

MODIFICACION DEL HABITO DE CRECIMIENTO RASTRERO DEL ZAPALLO  
*Cucúrbita* spp. MEDIANTE LA TRANSFERENCIA DEL GEN Bu (hábito  
arbustivo)

Jorge E. Giraldo\*; Franco Alirio Vallejo C.\*\*

COMPENDIO

Este trabajo, en el género *Cucurbita*, se realizó con el fin de incorporar el gen Bu (Bush) responsable del hábito de crecimiento arbustivo, presente en *C. moschata* var. *Piramoita*, a dos introducciones pertenecientes a las especies *C. moschata* y *C. máxima*, con hábito de crecimiento rastrero. Con la introducción de *C. moschata* se llegó hasta la generación del retrocruzamiento dos ( $RC_2$ ), cuando se hizo una evaluación preliminar de los resultados, con el fin de observar las diferencias existentes entre los progenitores y las generaciones  $F_1$ ,  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$ , en relación al crecimiento y otros caracteres. En la generación  $F_1RC_2$  la guía principal se redujo en más del 50 o/o comparada con la introducción de *C. moschata*. Con la introducción de *C. máxima* no se continuó el trabajo debido a problemas de incompatibilidad interespecífica.

ABSTRACT

This study, about the *Cucurbita* genus, was carry out with the purpose to incorporate the Bu gen responsible of bush growing habit, present in *C. moschata* var. *Piramoita*, in two introductions belonging at the species *C. moschata* and *C. máxima*, with vine growing habit. With the *C. moschata* introduction to come until the generation of two backcrossing ( $RC_2$ ), when was realized a preliminary evaluation of results, with the purpose to observe the existent differents between the parental and generation  $F_1$ ,  $F_1RC_1$  and  $F_1RC_2$ , in relation at the growing and others caracteres. In the  $F_1RC_2$  generation the principal guide was decrease in most of 50 o/o, in comparate with the introduction of *C. moschata*. With the introduction of *C. máxima* did not continued the work, due to problems of incompatibility interespecific.

1. INTRODUCCION

Las Cucurbitas son plantas rastreras, de cuyo tallo principal salen de 3 a 10 ramas laterales, las cuales crecen varios metros, llegando la principal hasta 15 m de longitud. En la especie *C. pepo* existen variedades compactas o arbustivas por sus entrenudos cortos, conocidas como calabacines (Jaramillo, s. f.). En *C. máxima* existen también cultivares de crecimiento compacto, entre los cuales están los llamados zapallitos de árbol de Argentina (León, 1968).

En *C. moschata* se obtuvieron cultivares con hábito de crecimiento arbustivo, mediante un

programa de mejoramiento que incluyó el cruzamiento interespecífico entre *C. pepo* y *C. moschata* (Kuabara *et al*, 1984).

Los genes mayores responsables de los hábitos arbustivo y rastrero se localizan en el mismo locus y su acción es peculiar por tener un desarrollo reversible de dominancia: en *C. pepo* el gen arbustivo es casi completamente dominante durante el crecimiento inicial, pero incompletamente dominante durante el crecimiento posterior. En *C. máxima* es completamente dominante durante el crecimiento inicial, pero completamente recesivo durante los estados tardíos (Whitaker, 1974). Las plantas heterocigotas para el gen responsable del hábi-

\* Estudiante de pregrado. Universidad Nacional de Colombia. A. A. 237, Palmira.

\*\* Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. A.A. 237, Palmira.

to arbustivo (Bu) pueden cambiar de fenotipo durante su desarrollo por la acción de los genes modificadores que afectan su expresión. Trabajos posteriores han confirmado que la dominancia del gen Bu cambia durante su desarrollo (dominancia reversa) de modo que el hábito arbustivo es un carácter dominante en plantas jóvenes, pero recesivo en la madurez (Robinson et al, 1976; Esquinas y Gulick, 1983).

El hábito de crecimiento arbustivo en zapallo es un carácter de importancia económica, ya que las plantas de crecimiento rastrero ocupan grandes áreas, dificultando el manejo del cultivo y las prácticas culturales (Vallejo, 1984).

Este trabajo conforma la etapa inicial de un programa de mejoramiento en el género *Cucurbita* que tiene como meta la obtención de un material mejorado con hábito de crecimiento arbustivo, para siembra comercial. El objetivo principal de esta primera etapa, fue la transferencia del gen Bu a materiales de zapallo con crecimiento rastrero, evaluando los efectos del gen Bu sobre la producción y sus componentes, y sobre el tipo de crecimiento.

El trabajo comprendió cuatro ciclos de siembra. En el primer ciclo se obtuvo la generación híbrida  $F_1$ . En el segundo ciclo se realizó el primer retrocruzamiento ( $RC_1$ ), escogiéndose como genitor recurrente a la introducción 034. En el tercer ciclo se hizo el segundo retrocruzamiento ( $RC_2$ ), y se obtuvo además la genera-

## 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó entre enero de 1987 y abril de 1988 en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. El material genético utilizado comprendió a las especies de hábito rastrero *C. moschata*, introducción 034, y *C. máxima* introducción 017, de la colección del Instituto Colombiano Agropecuario -ICA y a la especie arbustiva *C. moschata* var. Piramoita (donante del gen Bu), producida por el Departamento de Genética de la Universidad de Sao Paulo, Brasil.

ción  $F_2 RC_1$  por autofecundación para evaluar la segregación del gen Bu. En el cuarto ciclo se evaluaron las poblaciones de los ciclos anteriores y se realizó el tercer retrocruzamiento ( $RC_3$ ).

En los tres primeros ciclos se evaluaron las siguientes características: eficiencia en la polinización, número de semillas por fruto, porcentaje de emergencia de plántulas y segregación del gen Bu. En el cuarto ciclo se compararon preliminarmente los progenitores y las generaciones  $F_1$ ,  $F_1 RC_1$  y  $F_1 RC_2$  mediante la cuantificación de los siguientes caracteres: longitud de los entrenudos, número de entrenudos, longitud guía principal, número de guías, días a la manifestación de la dominancia reversa, días a la aparición de la primera flor masculina, días a la aparición de la primera flor femenina, número de frutos, producción, peso promedio de los frutos y formato del fruto. Adicionalmente se midió la influencia del gen Bu sobre la producción.

Las plantas se sembraron a tres metros entre surcos por dos metros entre plantas, correspondiéndole a cada progenitor un surco de 40 m, a la  $F_1$  un surco, a la  $F_1 RC_1$  dos surcos a la  $F_1 RC_2$  dos surcos y a la  $F_2 RC_1$  cuatro surcos, con el fin de evaluar la segregación del gen Bu. Los datos se tomaron planta a planta en forma individual, evaluando de 15 a 20 plantas por población. Para el caso de las poblaciones  $F_1 RC_1$  y  $F_1 RC_2$  se seleccionaron las plantas con genotipo heterocigoto. Para efecto del análisis se definió a cada población como un tratamiento y a cada planta escogida dentro de la población como una repetición. Por medio del análisis de varianza se determinaron las diferencias existentes entre las poblaciones, para cada característica evaluada.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSION

### 3.1. Eficiencia de la polinización

En el cruzamiento entre *C. moschata* introducción 034 y *C. moschata* var. Piramoita la eficiencia promedio fue del 76.5 o/o.

En el cruzamiento interespecífico entre *C. máxima* introducción 017 y *C. moschata* var. Piramoita la eficiencia fue del 35.7 o/o.

### 3.2. Número de semillas híbridas por fruto

En el cruzamiento entre *C. moschata* var. Piramoita y *C. moschata* introducción 034, el número de semillas por fruto fue de 535. En el cruzamiento interespecífico, el promedio de semillas híbridas  $F_1$  por fruto sólo llegó a 162; un alto número de estas semillas presentaban endospermo poco desarrollado o ausencia total de él (semillas vanas). Adicionalmente algunas semillas presentaban embriones poco desarrollados frente a embriones de semillas no híbridas.

### 3.3. Porcentaje de emergencia de plántulas

La emergencia de plántulas híbridas  $F_1$  provenientes del cruzamiento entre *C. moschata* introducción 034 y *C. moschata* var. Piramoita, en condiciones de campo, fue del 81, 95 y 89 o/o para las generaciones  $F_1$ ,  $F_1RC_1$ ,  $F_1RC_2$ , respectivamente. En el cruzamiento interespecífico la emergencia de plántulas híbridas  $F_1$  fue del 0 o/o. En prueba realizada en semillero en bandeja, el porcentaje de emergencia llegó al 4 o/o, demorando de 8 a 20 días. Este bajo porcentaje de emergencia no permitió tener un número suficiente de plantas  $F_1$  para continuar con esta parte del trabajo; además el poco polen de estas plantas resultó estéril.

### 3.4. Hábito de crecimiento y segregación

La generación  $F_1$  del cruzamiento entre *C. moschata* introducción 034 y *C. moschata* var. Piramoita presentó crecimiento tipo arbustivo en su etapa inicial, característico del gen Bu en su forma heterocigota (Bubu), hasta los 40 días cuando se observaron las primeras plantas con gufa. El anterior comportamiento fue manifestado en todas las plantas.

En las generaciones  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$  se presentaron plantas que manifiestan crecimiento arbustivo en estado joven (Bubu) y plantas que

desde el inicio del ciclo vegetativo mostraron crecimiento rastrero (bubu).

La proporción de estas plantas, para ambos casos, fue 1:1, resultado que está de acuerdo con la segregación esperada para el gen Bush.

En vista de los resultados poco satisfactorios en la obtención de la semilla  $F_1$ , en el cruzamiento interespecífico, en el segundo ciclo se realizaron nuevamente cruzamientos entre las especies *C. máxima* introducción 017 y *C. moschata* var. Piramoita. El porcentaje de emergencia fue del 15 o/o, ocurriendo ésta entre los 16 días. No fue posible lograr el retrocruzamiento hacia el padre recurrente, reconfirmando la esterilidad de la flor estaminada. Mediante el retrocruzamiento recíproco, sí se lograron algunos frutos. Las plantas  $F_1$  logradas manifestaron la presencia del gen Bu en su forma heterocigota (crecimiento arbustivo en estado joven).

### 3.5. Comparación preliminar de los progenitores y las generaciones $F_1$ , $F_1RC_1$ y $F_1RC_2$ .

#### 3.5.1. Número de entrenudos

El progenitor *C. moschata* var. Piramoita presentó en promedio el menor número de entrenudos (38), mientras que el progenitor *C. moschata* introducción 034 mostró el mayor número (76.4); las generaciones  $F_1$ ,  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$  presentaron un número intermedio de entrenudos (Cuadro 1).

Para esta variable, se encontraron diferencias altamente significativas entre los diferentes genotipos (Cuadro 2). Entre el progenitor, *C. moschata* introducción 034, y la generación más avanzada,  $F_1RC_2$ , existieron diferencias altamente significativas, lo que indica una ganancia genética, ya que se redujo el número de entrenudos.

#### 3.5.2. Longitud del entrenudo

El progenitor *C. moschata* var. Piramoita presentó, la menor longitud de los entrenudos

Cuadro 1

Valores promedios para las variables en los genotipos de *Cucurbita moschata*

Variable	Genotipo				
	034	F <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> RC <sub>1</sub>	F <sub>1</sub> RC <sub>2</sub>	Piramoita
Número de entrenudos	76.46	53.55	54.87	58.15	38.00
Longitud de entrenudos (cm)	17.72	7.97	9.95	10.84	5.35
Longitud gufa principal (m)	13.58	4.36	5.58	6.43	2.13
Número de guías	3.40	4.95	4.62	4.35	4.94
Días a manifestación dominancia reversa	-	39.30	38.56	37.20	40.70
Días a la floración masculina	54.60	53.15	51.75	51.75	47.80
Días a la floración femenina	63.40	55.35	52.93	50.70	48.60
Número de frutos	6.40	3.90	4.25	6.20	3.76
Producción (kg)	26.40	10.83	15.12	20.74	4.33
Peso promedio del fruto (kg)	4.24	2.63	3.56	3.27	1.15
Formato del fruto (relación de ejes)	0.76	1.30	0.94	0.99	2.73

Cuadro 2

Cuadrados medios del Andeva y nivel de significancia para los caracteres evaluados en *C. moschata*

Variable	Cuadrados medios (CM)						C.V. (o/o)
	Genotipos	Piram. vs F <sub>1</sub>	Piram. vs F <sub>1</sub> RC <sub>1</sub>	Pir. vs F <sub>1</sub> RC <sub>2</sub>	034 vs F <sub>1</sub> RC <sub>2</sub>	Error	
Número de entrenudos	3 004.5**	2.222.0**	2 347.3**	3 731.0**	2 875.7**	130.0	20.28
Longitud del entrenudo (cm)	339.1**	62.7**	174.2**	275.6**	407.1**	3.1	16.99
Longitud gufa principal ( m)	2 932 135.1**	453 564.2**	976 752.0**	1 700 712.5**	4 377 843.8**	34 988.3	29.10
Número de guías	6.54**	0.008	0.9	3.3	2.6	0.5	15.89
Días a la manifestación dominancia reversa	39.4**	18.1	37.9**	112.2**	-	4.6	5.53
Días a la floración masculina	105.7**	260.7**	127.1	141.7	69.6	26.0	9.84
Días a la floración femenina	521.1**	412.8	151.7	38.7	1 389.5*	60.0	14.29
Número de frutos	29.0**	0.2	1.9	54.5**	0.4	3.3	37.35
Producción (kg)	1 221.0**	388.2	960.1**	2 474.5**	274.8	71.7	54.70
Peso promedio del fruto (kg)	22.5**	20.6**	48.5**	41.8**	8.0**	1.1	35.40
Formato del fruto (relación de ejes)	10.7**	18.8**	26.4**	28.1**	0.4	0.07	20.97

(5.3 cm) y el progenitor *C. moschata* introducción 034 presentó la mayor longitud en los entrenudos (17.7 cm). Las generaciones  $F_1$ ,  $F_1$ ,  $F_1 RC_1$  y  $F_1 RC_2$  presentaron valores intermedios, pero con tendencia a aumentar al avanzar en generación, debido posiblemente a la falta de selección con respecto a este carácter en las generaciones  $F_1$  y  $F_1 RC_1$ .

El análisis de varianza evidenció diferencias altamente significativas entre los genotipos. Entre el progenitor recurrente *C. moschata* introducción 034 y la generación  $F_1 RC_2$  existió diferencia altamente significativa para este carácter.

### 3.5.3. Longitud gufa principal

La influencia del gen Bu, sobre el crecimiento de la planta, se manifiesta en forma directa sobre la longitud de la gufa principal.

El progenitor *C. moschata* var. Piramoita presentó la menor longitud de la gufa (2.13 m), mientras que el progenitor *C. moschata* introducción 034, de hábito de crecimiento rastro, mostró la mayor longitud (13.58 m). Las generaciones  $F_1$ ,  $F_1 CR_1$  y  $F_1 RC_2$  presentaron valores intermedios en relación a los progenitores, pero con tendencia a aumentar al avanzar de generación. Este aumento se explica por la falta de selección con relación a la longitud de la gufa para la escogencia del padre de una generación a otra.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los genotipos. El progenitor recurrente *C. moschata* introducción 034, comparado con la generación  $F_1 RC_2$ , mostró diferencia altamente significativa en la longitud de la gufa principal, debido a la manifestación del gen Bu en forma heterocigota, en la generación  $F_1 RC_2$ .

### 3.5.4. Número de gufas

Este carácter es uno de los menos variables. El análisis de varianza mostró que algunos tratamientos difieren con un nivel de significancia del 5 o/o; aparecieron diferencias entre la intro-

ducción 034 y la generación  $F_1 RC_2$

### 3.2.5. Días a manifestación de la dominancia reversa

Esta variable mide el momento en el cual los materiales que poseen el gen Bu, en forma heterocigota, manifiestan la presencia de una gufa. Los resultados mostraron que, en general, la manifestación de la dominancia reversa del gen Bu en *C. moschata* ocurre en un estado temprano de desarrollo del cultivo (27 días).

### 3.2.6. Días a la floración masculina

El progenitor *C. moschata* var. Piramoita fue el más precoz (47.8) y el más tardío el progenitor *C. moschata* introducción 034 (54.6); las generaciones  $F_1$ ,  $F_1 RC_1$  y  $F_1 RC_2$  ocuparon lugar intermedio con respecto a los progenitores.

El progenitor recurrente 034 comparado con la generación  $F_1 RC_2$  no mostró diferencia significativa en el análisis de varianza, lo que implica que pese a presentarse una diferencia de 3 días, no ha ganado en precocidad de la floración masculina.

### 3.2.7. Días a la floración femenina

La mayor precocidad correspondió al progenitor *C. moschata* var. Piramoita (48.6), mientras que el progenitor *C. moschata* introducción 034 fue el más tardío (63.4). Las generaciones  $F_1$ ,  $F_1 CR_1$  y  $F_1 RC_2$  ocupan lugares intermedios, pero con tendencia a disminuir al avanzar en generación. Esta disminución fue producto de la selección por precocidad que se hizo en el momento de realizar los distintos retrocruzamientos.

Al comparar en el análisis de varianza al progenitor recurrente 034 con la generación  $F_1 RC_2$  se encontró diferencia altamente significativa, lo anterior refleja una ganancia genética en la precocidad de la floración femenina del genotipo  $F_1 RC_2$  con relación al progenitor 034.

Es importante anotar que el 50 o/o de las plantas del progenitor Piramoita presentaron floración revertida, es decir, aparecía primero la flor femenina, cuando normalmente en este género la que aparece primero es la flor masculina. Al realizar los retrocruzamientos esta característica no se tuvo en cuenta para la escogencia del padre y es así como en las generaciones  $F_1$ ,  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$  la reversión fue del 24, 42 y 52 o/o respectivamente.

### 3.2.8. Número de frutos

El progenitor Piramoita presentó el menor número de frutos por planta (3.7); el mayor número de frutos se observó en el progenitor 034 (6.4) y es una de sus características más importantes. Las generaciones  $F_1$ ,  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$  presentaron valores intermedios.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas. Al comparar el parental 034 con la generación  $F_1RC_1$  no se encontró diferencia significativa en el número de frutos, por lo que significa que en la generación  $F_1RC_2$  se recuperó una de las características importantes que aportó el padre recurrente.

### 3.2.9. Producción

Esta variable mostró un comportamiento similar al explicado en el caso anterior, es decir, en la generación  $F_1RC_2$  se recuperó en gran parte uno de los caracteres deseados de la madre, como es su alta producción, resultante posiblemente de la selección por prolificidad en el momento de realizar los retrocruzamientos y por la recuperación de un 87.5 o/o del progenitor recurrente.

### 3.2.10. Peso promedio del fruto.

El mayor peso promedio de frutos correspondió al progenitor 034 (4.24 kg) y el menor peso al progenitor Piramoita (1.15 kg).

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los materiales. El progenitor 034 comparado con la generación  $F_1RC_2$  presentó diferencia altamente significativa con

respecto al peso promedio de los frutos, lo que significa que en esta generación aún no se ha recuperado totalmente este carácter del progenitor recurrente.

### 3.2.11. Formato del fruto

Esta determinado por la relación entre el eje vertical y horizontal. El progenitor Piramoita presentó un formato alargado (botella), mientras que el progenitor 034 tuvo un formato redondo-achatado. En la generación  $F_1RC_2$  el formato fue redondo.

### 3.2.12. Efecto del gen Bu (Bush) sobre la producción.

Este efecto se midió comparando el número de frutos y la producción de las plantas heterocigotas y recesivas para el gen Bu dentro de las poblaciones  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$  y las plantas homocigotas y heterocigotas y recesivas dentro de la población  $F_2RC_1$  (Cuadro 3).

Cuadro 3

Valores promedios para las variables número de frutos y producción por planta en las diferentes expresiones de gen Bu en los genotipos  $F_1RC_1$ ,  $F_1RC_2$  y  $F_2RC_1$

Genotipo	Variable		
	No. de frutos/planta	Prod(kg)/plant	
$F_1RC_1$	Bubu	4.2	15.1
	bubu*	5.1	14.6
$F_1RC_2$	Bubu	6.2	20.7
	bubu*	6.1	17.9
$F_2RC_1$ **	BuBu	2.6	2.7
	Bubu	3.7	8.3
	bubu	4.2	1.2

\* 23 y 18 plantas observadas respectivamente

\*\* 17, 51 y 8 plantas observadas

El análisis de varianza para estas dos variables en las poblaciones  $F_1RC_1$  y  $F_1RC_2$  no mostró diferencias significativas entre las plantas con genotipo heterocigoto y recesivo, lo

que permite afirmar que en estas dos manifestaciones del gen Bush no se afectan la producción y el número de frutos.

En la población  $F_2 RC_1$  se encontraron diferencias significativas entre los genotipos dominante, heterocigoto y recesivo. Las diferencias en los promedios de estos genotipos, en esta población, indican un posible efecto por endocrfía que influyó drásticamente en la producción.

La segregación fenotípica del gen Bush en la población  $F_2 RC_2$  no fue 1:2:1 como se esperaba. Una posible explicación a este resultado sería la baja población  $F_2 RC_1$  que se sembró, debido a limitaciones en la disponibilidad de terreno.

#### 4. CONCLUSIONES

- 4.1. En el cruzamiento interespecífico entre *C. máxima* y *C. moschata* es posible la obtención de un porcentaje muy reducido de semilla viable.
- 4.2. El gen Bu (Bush) en su forma heterocigota permitió reducir en más del 50 o/o la longitud de la guía principal de la introducción 0.34 de *C. moschata*.
- 4.3. La manifestación de la dominancia reversa en la especie *C. moschata* se presentó en estado joven de desarrollo del cultivo.
- 4.4. El cambio en la floración (reversión), característico de las plantas producto de cruzamientos interespecíficos, es un carácter que se manifiesta en las generaciones siguientes.
- 4.5. El gen Bu (Bush) en su forma heterocigota no afectó la producción ni el número de frutos por planta.
- 4.6. La endocrfía en el zapallo parece tener efecto negativo sobre la producción.

#### 5. BIBLIOGRAFIA

1. ESQUINAS, J. T. and GULICK P. J. Genetic resources of Cucurbitaceae. Roma, IBPGR, 1983. 101 p.
2. JARAMILLO, J. Ahuyama o zapallo. In: INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Hortalizas. Bogotá, s.f. p. 381-393. (Manual de Asistencia Técnica).
3. KUABARA, M. et al. Aspectos genéticos, citogenéticos e contribucao para el melhoramento do genero Cucurbita. Piracicaba, Universidade de Sao Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1984. 66 p.
4. LEON, J. Fundamentos botánicos de los cultivos tropicales. Sn José, IICA, 1968. p. 422-430.
5. ROBINSON, R. W. et al. Genes of the cucurbitacea. Hort. Science (USA). v. 11. n. 6. p. 554-68. 1976.
6. WHITAKER, T. W. Cucurbita; handbook of genetics. New York, Plenum, 1974. v. 2. p. 135-142.
7. WHITAKER, T. W. and BEMIS, W. P. Origen and evolution of the cultivated Cucurbita. Bulletin of the Torrey Botanical Club (USA). v. 102. n. 166. p. 362-68. 1975.
8. VALLEJO, F. A. Genética de género Cucurbita. Piracicaba, Universidade de Sao Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1984. 47 p.