al comparar el rendimiento de estas y el de los pastos naturales, que alcanzaron valores de 7 y 15 t de MS/ha mientras que los resultados de las gramíneas fueron superiores y sus valores máximos estuvieron en el rango de 12 y 24.6 t de MS/ha, cuando se estudiaron en secano sin N, y con riego, con 200 kg de N, respectivamente.

La variedades de *Pennisetum purpureum* fueron las que sobresalieron en los estudios relacionados con las plantas con características forrajeras y los rendimientos variaron entre 13 y 26.7 t de MS/ha, donde se destacaron el Napier y el King grass (tabla 3).

## RESULTADOS ALCANZADOS CON LA APLICACIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA

Al utilizar el cultivo de tejidos *in vitro* y tomar el meristemo apical del King grass como tejido donador, se obtuvieron nuevos clones que representaron marcadas diferencias fenotípicas, con respecto a sus progenitores. Los resultados de la evaluación agronómica durante dos años indicaron diferencias en los rendimientos de MS, los que fueron superiores o inferiores al King grass progenitor. Además, hubo un clon (Cuba CT-155) que no finalizó el período experimental (tabla 4).

De estos clones, se seleccionó el Cuba CT-115, que se distingue por su bajo porte y por acortar la distancia

Tabla 4. Rendimientos (t de MS/ha) de los clones obtenidos por cultivo de tejidos (Herrera y Martínez 2006)

Clones	Primer año		Segundo año	
	Seca	Lluvia	Seca	Lluvia
King grass	24.4	31.8	15.8	16.1
CUBA CT-14	21.6	33.4	14.2	19.0
CUBA CT-16	22.1	33.0	16.6	20.0
CUBA CT-44	17.1	26.4	11.0	15.5
CUBA CT-70	20.2	31.2	15.2	16.1
CUBA CT-74	20.2	29.7	13.4	21.0
CUBA CT-101	7.4	13.2	-	-
CUBA CT-115	20.0	29.6	7.9	15.7
CUBA CT-155	-	2.8	-	-
CUBA CT-163	25.2	29.4	15.2	17.7
CUBA CT-169	17.6	26.4	11.8	16.2

Tabla 2. Gramíneas introducidas en Cuba (Machado *et al.* 2006)

Años	Número
1962-1974	358.0
1975-1981	681.0
1982-1985	447.0
1986-1990	275.0
1991-1995	90.0
1996-2000	35.0
2001-2005	295.0
Total	2181.0

Tabla 3. Rendimiento de MS de variedades de *Pennisetum* (Herrera y Ramos 2006)

Variedades	t de MS/ha
Enano	13.8
Taiwan A-144	15.0
San Carlos	16.1
Selección 1	18.4
Taiwan A-146	20.8
Taiwan A-148	22..8
Candelaria	23.0
Selección 2	23.6
Merkeron	23.8
Napier	24.7
King grass	26.7

entrenados, a medida que avanza la edad de rebrote. Su floración es escasa y sus rendimientos son similares a los de sus progenitores (tabla 5). A partir de estas características propias para el pastoreo, se desarrolló la tecnología del banco de biomasa, que goza de amplia popularidad en Cuba y en el extranjero, como alternativa para solucionar el déficit de alimento durante el período poco lluvioso.

Tabla 5. Comparación del Cuba CT-115 con el King grass (Martínez y Herrera 2006)

Indicadores	King grass	CUBA CT-115
t de MS/ha	63.4	64.1
Producción en seca, %	48.0	50.0
Hojas, %	31.6	40.0
Proteína bruta, %		
Hojas	11.4	11.5
Tallos	5.3	5.6
Contenido celular, %	24.7	26.5

También se seleccionó al Cuba CT-169, cuyos rasgos fundamentales están determinados por su porte alto, hojas largas y anchas, elevado rendimiento y composición química similar al King grass, rasgos que lo hacen adecuado para la producción de forraje (tabla 6).

A la sequía se le debe prestar especial atención, ya que limita extraordinariamente la producción de los

Tabla 6. Comparación del Cuba CT-169 con el King grass (Martínez y Herrera 2006)

Indicadores	King grass	CUBA CT-169
t de MS/ha	63.4	72.4
Producción en seca, %	48.0	54.0
Hojas, %	31.6	51.5
Proteína bruta, %		
Hojas	11.4	12.1
Tallos	5.3	5.8
Contenido celular, %	24.7	29.9

pastizales y de las áreas forrajeras. Por ello, se simuló en el laboratorio las condiciones de sequía, y al aplicar el cultivo de tejidos *in vitro*, mediante el uso del meristemo apical del Cuba CT-115 como tejido donador, se obtuvieron nuevos clones con posible resistencia a la sequía. La evaluación inicial indicó rendimientos variables. En experimentos de mayor duración se obtuvieron rendimientos de MS que superaron al progenitor. Estas investigaciones se desarrollaron en Cuba, específicamente en Bayamo, provincia Granma. Esta región se caracteriza por precipitaciones menores a los 700 mm anuales y por períodos de intensa sequía, que llegan a alcanzar hasta siete meses del año (tabla 7).

Tabla 7. Rendimientos y digestibilidad de los clones resistentes a la sequía (adaptado de Díaz 2008)

Variedades	Rendimientos, t/ha		Digestibilidad de MS, %	
	MS	Hojas	Hoja	Tallo
CT-115	13.0	6.0	52.8	48.3
RS-608	25.5	11.4	51.9	46.0
RS-603	22.0	10.3	60.5	49.7
RS-609	18.0	8.0	52.6	46.6
RS-604	10.0	4.2	52.0	51.0
RS-606	4.0	1.8	54.0	51.5

Los resultados obtenidos fueron alentadores, si se considera que la evaluación se realizó sin fertilización ni riego, y tres de los nuevos clones (RS-608, RS-603 y RS-609) superaron el rendimiento de MS y de hojas, con respecto al testigo (Cuba CT-115). Sin embargo, en otros ocurrió lo contrario. Esto permite establecer opciones para su utilización en la producción de forraje o para el pastoreo. Además, ofrece alternativas para la producción de alimento animal en condiciones de sequía.

Gran parte de los suelos del oriente del país experimentan constantemente el aumento de la salinidad, con el consiguiente detrimento de la producción vegetal,

especialmente de los pastos y forrajes. Ante esta realidad, se realizó la evolución inicial de clones de Pennisetum que se obtuvieron por cultivo de tejidos *in vitro*, a partir del Cuba CT-115. En general, el rendimiento fue mayor en el clon resistente (RS-508) en cualquiera de las edades de rebrote estudiadas (tabla 8).

Tabla 8. Rendimientos (t de MS/ha) del clon resistente a la salinidad, según la edad de rebrote (adaptado de Álvarez y Herrera 2008, inédito)

Variedades	Edad de rebrote, d		
	30	60	105
Período poco lluvioso			
CT-115	0.52	1.29	3.06
RS-508	0.62	1.48	4.56
Período lluvioso			
CT-115	0.70	1.21	3.13
RS-508	0.72	1.62	4.04

Se debe señalar que esta evaluación se realizó en un suelo de mediana a baja salinidad, sin la utilización de riego ni fertilización. Por ello, aunque los datos son preliminares, señalan una posible opción para utilizar estos nuevos clones, en condiciones similares a las de este experimento, y para proceder a su evaluación futura, a mayor escala y durante más tiempo.

Otros de los objetivos que se persiguió con la aplicación de la biotecnología fue la obtención de clones con mejores características agronómicas y con mayor calidad. Parra (2008), al evaluar diferentes clones en suelo ferralítico rojo, sin riego ni fertilización, encontró que algunos produjeron más MS que su progenitor (Cuba CT-115) y tuvieron mejor producción en el período poco lluvioso, así como diferente porte (tabla 9). Estas nuevas opciones pueden evaluarse en otras condiciones edafoclimáticas e incluir además, la fertilización estratégica o de mantenimiento.

Tabla 9. Algunos índices de los nuevos clones (adaptado de Parra 2008)

Variedades	t de MS/ha/año	Porcentaje en seca	Porcentaje de hojas	Altura, cm
CT-115	8.3	25.3	46.1	63.0
RC-41	9.4	27.7	53.1	52.9
RC-42	8.9	19.1	46.7	67.2
RC-14	12.5	35.2	37.5	72.2
RC-19	12.8	31.2	53.2	62.5
RC-21	13.1	31.3	52.9	69.5

## RESULTADOS DE LA MUTAGÉNESIS

La mutagénesis es otra de las técnicas utilizadas para la obtención de nuevos clones de Pennisetum. Esta práctica consiste en la irradiación de la semilla agámica con <sup>60</sup>Co, lo que altera la información genética de la

semilla irradiada y produce cambios en la nueva planta. Después, las plantas obtenidas se someten a la rigurosa evaluación y a la determinación y cuantificación de las diferencias desde el punto de vista agronómico y

molecular, con respecto al material no irradiado. En este sentido, se irradiaron semillas agámicas de King grass y se obtuvieron varias mutantes, con marcadas diferencias con respecto a su progenitor. De ellas, se seleccionaron dos y se estudiaron en experimentos de campo, repetidos en espacio y tiempo, en condiciones de fertilización, riego y secano.

Los resultados de cinco años de investigación demostraron que las mutantes seleccionadas produjeron mayores rendimientos de MS y superior producción en

seca, con respecto al King grass, tanto con riego y fertilización, como con ausencia de irrigación (tabla 10).

Otra de las ventajas de estas mutantes fue que el King grass experimentó, a los cinco años de explotación, la mayor despoblación, que alcanzó valores de 13.7 y 18 unidades porcentuales para las condiciones de fertilización y riego, y sin fertilización con riego, respectivamente. Sin embargo, Cuba MF-24 y Cuba MQ-1 alcanzaron respectivamente valores de 13, 12.7, 3 y 7.5 unidades porcentuales (tabla 11).

Tabla 10. Rendimientos de las mutantes en dos sistemas de explotación (adaptado de Herrera *et al.* 1996)

Clones	Fertilización y riego		Fertilización sin riego	
	t MS/ha	% seca	t MS/ha	% seca
king grass	152.6	35.7	97.5	25.5
CUBA MF-24	154.6	36.8	107.1	27.4
CUBA MQ-1	163.2	37.7	108.2	28.3

Tabla 11. Población (%) de las mutantes en dos sistemas de explotación (adaptado de Herrera *et al.* 1996)

Clones	Fertilización y riego			Fertilización sin riego		
	1er. año	5to. año	Dif.	1er. año	5to. año	Dif.
King grass	95.7	82.0	-13.7	95.0	77.0	-18.0
CUBA MF-24	94.3	81.2	-13.1	95.0	82.3	-12.7
CUBA MQ-1	93.0	90.0	-3.0	93.1	85.6	-7.5

## CONSIDERACIONES FINALES

Para establecer los sistemas de alimentación del ganado vacuno, fundamentados en la utilización de pastos y forrajes, se necesita del conocimiento integral de la planta y del medio en que se desarrolla. Esto permite establecer adecuadas estrategias de manejo, que incluyan el animal, de modo que el sistema sea productivo, biológica y económicamente viable, y que perdure en el tiempo y no influya negativamente en el medio ambiente.

En estas condiciones, las variedades de pastos y forrajes desempeñan una función importante, al ser vital la utilización eficiente de especies y variedades que se adapten a las condiciones edafoclimáticas donde se desarrollen. No obstante, es preciso tener en cuenta que la introducción o la obtención de nuevas variedades, que superen las utilizadas tradicionalmente, pueden ser opciones para mejorar los sistemas productivos.

Los resultados obtenidos evidencian que al aplicar la biotecnología o la mutagénesis es posible obtener variedades con mejores indicadores agronómicos, e incluso adaptadas a condiciones adversas, como la sequía y la salinidad. Esto permite incrementar la producción, en áreas donde el desarrollo de los pastos utilizados tradicionalmente no es el mejor.

Además, con la introducción de nuevas variedades, se dispone de un grupo de nuevos clones de Pennisetum,

que pueden ser utilizados en la producción de forraje en la región oriental del país en suelos de mediana fertilidad, con la aplicación de fertilizantes y con la aplicación del riego o sin él. Un ejemplo de ello son las variedades Cuba MF-24 y Cuba MQ-1, entre otras.

En las variedades resistentes a la sequía, se puede comenzar el proceso de introducción en unidades de producción comercial. Sin embargo, se debe tener presente el tipo de suelo, ya que ellas requieren determinado grado de fertilidad y buen drenaje, para evitar el encharcamiento. Además, es preciso considerar el tipo de manejo a que serán sometidas y, de ser posible, estudiar su respuesta a la fertilización estratégica o de mantenimiento.

Se sugiere continuar los estudios de las variedades resistentes a la salinidad, para establecer su sistema de manejo, en especial en suelos de baja a mediana salinidad. Para esto, es preciso disponer de un área adecuada para producir la semilla de calidad necesaria, de modo que se pueda realizar todo el trabajo de evaluación e introducción en las unidades de producción.

Otra de las ventajas de los resultados obtenidos, es que se dispone de un banco de germoplasma, que permitirá continuar los estudios de mejora del *Pennisetum purpureum* y obtener, por cualquier vía, nuevas variedades que superen a las que se utilizan en la actualidad.

Finalmente, se debe señalar que el conocimiento y la aplicación de la combinación de tecnologías de primera generación, como lo es la biotecnología, con prácticas que incluyen el uso de recursos locales, la máxima

utilización de la tierra y el menor impacto ambiental y ecológico, son retos para América Latina y, en especial, para Cuba.

## REFERENCIAS

- Crespo, G. 2001. La producción de pastos y forrajes. I Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. La Habana. CD-ROM
- Díaz, D. 2008. Evaluación agronómica de nuevas variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía en el Valle del Cauto. Tesis de Maestría. Instituto de Investigaciones Agropecuarias «Jorge Dimitrov». Granma, Cuba
- Herrera, R.S., Cruz, R., Martínez, R.O., García, M., Tuero, R., Cruz, A.M., Romero, A. & Fraga, N. 1996. Metodología para la obtención de mutantes de *Pennisetum* mediante técnicas nucleares y evaluación de las mismas. XI Forum de Ciencia y Técnica. La Habana
- Herrera, R.S. & Martínez, R.O. 2006. Mejoramiento genético por vías no clásicas. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Eds. Herrera, R.S., Febles, G. y Crespo, G. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. p.15
- Herrera, R.S. & Ramos, N. 2006. Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Eds. Herrera, R.S., Febles, G. y Crespo, G. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p.79
- Machado, R., Seguí, E., Olivera, Y., Toral, O. & Wencomo, H. 2006. Fundamentación teórica y resultados del programa de introducción. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Ed. M. Milera. Universidad San Carlos. Guatemala. p.9
- Martínez, R.O. & Herrera, R.S. 2006. Empleo del Cuba CT-115 para solucionar el déficit de alimentos durante la seca. En: *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. Eds. Herrera, R.S., Febles, G. y Crespo, G. Ed. Instituto de Ciencia Animal. La Habana. p.221
- Paretas, J.J. & López, M. 2006. Regionalización de gramíneas, leguminosas y árboles multipropósitos. En: Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. Ed. M. Milera. Universidad San Carlos. Guatemala. p.37
- Parra, W. 2008. Evaluación de clones de *Pennisetum* para la producción de biomasa. Tesis de Diploma. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

**Recibido: 15 de enero de 2009**