

Biología reproductiva de la uchuva

Sexual reproduction of the cape gooseberry

Tulio César Lagos B.,¹ Franco Alirio Vallejo Cabrera,² Hernando Criollo Escobar,³ Jaime Eduardo Muñoz Flórez.⁴

^{1 y 3} Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Nariño, AA 1175, Pasto, Nariño, Colombia. (tclagos3@yahoo.com)

^{2 y 4} Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. AA 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. (favallejoc@palmira.unal.edu.co; jemunozf@palmira.unal.edu.co)

REC.: 31-03-06

ACEPT.: 23-05-06

FORMA DEFINITIVA 28-04-08

RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron determinar la época de maduración del polen y del estigma y establecer el tipo de polinización de la uchuva en condiciones de invernadero con cinco genotipos de uchuva. La investigación se realizó en la Granja Botana de la Universidad de Nariño (2.820 msnm, 13°C, precipitación de 800 mm/año y humedad relativa de 82%). *P. peruviana* tomó 37 días para la apertura floral, la cual se efectuó entre las 7:00 a.m. y las 10:00 a.m. En el 85% de las flores la primera antera fue dehiscente al día siguiente de la apertura floral. Los granos de polen tuvieron 97% de viabilidad a los 35 días. El polen maduró antes de la antesis y el estigma fue receptivo antes de la apertura de la flor. Tanto el polen como el pistilo maduraron a los 35 días de desarrollo, dos días antes de la apertura floral; la receptividad del pistilo se presentó dos días antes de la antesis, fenómeno que restringe la autopolinización. En invernadero, la ausencia de vectores influyó en la polinización de *P. peruviana*. En flores emasculadas y sometidas a libre polinización se presentó baja formación de frutos y semillas, existió respuesta diferencial a la polinización dentro del invernadero entre las muestras evaluadas. *P. peruviana* presentó polinización mixta con 54% de polinización cruzada.

Palabras claves: *Physalis peruviana*; antesis; apertura floral; autopolinización; polinización cruzada.

ABSTRACT

The objectives of the study were to determine the time of pollen and stigma ripening and to establish the kind of pollination in *Physalis*. This research was conducted in the Botana Farm at the University of Nariño, Colombia (2820 m a s l, 13 ° C, pluvial precipitation of 800 mm / year and relative humidity of 82%). *P. peruviana* took 37 days to anthesis, which took place between 7:00 and 10:00 am. In 85% of the flowers the first anther dehiscent was the day after the opening of the flower. The pollen grains showed 97% of viability to 35 days. Pollen matured before anthesis and stigma was receptive before the opening of the flower. Both, pollen and the pistil matured to 35 days of development, two days before anthesis; receptivity of the pistil was filed two days prior to anthesis, a phenomenon that restricts the self. The absence of vectors influenced pollination of *P. peruviana*. In emasculate flowers and subjected to self-pollination is introduced low fruit and seed formation, there was a differential response in pollination among samples inside the greenhouse. *P. peruviana* showed mixed pollination with 54% of cross-pollination.

Keywords: *Physalis peruviana*; anthesis; self-pollination; cross-pollination.

INTRODUCCIÓN

Las flores de *Physalis peruviana* son pentámeras, hermafroditas, solitarias y pedunculadas, se ubican en las axilas de las ramas; la corola es glabra por dentro, con una línea de pelos por fuera y con bordes ciliados (Ibarra y Jurado, 1989; Fisher, 2000).

Según el tipo de polinización las especies vegetales se distribuyen entre la autogamia y la alogamia, las especies

de polinización intermedia se denominan a menudo alógamas o especies de reproducción mixta (Briggs y Knowles, 1967; Chávez, 1993; Poehlman y Sleper, 2003). Muchas especies tienen mecanismos que evitan o restringen la autopolinización, y la incompatibilidad y la androesterilidad son las más comunes. Existen muchas causas de incompatibilidad como la protoginia, la protandria y la heterostilia (Vallejo y Estrada, 2002).

En la uchuva prevalece la alogamia (Santana y Angarita, 1999; Fisher, 2000), pero son escasos los estudios relacionados con la fenología, fisiología y biología floral, los cuales son básicos en investigaciones de evolución, planificación de estrategias de conservación y en la escogencia de los métodos de mejoramiento genético. Las flores son fácilmente polinizadas por insectos y el viento, y se presenta también autopolinización (CRFG, 2003).

Con base en las consideraciones anteriores se emprendió el estudio para determinar la época de maduración del polen y el pistilo, y evaluar el grado de alogamia o autogamia en cinco genotipos de uchuva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, situada en el altiplano de Pasto a 2.820 msnm, 01°09'12" N y 77°18'31" W (Lagos *et al.*, 2001), con cinco genotipos de la colección de la Universidad de Nariño (Tabla 1) cultivados en condiciones de invernadero. Se utilizaron 10 plantas por genotipo, sembradas en materas de 10 kg. Las observaciones de apertura floral y antesis se realizaron entre las 07:00 y las 18:00 horas. Durante la evaluación se presentó una temperatura mensual mínima de 9,9°C y máxima de 16°C, humedad relativa de 84.22% (IDEAM, 2005).

Veinticuatro horas antes de la apertura se marcaron 20 botones florales y cada media hora se registraron los cambios en las diferentes partes de la flor hasta la caída de los pétalos. En la apertura de la flor se registró la hora de iniciación, duración entre el comienzo y la máxima apertura y la hora del cierre de los pétalos. Se evaluaron los días al cierre permanente de los pétalos, caída de los mismos, hora de la antesis, inicio de la antesis a partir de la apertura floral, fin de la antesis y el tiempo transcurrido entre la antesis de la primera y la última antera.

La maduración del grano de polen se monitoreó a los 20, 30, 35 y 40 días de desarrollo en botones florales de 2 mm de longitud; para medir la viabilidad polínica (VP) se utilizó la tinción con acetocarmín de 2 %.

Para evaluar la viabilidad del polen se marcaron 20 primordios florales por cada estado de maduración, se polinizaron artificialmente diez flores emasculadas, se protegieron con bolsas de glacyne durante cinco días y se observó el cuajado del fruto. Se seleccionaron los estados que presentaron valores de VP mayores al 87% (30, 35 y 40 días). A partir de los 30 días se recolectó polen de 30, 32, 35, 37 y 39 días de desarrollo, se hicieron polinizaciones artificiales en flores emasculadas y se las comparó con el testigo de polinización natural. Se evaluó el número de frutos formados y el número de semillas por fruto (NSF).

La receptividad de los pistilos a los 20, 30, 35 y 40 días se evaluó utilizando como indicador la formación de burbujas al adicionar una gota de peróxido de hidrógeno en los estigmas.

Para confirmar la receptividad del pistilo se marcaron 20 primordios florales para cada estado de maduración, se polinizaron artificialmente diez flores emasculadas y se protegieron con bolsas de glacyne. La fertilidad de los óvulos y la receptividad de los pistilos se estimó por el número de frutos y semillas por fruto (NSF).

En cada genotipo se evaluaron tres formas de polinización: autopolinización (AUTO, 50 botones florales), polinización natural o libre polinización (LP, 20 botones florales) y libre polinización de flores emasculadas (EMAS, 50 flores). En los frutos maduros se determinó el peso (PS) y número de semillas (NS) para estimar el porcentaje de polinización cruzada natural y autocompatibilidad. Con el fin de determinar la existencia de mecanismos que favorecen la autogamia se emascularon 20 botones antes de la apertura floral.

Tabla 1. Principales características de los cinco genotipos de la colección de la Universidad de Nariño de *P. peruviana* L. utilizados en el estudio.

Genotipos	Origen	Altura (m)	Rendimiento mensual (kg/p)	Diámetro ecuatorial (cm)	Sólidos solubles totales (°Bx)	Índice de selección
UN24	Municipio de Pasto	2.780	0.53	19.36	13.5	0.48
UN26	La Cocha (Laguna)	2.800	0.64	20.09	13.8	1.12
UN40	Ex provincia de Obando	2.669	0.58	20.05	13.6	0.80
UN48	Centro Región Andina	2.469	0.39	20.66	13.5	0.18
UN49	Centro Región Andina	2.755	0.59	25.64	14.2	1.89

La madurez del polen, receptividad del pistilo y los mecanismos de polinización se analizaron mediante el diseño completamente al azar, en donde cada estructura floral marcada se consideró como una repetición. Se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa para comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Morfología de las flores de *P. peruviana*

La Figura 1a muestra la estructura de una flor típica; la corola (Figura 1b) es gamopétala, generalmente rotácea con simetría radiada, regular o actinomorfa, amarilla y con manchas en la parte intermedia de los pétalos. El cáliz (Figura 1c) es gamosépalo, verde oscuro, con abundante pubescencia y venas moradas; durante los primeros 40 a 45 días del desarrollo es verde, pero con la maduración toma color dorado (Fisher, 2000). El ovario (Figura 1d) es súpero, amarillo verdoso a verde. El estilo es morado con estigma amarillo verdoso. Cuando la flor ha sido fecundada el estigma se torna café oscuro a medida que se desarrolla. Las anteras (Figuras 1e y 1f) son oblongas, biloculadas con dehiscencia lateral y los filamentos glabros y adnados a la base de la corola. La antera es verde oscura a morada, aunque en los primeros días es amarilla cremosa.

La unión del filamento con la antera es basifija. El pistilo es más largo que el androceo (Figura 1f), indicador de incompatibilidad heteromórfica conocida como heterostilia (Fehr, 1987; Borojevic, 1990).

Tabla 2. Tamaños de las diferentes partes de una flor de *P. peruviana*

	Longitud (mm)	Diámetro basal (mm)	Diámetro apical (mm)
Cáliz	12.3 ± 1.19	6.08 ± 0.54	15.6 ± 2.02
Corola abierta	14 ± 1.42	4.1 ± 0.49	20.3 ± 1.78
Mancha morada en pétalos	Largo: 4.2 ± 0.54 Ancho: 4.7 ± 0.6		
Anteras	Largo: 4.1 ± 0.32 Ancho: 2.4 ± 0.35		
Tecas (ancho)	1.5 ± 0.21		
Filamentos	5.6 ± 0.74	0.6 ± 0.08	
Ovario	2.5 ± 0.38	2.6 ± 0.38	
Estilo	7.9 ± 0.48	0.7 ± 0.13	
Estigma		1.1 ± 0.14	

En la Tabla 2 se reportan los tamaños para las partes de una flor de *P. peruviana*. En muy baja frecuencia se encontraron flores atípicas que presentaron más de un pistilo y flores con seis estambres. Esta variación obedece a fallas en la división celular y a la fusión de los carpelos (Stevenson y Mertens, 1986).

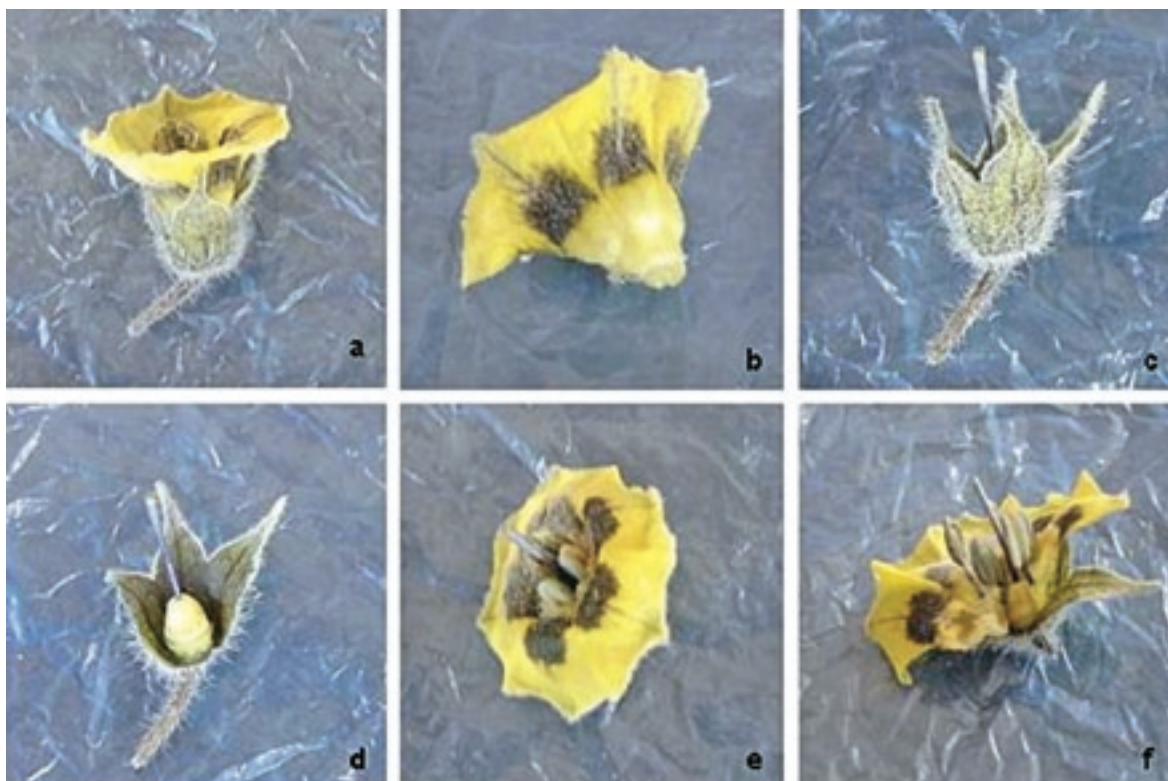


Figura 1. a, Flor de la uchuva *P. peruviana*; b, Corola; c, Cáliz; d, Pistilo con el ovario súpero; e y f, androceo y gineceo mostrando heterostilia.

Una flor presenta varios carpelos. Cada carpelo puede convertirse en un pistilo simple, de modo que la flor posee varios pistilos; sin embargo, casi siempre los carpelos se funden en diversos grados para formar un solo pistilo compuesto.

Inicio de apertura floral (IAF)

El 98% de las flores iniciaron apertura entre las 07:00 y las 10:00 horas, el 2% lo hizo al día siguiente en el mismo horario (Tabla 3). La duración de la apertura (DA) osciló entre 2.5 hasta 5 horas después del IAF, las flores que iniciaron su apertura a las 7:00 a.m. completaron el proceso entre 3 a 4.5 horas. La menor DA correspondiente a 2.5 horas se dio en las flores que tuvieron un IAF entre 9:30 y 10:00 a.m. y las que presentaron una DA de 5 horas fueron las que iniciaron la apertura a las 8:00 a.m. Esta DA puede estar influenciada por la temperatura, ya que las flores que presentaron DA menor están en un horario en que la temperatura fue superior a las de las primeras horas de la mañana.

Tabla 3. Horario y porcentaje de apertura floral en 20 flores de *P. peruviana*

Inicio de apertura floral (horas)	Apertura floral (%)
07:00 - 07:30	45
07:30 - 08:00	0
08:00 - 08:30	15
08:30 - 09:30	20
09:30 - 10:00	20
Día siguiente 07:00 -10:00	2

En el mismo día el cierre parcial de pétalos (CPP) se presentó entre las 16:00 y 18:00 horas mostrando en la parte apical una forma de estrella. El inicio del CPP se registró en 40% a las 16:00, el 10% a las 17:00 y un 40% a las 18:00 horas. Durante los cuatro a seis días siguientes los pétalos se abrieron en la mañana y se cerraron en la tarde. El cierre final de pétalos (CFP) ocurrió entre los cinco a siete días después de la apertura floral. El CFP fue del 55%, 25% y 20% a los cinco, seis y cuatro días, en su orden. Este comportamiento también se encontró en la India, donde el CFP se presentó entre los tres a cuatro días después de la apertura floral (Fischer, 2000). A los cinco (15%), seis (20%) y siete días (65%) después de la apertura floral los pétalos se desprenden. Con respecto al CFP, 45% de los pétalos cayeron al día siguiente y 55% a los dos días.

Antesis

La línea de ruptura para la liberación de los granos de polen se localizó a lo largo de la antera entre los dos

lúculos de cada teca. Esta apertura es de tipo longitudinal (Afah,1974). En el 56.87% de las flores evaluadas ocurrió la antesis entre las 10:00 y las 13:00 horas. Para las primeras horas de la mañana (8:00 a 9:00) se registró el 23.53% de flores en antesis. Después de las 14:00 horas se observó significativa disminución de la antesis, presentándose el menor porcentaje desde las 14:00 horas (11.76%).

Estos registros coinciden con lo descrito por Ordóñez y Ruano (2002), quienes encontraron que las flores liberan el polen con mayor facilidad entre las 12:00 y las 16:00 horas, periodo donde se registra la mayor temperatura del día. Mosquera (2002) encontró que en Botana la antesis se llevó a cabo entre las 9:00 y las 16:00 horas.

Las horas de inicio de la antesis desde el IAF presentaron variación alta, la menor en el rango de 2 a 5 horas con 15% en el primer día de apertura floral y el 85% ocurrió al día siguiente hasta los tres días después del IAF. El inicio de la antesis fue más frecuente entre los 22 y 29 días después de la apertura floral con 60%, temperaturas de 10.4°C y 17.4°C y ausencia de lluvias. Para los otros días de evaluación se registraron lloviznas con cambios en la temperatura, retardando la apertura en la primera antera en 72 horas después de la apertura floral, lo cual fue observado en el 5% de las flores evaluadas. Mosquera (2002) encontró en el primer día de antesis efectiva temperatura cercana a los 16 °C, y por debajo de los 15 °C se limitó.

El final de la antesis (FA) ocurrió al segundo día después de la apertura floral con 25%, y en mayor porcentaje al tercer día (55%) y 20% al cuarto día, cuando la dehiscencia llegó a la parte basal de la última antera. El tiempo transcurrido entre la antesis de la primera y la última antera fue de uno a tres días. El 75% de las anteras tomó dos días (46 a 51 horas), el 10% tardó un día (12 a 17 horas), el 10% día y medio (25 a 30 horas) y el 5% más de tres días (75 horas).

La diferencia marcada entre el inicio y el final de la antesis puede darse por la continua variación de los factores climáticos y por la restricción que pueden tener las flores a la autopolinización, pues éstas se hacen receptivas a los 33 días de desarrollo aún antes del IAF, y la dehiscencia de las anteras se presentó en 85% a partir de los 38 días de desarrollo, un día después de la apertura floral.

Maduración del polen y viabilidad polínica (VP) en *P. peruviana*

La VP se incrementó desde los 20 hasta los 35 días. Los granos de polen de anteras de 35 días (dos días

pre-antesis) y 40 días (tres días post-antesis) presentaron los mayores porcentajes de VP (Tabla 4). La edad de 20 días fue diferente estadísticamente de los demás tratamientos. Los resultados permiten enunciar que a partir de los 30 días se dispone de 87.56% de polen apto para la polinización y fecundación para programas de fitomejoramiento.

El número de semillas por fruto (NSF) (Tabla 4) se incrementó con la edad del polen. Los estados de desarrollo 35, 37, 39 días y el testigo no mostraron diferencias estadísticas entre ellos y fueron similares a las 207 – 267 semillas/fruto reportadas por Hejeile e Ibarra (2001), Ordóñez y Ruano (2002) en condiciones de Botana. El estado de 30 días presentó el más bajo valor, probablemente por la falta de maduración del polen.

Tabla 4. Viabilidad polínica (VP) y número de semillas por fruto (NSF) de *P. peruviana*, obtenidos de la polinización artificial con polen de diferente edad a partir del estado cero (botones de 3 mm de largo).

Edad polen (días)	Viabilidad polínica (%)	Edad polen (días)	Número de semillas por fruto
35	97.41 a	Testigo (Polinización natural).	240.80 a
40	95.64 a	39	240.00 a
30	87.56 b	37	212.71 a
20	14.11 c	35	191.25 a
		32	115.67 b
		30	4.33 c

Tratamientos con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

Pueden considerarse como maduros los granos de polen de 35 días, que corresponden a dos días antes de la antesis. En este estado los granos de polen se encuentran en una solución nutritiva de consistencia gelatinosa que a medida que transcurre la apertura floral se vuelve menos adherente y adquieren consistencia polvorienta en el momento de la antesis.

Con polinizaciones adecuadas, es decir, con granos de polen maduros que presentaron una VP superior al 95% se obtuvieron frutos con un diámetro ecuatorial de 15 a 20 mm, un eje polar de 14.5 a 19.3 mm y un NSF de 145 a 302. Esto sucede en otras solanáceas como tomate (*Solanum lycopersicum*), en donde el número de óvulos fecundados afectó el crecimiento del fruto (Mosquera, 2002).

Madurez del pistilo

Los pistilos de 20, 30, 35 y 40 días reaccionaron positivamente en 100% a la prueba del peróxido de hidrógeno, indicando probablemente que la receptividad

del ovario se presenta antes de la antesis y permite la polinización por otras flores.

Tabla 5. Comparación de medias para el número de semillas por fruto (NSF) de *P. peruviana* con polinizaciones de flores emasculadas en diferentes épocas.

Edad ovario (días)	Número de semillas por fruto
Testigo	241 a
35	206 ab
37	197 ab
33	156 b
30	53 c

Tratamientos con la misma letra no mostraron diferencias estadísticas.

El NSF se asoció con la edad del ovario hasta los 35 días. La prueba de comparación de medias (Tabla 5) para el NSF indicó que las polinizaciones de flores emasculadas a los 35 y 37 días y el testigo no presentaron diferencias significativas. El estado de 33 días mostró diferencias significativas con 30 días. Estos resultados permiten establecer que a partir de los 33 días el pistilo está receptivo y se puede polinizar.

La receptividad del pistilo se presenta dos días antes de la dehiscencia de las anteras y la apertura de la flor. A partir de los 33 hasta los 37 días se obtuvieron frutos con DEF de 12.7 a 20.1 mm, EP de 12.3 mm a 19.6 mm y NSF de 76 a 336.

La flor de *P. peruviana* restringe la autopolinización, ya que el pistilo se hace receptivo antes que los estambres entraran en antesis. Los estambres se abrieron después de la apertura floral en forma alterna y en 85% al día siguiente y permitieron que otro polen la fecunde.

Mecanismos de polinización

El mayor porcentaje de frutos formados ocurrió con la autofecundación (AUTO), seguido de libre polinización (LP) y de la libre polinización de flores previamente emasculadas (EMAS) (Tabla 6). En el caso

TABLA 6. Porcentaje de frutos formados en genotipos de *P. peruviana*, con diferentes formas de polinización en condiciones de invernadero.

Genotipo	Autopolinización	Libre polinización	Emasculación	Emasculación pre-apertura floral
UN24	96	26	15	0
UN26	68	8	10	0
UN40	66	18	20	0
UN48	92	26	10	0
UN49	64	26	0	0
Promedio	77.2	20.8	11	0

de emasculación antes de apertura floral (AA) no hubo formación de frutos que indicaran ausencia de mecanismos que aseguran la autogamia. Frankel y Galun (1977) mencionan la falta de vectores de polinización como insectos, la falta de movimiento de las ramas, flores y polen debido a la no presencia de lluvias y a la baja frecuencia de corrientes de aire como causas de la baja eficiencia de la polinización obtenida en invernadero en LP y EMAS.

En AUTO y LP se obtuvieron mayor porcentaje de frutos que en EMAS, que carece de anteras. En AUTO el estigma de una flor protegida estuvo rodeado por un ambiente con mayor cantidad de polen que en LP y EMAS, además el estigma quedó sometido al poco polen que le llegó del ambiente.

Los genotipos UN24 y UN48 fueron los más prolíficos; UN26 fue el de peor desempeño. Dentro de LP el máximo porcentaje de frutos obtenidos fue de 26 para los genotipos UN24, UN48 y UN49. En EMAS UN49 no formó frutos y el máximo porcentaje fue para UN40 (20%).

Es probable que este comportamiento diferencial obedezca a la interacción de mecanismos genéticos y el ambiente limitante para la polinización que ofrece el invernadero. Puede ser que en estas condiciones los genotipos de baja formación de fruto en AUTO, tales como UN26, UN40 y UN49 manifiesten fenómenos de autoincompatibilidad. Se estimó el porcentaje de polinización cruzada natural en 52.88%.

Según el número de semillas por fruto (NSF) el genotipo UN48 fue estadísticamente diferente del resto de genotipos. Los mejores fueron UN24 y UN48 y los peores UN49 y UN40 (Tabla 7). El análisis de varianza permitió establecer que la interacción genotipos por FP no fue significativa.

Tabla 7. Comparación de medias para el número de semillas por fruto (NSF) en genotipos de *P. peruviana*, con diferentes formas de polinización (FP) en invernadero.

Genotipo	N	Número de semillas por fruto
UN48	61	123.21 a
UN24	64	116.45 b
UN26	40	114.16 b
UN49	46	78.43 b
UN40	46	63.59 c
LP	52	126.74 a
AUTO	193	102.71 b
EMAS	12	68.05 bc

Medias con la misma letra no presentan diferencias estadísticas.

Las formas de polinización presentaron diferencias estadísticas. La LP (NSF=126.74) mostró diferencias estadísticas con las demás. Las razones expuestas en la formación de frutos en invernadero también son válidas para explicar el bajo NSF obtenido por el EMAS: La polinización cruzada natural estimada con base en la relación del NSF del EMAS y la LP fue de 53.69%. Con base en el alto promedio de número de frutos y semillas obtenidos en AUTO también se puede concluir que no existieron fenómenos de autoincompatibilidad genética.

Por las evidencias registradas se puede considerar a *P. peruviana* como una especie de polinización mixta, que se debe a fallas en el reemplazo de la exogamia por un mecanismo definido de autogamia (Frankel y Galun, 1977). El fenómeno se presenta en aquellas especies que han evolucionado de la alogamia hacia la autogamia.

CONCLUSIONES

En el cultivar regional de *P. peruviana* la apertura de las flores ocurrió a los 37 días (primordios de tres milímetros) y se llevó a cabo entre las 07:00 y las 10:30 horas. La apertura floral duró entre 5 a 7 días. La antesis se llevó a cabo el día siguiente de la apertura floral y duró tres días.

Los granos de polen alcanzaron la madurez dos días antes de la antesis, la receptividad estigmática también se presentó a los 35 días de desarrollo.

La receptividad del pistilo se presentó aproximadamente dos días antes de la dehiscencia de las anteras y la apertura de la flor. Los estambres se abrieron en forma alterna.

En *P. peruviana* la polinización cruzada natural fue del 53% y 54% en condiciones de invernadero.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad de Nariño por los recursos aportados para la financiación de la investigación doctoral de T. C. Lagos B., de la cual se derivó este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Afah, N. 1974. Plant anatomy. 2nd ed. New York: Pergamon Press. p. 425-500.
2. Borojevic, S. 1990. Principles and methods of plant breeding. Amsterdam: Elsevier. 368p.
3. Briggs, F.N.; Knowles, P.F. 1967. Introduction to plant breeding. New York: Reinhold Publishing. 426p.
4. Chávez, J. L. 1993. Mejoramiento de plantas 2a ed. México: Trillas - Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 163p.
5. CRFG. California Rare Fruit Growers. 2003. Cape gooseberry: *Physalis peruviana* L. <http://www.ctfg.org/pubs/ff/cape-gooseberrv.html>. 10/09/2003.

6. Fehr, W. 1987. Principles of cultivar development: theory and technique. New York: Iowa University-Macmillan. Vol 1 536p.
7. Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. En: Flórez, V. J., Fisher, G. y Sora Ángel, D. (Eds). Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Asociación Hortifrutícola de Colombia. 175p.
8. Frankel, R.; Galun, E. 1977. Pollination mechanism, reproduction and plant breeding. Berlin: Springer-Verlag. 281p.
9. Hejeile, H.; Ibarra, A. 2001. Colección y caracterización de recursos genéticos de uvilla (*Physalis peruviana* L.) en algunos municipios del sur del departamento de Nariño. Trabajo de Grado (Ing Agr). Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 123p.
10. Ibarra, V.; Jurado, H. 1989. Evaluación de diferentes distancias de siembra en el cultivo de la uvilla (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de Grado (Ing Agr). Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 79 p.
11. IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2005. Datos meteorológicos. Pasto, Estación Meteorológica Botana.
12. Lagos, T. C.; Criollo, H.; Mosquera, C. 2001. Evaluación preliminar de cultivares de uvilla o uchuva (*Physalis peruviana* L.) para escoger materiales con base en la calidad del fruto. *Rev. Ciencias Agríc* (Colombia). 18(2): 82-94.
13. Mosquera, C. 2002. Polinización entomófila de la uvilla (*Physalis peruviana* L.). *Rev Ciencias Agríc*. 19(1/2):140-1 56.
14. Ordóñez, M.; Ruano, L. 2002. Evaluación de diferentes horarios de polinización artificial en uvilla (*Physalis peruviana* L.) bajo condiciones de campo de la granja de Botana. Trabajo de Grado (Ing. Agr.). Pasto: Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas. 85p.
15. Poehlman, J.M.; Sleper, D.A. 2003. Mejoramiento genético de las cosechas. 2. ed. Trad. M. Guzmán y M. A. Hernández. México: Limusa, 511p.
16. Santana, G.; Angarita, A. 1999. Regeneración adventicia de somaclones de uchuva. <http://www.agronomia.unal.edu.co/biblioteca/public/revista/artic/Fuchuv.htm>
17. Stevenson, F.; Mertens, T. 1986. Anatomía vegetal. México: Limusa. 169-182 pp.
18. Vallejo, F. A.; Estrada E. I. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 401p.

Fenología de la floración en tomate cultivado y especies silvestres relacionadas

Flowering phenology in cultivated tomato and related wild species

Edwin Fernando Restrepo Salazar,¹ Franco Alirio Vallejo Cabrera,² Mario Lobo Arias³

¹ y ² Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. AA 237. Palmira, Valle del Cauca, Colombia. (Autor para correspondencia: eferesal21@yahoo.com ; favallejoc@palmira.unal.edu.co)

³ Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. CORPOICA La Selva, Antioquia, Colombia.

REC.: 30-10-07

ACEPT.: 17-12-07

FORMA DEFINITIVA: 26-04-08

RESUMEN

En un diseño experimental de bloques completos al azar se comparó la fenología de la floración de doce accesiones silvestres de *Solanum* sección *Lycopersicum* con la del tomate cultivado tipo “chonto”. Los tratamientos se repitieron tres veces. Se evaluó la aparición de las 12 primeras inflorescencias y el tipo de inflorescencia. Las fenologías de las accesiones de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* (PI 134417, PI134418 y PI126449), las accesiones LA1624, LA2092 de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* y la accesión LA 444-1 de *S. peruvianum* coincidieron con la del tomate “chonto”. No se presentaron diferencias significativas en la variable días a inicio de floración entre las accesiones de la variedad *glabratum* y el tomate cultivado. Las accesiones de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* y el tomate cultivado presentaron inflorescencias simples; mientras que las accesiones de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* y de la especie *S. peruvianum* presentaron inflorescencias bifurcadas.

Palabras claves: *Solanum lycopersicum*; *S. habrochaites*; *S. peruvianum*; tipo de inflorescencia.

ABSTRACT

The flowering phenology of twelve wild accessions of *Solanum* section *Lycopersicum* were compared with those of the cultivated tomato type of “chonto” by using the randomized complete block design. The treatments were repeated three times. The appearance initiate of the first twelve inflorescences and kind of inflorescence were evaluated. The phenologies of the accessions of the *glabratum* variety from *S. habrochaites* (PI 134417, PI134418 y PI126449), LA1624 y LA2092 of the *typicum* variety from *S. habrochaites* and LA 444-1 from *S. peruvianum* coincided with those of the “chonto” tomato. There were no significant differences between the *glabratum* variety accessions and cultivated tomato in the starting days of flowering variable. The accessions of the *glabratum* variety from *S. habrochaites* and the cultivated tomato presented simple inflorescences; while the accessions of the *typicum* variety from *S. habrochaites* and *S. peruvianum* specie showed compound inflorescences.

Key words: *Solanum lycopersicum*; *S. habrochaites*; *S. peruvianum*; kind of inflorescence.

INTRODUCCIÓN

Las plantas de tomate cultivado, *Solanum lycopersicum*, comienzan la floración 45 días después de la emergencia y producen flores perfectas y agrupadas en inflorescencias de tipo racemoso que pueden ser simples, bifurcadas o ramificadas. El número de flores por inflorescencia es muy variable, en algunos casos excepcionales con más de 300 (Nuez, 1995).

El efecto varietal es uno de los factores que inciden en la floración del tomate y especies silvestres relacionadas. Vargas *et al.* (1983) encontraron variación en el tiempo requerido para inicio de la floración al evaluar la colección de *Solanum* sección *Lycopersicum* de la

Universidad Nacional de Colombia sede Palmira: dos introducciones de *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* fueron las más precoces (41 días después de la emergencia) y la más tardía (79 días) fue una introducción de *S. habrochaites*.

En los programas de mejoramiento que buscan resistencia a insectos plagas, especialmente a aquellos que causan daño a inflorescencias y frutos, es muy importante el conocimiento de la fenología de la floración del germoplasma a evaluar (Dahms, 1972); pues de esta manera se evita que no coincidan las fenologías de planta e insecto, es decir, que se identifique una falsa resistencia o seudoresistencia (Maxwell y Jennings, 1984).

El objetivo de la investigación fue comparar la fenología floral de accesiones silvestres de *Solanum* sección *Lycopersicum* y del tomate cultivado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el Centro Experimental de la Universidad Nacional sede Palmira, localizado en el corregimiento El Carmelo, municipio de Candelaria, departamento del Valle (3° 24' norte y 76° 26' oeste; 980 m.s.n.m., 24°C, 69% de humedad relativa y 1.009 mm de precipitación promedio anual). Se evaluaron 12 accesiones de las especies silvestres *S. habrochaites* (10) y *S. peruvianum* (2) y una de tomate tipo "chonto" (*S. lycopersicum* cv. Maravilla). Las accesiones fueron cedidas por la Red de Recursos Genéticos y Biotecnología de Embrapa (Brasil), por el Centro de Recursos Genéticos de tomate de la Universidad de California (USA), por Corpoica La Selva (Colombia) y por el Grupo de Investigación de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con trece tratamientos y tres repeticiones; cada parcela experimental quedó conformada por siete plantas y la útil por las cinco planta centrales. Para disminuir el efecto de bordes en cada uno de los lados de los bloques, se sembró un surco adicional con plántulas del cultivar Maravilla. La distancia entre plantas fue de 0.6 m, entre surcos de 1.2 m y entre bloques

de 2.0 m. Se realizó el manejo agrícola convencional en cultivos comerciales.

Se evaluó la aparición de 12 inflorescencias en cada planta y se definió el tipo de inflorescencia. Se elaboraron gráficas comparativas con el fin de identificar si las fenologías de las accesiones silvestres eran coincidentes con la fenología del tomate cultivado. Se utilizó la prueba de comparación de medias de tratamientos DMS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las fenologías de las accesiones 1, 2 y 6 de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* (PI 134417, PI134418 y PI126449) coincidieron con la del tomate cultivado (Figura 1). No se presentaron diferencias significativas entre estos materiales en la variable días a inicio de floración (Tabla 1). Por consiguiente, cuando se requiera evaluar la resistencia a plagas o enfermedades, especialmente a aquellas que afectan las flores o los frutos, esas accesiones se deben sembrar simultáneamente con el tomate cultivado tipo "chonto".

Las fenologías de la mayoría de las primeras 12 inflorescencias seleccionadas en las accesiones 9 y 10 de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* (LA1624 y LA2092) y 12 de *S. peruvianum* (LA444-1) coincidieron con la del tomate "chonto" (Figuras 2 y 4); sin embargo, las plantas de tomate iniciaron la floración algunas semanas antes. De acuerdo con lo anterior, para

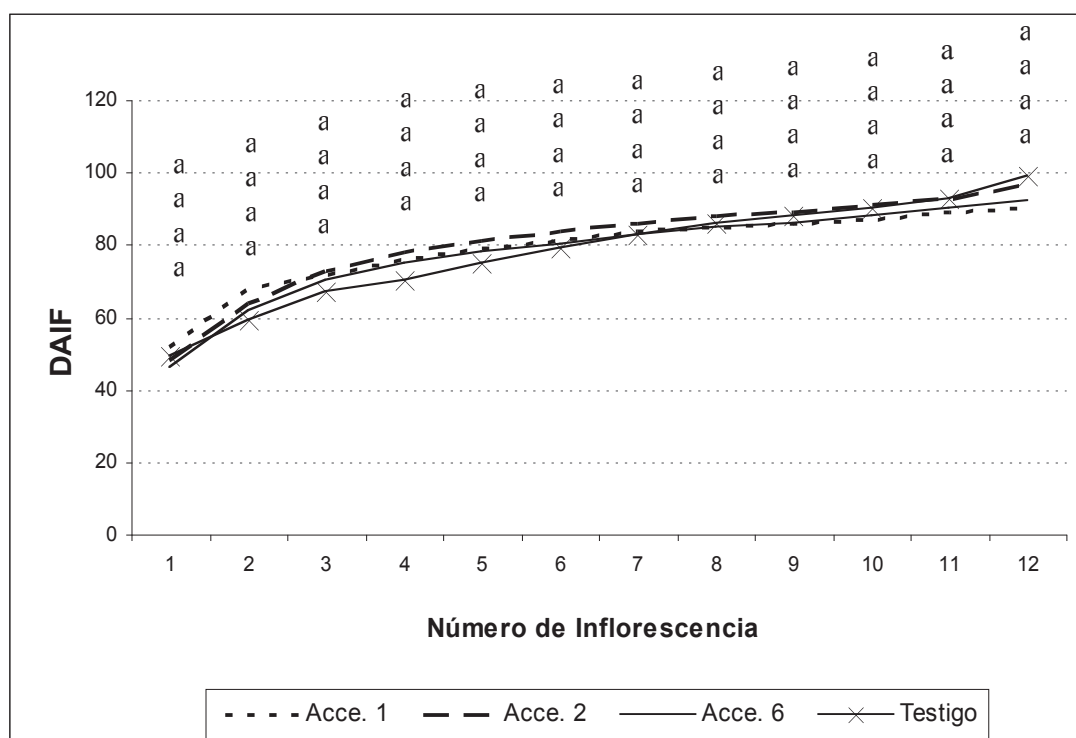


Figura 1. Días a la aparición de las primeras 12 inflorescencias (DAIF) en las accesiones 1, 2 y 6 de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* y en tomate cultivado tipo "chonto".

Tabla 1. Tipo de inflorescencia, días a inicio de floración y días previos de siembra de accesiones silvestres de *Solanum habrochaites* y *S. peruvianum*, para que coincidan con el inicio de la floración del tomate cultivado tipo “chonto” (DPS).

Número de accesión	Código de accesión	Especie	Días inicio de floración	DPS	Tipo de inflorescencia
1	PI 134417	<i>S. habrochaites</i> var. <i>glabratum</i>	52 a	-----	Simple
2	PI 134418	<i>S. habrochaites</i> var. <i>glabratum</i>	48 a	-----	Simple
3	PI 127826	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	82 b	35	Bifurcada
4	PI 127827	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	64 b	17	Bifurcada
6	PI 126449	<i>S. habrochaites</i> var. <i>glabratum</i>	46 a	-----	Simple
9	LA 1624	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	61 b	14	Bifurcada
10	LA 2092	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	58 b	11	Bifurcada
11	LA 1362	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	74 b	27	Bifurcada
12	LA 444-1	<i>S. peruvianum</i>	69 b	22	Bifurcada
13	LA 0444	<i>S. peruvianum</i>	76 b	29	Bifurcada
14	PI 251305	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	76 b	29	Bifurcada
15	-----	<i>S. lycopersicum</i> (tomate)	47 a	-----	Simple
19	LA 1223	<i>S. habrochaites</i> var. <i>typicum</i>	58 b	11	Bifurcada

Medias dentro de la columna seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo con la prueba DMS (P< 0.01).

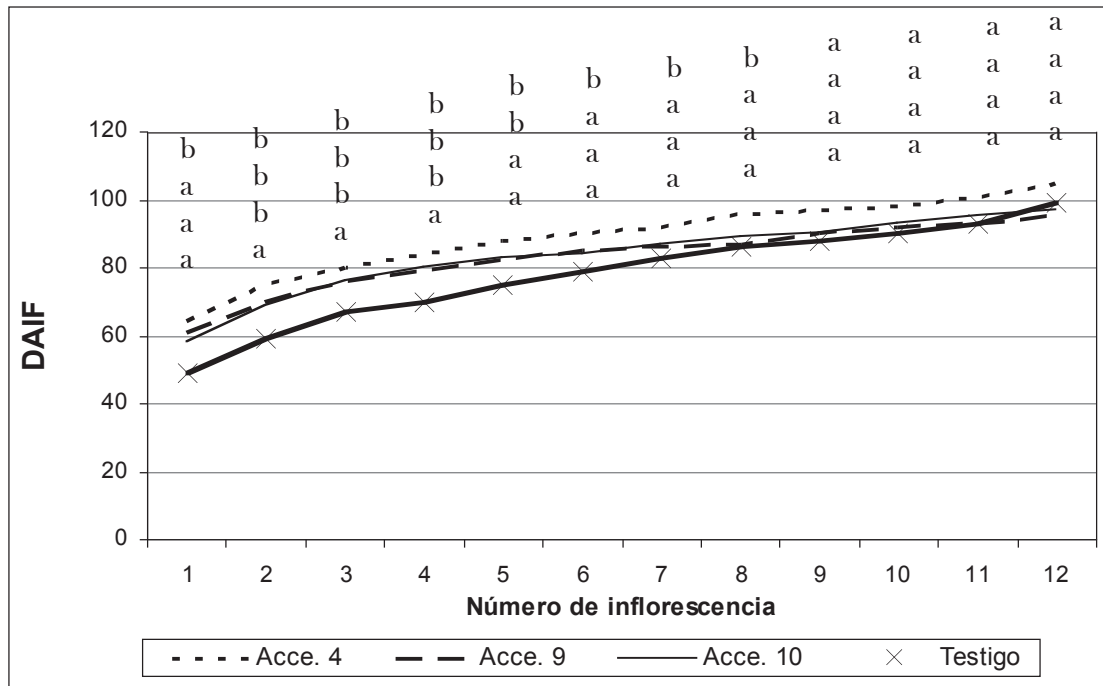


Figura 2. Días a la aparición de las primeras 12 inflorescencias (DAIF) en las accesiones 4, 9 y 10 de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* y en tomate cultivado tipo “chonto”.

evaluar el potencial de resistencia a factores bióticos en dichas accesiones, especialmente a aquellas que atacan las estructuras reproductivas, es recomendable sembrar las dos accesiones de *S. habrochaites* y la accesión de *S. peruvianum*, 2 y 3 semanas antes de las plantas de tomate, respectivamente (Tabla 1). Vargas *et al.* (1983) habían reportado en una accesión de *S. habrochaites* un tiempo entre emergencia e inicio de floración de 79 días

y en dos accesiones de *S. peruvianum* (de crecimiento indeterminado) de 52 y 55 días, respectivamente.

Las fenologías de las accesiones 3, 4, 11, 14 y 19 de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* (PI 127826, PI127827, LA1362, PI 251305 y LA1223), y 13 de *S. peruvianum* (LA 0444) no coincidieron con la fenología del tomate cultivado (Figuras 2, 3 y 4). Para evaluar la resistencia a factores bióticos en estas

accesiones se debe tener en cuenta el tiempo en que inician la etapa de floración, y así, determinar el momento oportuno para la siembra. Este momento será definido de acuerdo con el inicio de floración de las plantas de tomate tipo “chonto” (Tabla 1).

Las tres accesiones de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* (PI 134417, PI134418 y PI126449) y el tomate cultivado presentaron inflorescencia simple;

mientras que todas las accesiones de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* y de la especie *S. peruvianum* presentaron inflorescencia bifurcada (Tabla 1). Osorio, Sierra y Vallejo (1993) habían reportado inflorescencias simples en dos accesiones de *S. habrochaites* y dos introducciones de las variedades de tomate tipo “chonto” Santa Clara y Angela Gigante.

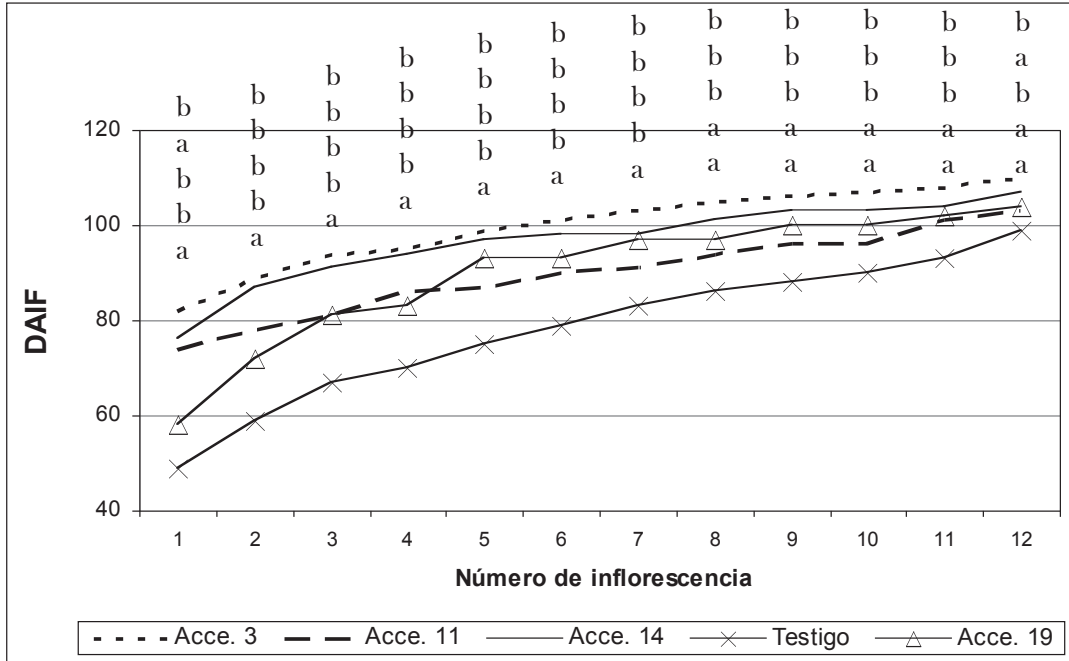


Figura 3. Días a la aparición de las primeras 12 inflorescencias (DAIF) en las accesiones 3, 11, 14 y 19 de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* y en tomate cultivado tipo “chonto”.

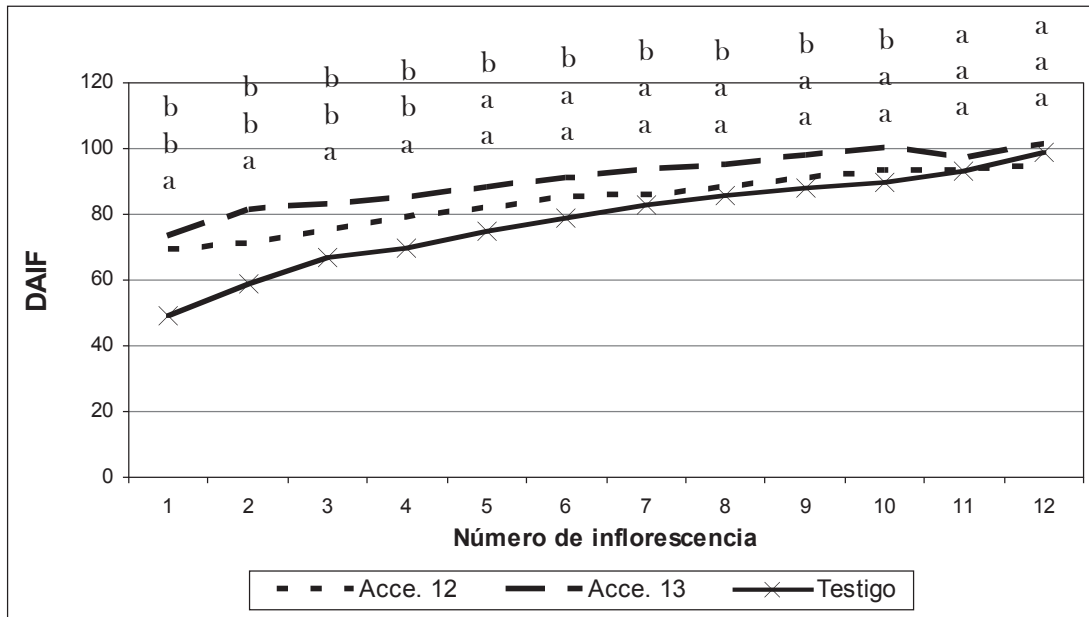


Figura 4. Días a la aparición de las primeras 12 inflorescencias (DAIF) en las accesiones 12 y 13 de la especie *S. peruvianum* y en tomate cultivado tipo “chonto”.

CONCLUSIONES

Las fenologías de las accesiones de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* (PI 134417, PII134418 y PII126449), LA1624 y LA2092 de la variedad *typicum* de *S. habrochaites*, y LA 444-1 de *S. peruvianum* coincidieron con la fenología del tomate cultivado tipo “chonto”.

Las accesiones de la variedad *glabratum* de *S. habrochaites* y el tomate cultivado presentaron inflorescencia simple. Las accesiones de la variedad *typicum* de *S. habrochaites* y de *S. peruvianum* presentaron inflorescencia bifurcada.

AGRADECIMIENTOS

El artículo se derivó de la tesis doctoral de E. F. Restrepo S. adelantada con recursos del Programa de Investigación, Mejoramiento Genético, Agronomía y Producción de Semillas de Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, con apoyo de Colciencias y Corpoica La Selva.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dahms, R. G. 1972. Techniques in the evaluation and development of host plant resistance. *J Environ Quality* 1: 254-259.
2. Maxwell, G. F.; Jennings, R. P. 1984. Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. México: Limusa. 696 p.
3. Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate. Madrid: Mundi-Prensa. 793 p.
4. Osorio, E. R.; Sierra, T. A.; Vallejo, F. A. 1993. Caracterización y evaluación de 125 introducciones del género *Lycopersicon*. Trabajo de grado (Ing. Agr.). Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 143 p.
5. Vallejo, F. A.; Estrada, E. I. 2004. Producción de hortalizas de clima cálido. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 346 p.
6. Vargas, J. A., Pava, J. H.; Arango, P. A.; Vallejo, F. A. 1983. Caracterización morfoagronómica de especies y variedades botánicas del género *Lycopersicon*. Trabajo de grado (Ing. Agr.). Palmira: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 138 p.

Establecimiento de una colección de trabajo de uchuva del suroccidente colombiano

Establishing of a Cape gooseberry working collection collected in the colombian southwest zone

Martha Liliana Bonilla Betancourt, Katherine Espinosa Piedrahíta, Andrés Mauricio Posso Terranova, Herney Darío Vásquez Amariles, Jaime Eduardo Muñoz Flórez

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237, Palmira, Valle del Cauca. (Autor para correspondencia: jemunozf@palmira.unal.edu.co; ampossot@palmira.unal.edu.co; hdvasqueza@palmira.unal.edu.co)

REC.: 14-05-07

ACCEPT.: 15-04-08

RESUMEN

Physalis peruviana L. es una especie frutícola promisorio para la zona andina colombiana; sin embargo, no ha sido un recurso genético prioritario de conservación. En el estudio se estableció una colección de trabajo registrada en una base de datos computarizada de 222 accesiones recolectadas en los departamentos de Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Quindío y Cundinamarca que representan la variabilidad existente de cultivariedades nativas y espontáneas. Las semillas del material recolectado se encuentran en el cuarto frío del Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. Esta colección contribuye a la conservación y al estudio de la diversidad de esta especie y a la disponibilidad de una base genética para futuros programas de selección y mejoramiento genético.

Palabras claves: *Physalis peruviana*; *Solanaceae*; diversidad genética; Banco de germoplasma.

ABSTRACT

Physalis peruviana L. is a promissory fruit specie for the Andean Colombian zone, however, it has not been a priority genetic resource for conservation. In this study a working collection of 222 accessions collected in the states of Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Quindío and Cundinamarca of Colombia was established and registered in a computational data base. It represent the variability present of native and spontaneous varieties. Seeds of the collected materials are available in cold room in the Experimental Centre of The National University of Colombia campus Palmira. This collection contributes to the conservation and genetic diversity studies in this specie, besides for implementing selection and breeding programs.

Keys words: *Physalis peruviana* ; *Solanaceae*; genetic diversity; germplasm bank.

INTRODUCCIÓN

El género *Physalis* incluye aproximadamente cien especies que se caracterizan porque sus frutos están encerrados dentro de un cáliz. *Physalis peruviana* L. es la especie más conocida, es originaria de los Andes suramericanos y crece como planta silvestre y semisilvestre en las zonas de 1.500 a 3.000 m.s.n.m., otras especies que se han cultivado por los frutos son *P. pruinosa* y *P. ixocarpa*. (Fischer *et al.*, 2005).

Como muchas de las especies cultivadas han estado representadas por un reducido número de plantas, la diversidad genética es limitada; sin embargo, la región andina es una zona biogeográfica que corresponde a un

área de diversidad primaria de la fruta, lo cual constituye una riqueza genética con posibilidades agroindustriales y fuente importante de desarrollo económico sostenible para el país. (Fischer *et al.*, 2005).

La base del mejoramiento genético de un cultivo es la diversidad genética. De allí la importancia de mantener una colección representativa de la diversidad disponible dentro de la especie. Según el inventario de Recursos Genéticos del Género *Physalis* en América Latina y el Caribe (IPGRI, 2000), 11 instituciones reunían 35 entradas de *P. ixocarpa*; 75 de *P. peruviana* y 379 de *Physalis* spp. Diez de los bancos de germoplasma de *Physalis peruviana* L. reportaron 486 accesiones; los

3 situados en la zona andina conservan 74 accesiones (Colombia: 39, Ecuador: 23, Perú: 12), y Corpoica C.I. La Selva (Colombia) es la de mayores introducciones reportadas. La mayor colección por fuera del centro de origen se encuentra en la Universidad de Nijmegen, Holanda (16 accesiones).

En Colombia existe una colección de 98 accesiones en los bancos de germoplasma de Corpoica en los centros de investigación La Selva, en Rionegro (Antioquia), y Tibaitatá, en Mosquera (Cundinamarca); otras colecciones más pequeñas se encuentran en la Universidad de Nariño y otras instituciones de investigación y de educación. Sin embargo, la documentación de estas colecciones es escasa, reduciendo su potencial para contribuir en programas de selección y mejoramiento (Fischer *et al.*, 2005). El objetivo de este estudio fue establecer una colección de trabajo de uchuva para posteriores estudios de diversidad y disponibilidad de una base genética para programas de selección y mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recolección se hizo entre noviembre de 2001 y octubre de 2002, en sitios localizados entre los 1.800-3.200 msnm y abarcó los departamentos del Valle del Cauca, Cauca, Caldas y Nariño. Para cada muestra se registraron los datos en el formato de colecta de pasaporte establecido por el IPGRI. Los datos de altura sobre el nivel del mar, latitud y longitud se tomaron con un geoposicionador GPS II plus Garmin Corporation® 1998.

Las zonas en las cuales se realizó la recolecta se definieron teniendo en cuenta los sitios de distribución de la especie. La recolección del material vegetal se basó en el conocimiento de la taxonomía y sus características morfológicas. Los materiales procedentes de Cundinamarca y Quindío se obtuvieron por donación. También se obtuvieron 50 materiales por intercambio con la Universidad de Nariño (Lagos *et al.*, 2003).

Los criterios de muestreo para la recolecta fueron:

- Estado de la planta muestreada: Se tuvieron en cuenta las condiciones físicas y sanitarias de las plantas para la obtención de esquejes y frutos.
- Número de frutos o esquejes por planta: El material de recolección fue principalmente frutos, y el número varió de 5-10 frutos por planta; cuando no se encontraban frutos, el material recolectado fueron esquejes (5-10 esquejes).
- Número de plantas por sitio: Cuando las plantas no

presentaban diferencias morfológicas se recolectaban 5 plantas por sitio en un transecto de más de 200 m; cuando se presentaban diferencias morfológicas entre plantas cercanas (<200 m) se recolectaban como otra accesión.

Con la información obtenida se desarrolló una base de datos computarizada y se utilizó el programa Arcview versión 3.1® que permite el acceso a la información de cada uno de los materiales recolectados y la actualización de la base de datos con información reciente. La base de datos se encuentra disponible en la biblioteca de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (Bonilla y Espinosa, 2003).

Para determinar el contenido de humedad apropiado para el almacenamiento de la semilla con alto porcentaje de germinación, se realizó una curva de secado utilizando el método de la estufa y sílica gel. Para el ensayo se extrajeron 50 g de semilla de frutos recién cosechados y se secaron durante 24 horas a temperatura ambiente. Las semillas se colocaron en sílica gel en proporción 3:1(P/P). Durante 5 días de ensayo se tomaron 3 repeticiones de 1 g y se colocaron a la estufa a 130°C durante una hora, al cabo de la cual se procedió a pesar nuevamente la semilla. Utilizando la fórmula (PH-PS / PH) PH donde PH es el peso húmedo y PS es el peso seco se determinó el contenido de humedad de la semilla por día, paralelamente se realizaron ensayos de germinación.

La recolección se almacenó en el cuarto frío del Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (CEUNP) ubicado en la finca Los Arreboles, corregimiento El Carmelo, municipio de Candelaria, departamento del Valle del Cauca, Colombia, a 930 msnm, 24°C, humedad relativa del 75% y precipitación promedio anual de 1.056 mm. Las condiciones del cuarto frío fueron 12-15°C y humedad relativa de 30-40%. Los materiales se identificaron en el herbario "José Cuatrecasas Arumi" de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Recolección

La recolección de trabajo de uchuva constó de 222 introducciones incluyendo algunas especies relacionadas (Tabla 1), 112 recolectadas, 49 intercambiados con la Universidad de Nariño y 61 donadas por personal conocedor de la especie. El 65.77% de los materiales son silvestres, 16.67% cultivados y 17.56% en estado de malezas.

Tabla 1. Acciones de la colección de trabajo de uchuva de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

Departamento	Municipio	Localización		N ^a de acciones	N ^a de acces. total/ Dpto	Altura msnm	Estado				
		Latitud	Longitud								
Cundinamarca	Suba			3	14	2000-2300	cultivada				
	Granada			4							
	Silvana			7							
	Ginebra	3°47'45,9"	76°09'09,4"	64							
	Cali	03°26'14"	76°31'21"	20							
Valle del Cauca	Palmira	03°32'22"	76°18'13"	6	103	1000-3000	Silvestre Maleza				
	Felidia	03°25'.722"	76°26.097"	6							
	Versalles	4°35'43"	76°12'23"	1							
	Tuluá	04°02'35.4"	76°8'55"	5							
	La Cumbre	03°39'19.5"	77°25'56.8"	1							
	Yacuanquer	01°07'07.5"	77°24'07"	3							
	Imués	01°04'30.7"	77°28'16.8"	1							
	Pasto	01°09'15.2"	77°12'09.2"	48							
	Pupiales	00°49'51.6"	77°36'38.3"	1							
	Guaitarilla	01°07'36.7"	77°32'24"	1							
	Nariño	Túquerres	01°05'33.3"	77°35'41.7"				1	78	2163-3290	Silvestre cultivada Maleza
Aldana		00°52'28"	77°42'03.7"	2							
Ipiales		00°52'58.2"	77°33'44.4"	13							
Guachucal		0°49'829"	77°40'378"	3							
La Cocha		01°09'642"	77°10'082"	2							
Cuaspué		0°53'786"	77°43'510"	1							
Potosí		00°48'56.4"	77°34'19.6"	1							
Tangua		01°05'52.4"	77°24'01.5"	1							
Caldas		Chinchiná	04°59'33"	75°34'34"	1	11	1320-2080	Silvestre cultivada			
		Colivares	5°42'05"	75°25'50"	1						
	Manizales	5°4'22"	75°30'22"	8							
	Pácora	05°31'47"	75°27'44"	1							
	Silvia	02°25'30"	76°32'45"	3							
	Cajibío	02°37'32"	76°37'34"	1							
	Pitayó	02°38'6.49"	77°38'55"	1							
	Páez	02°39'17"	75°59'34"	2							
Cauca	Piendamó	02°38'35"	76°59'21"	1	13	1071-2500	Silvestre cultivada				
	Morales	08°16'48"	73°52'19"	1							
	Santander de Quilichao	3°00'38"	76°29'12"	1							
	Tambo	3°38'55"	77°11'21"	1							
	Puracé	02°20'53"	76°30'03"	1							
	Timbío			1							
Quindío	Armenia	04°20'17"	75°42'27"	2	2	1800	Silvestre				

Conservación del germoplasma

La curva de secado para las semillas de uchuva (Figura 1) mostró un comportamiento potencial negativo, explicado por el modelo $CH=9.67X^{0.99}$, $R^2=93.7\%$, en el cual hay una rápida disminución del contenido de humedad en el primer día.

El contenido de humedad (CH) de la semilla recién extraída fue de 44%, dos días después de secada al ambiente disminuyó a 11.23%. En el primer día del tratamiento de secado hubo disminución elevada del contenido de humedad (de 11.23% a 4.07%), lo cual puede explicarse por la alta superficie de exposición de las semillas debido al tamaño pequeño. A partir del segundo día el contenido de humedad disminuyó cada

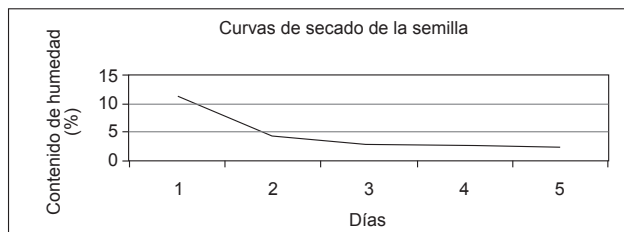


Figura. 1. Curva de secado para las semillas de uchuva.

vez menos y se estabilizó entre el cuarto y el quinto día (2.53% a 2.3%).

De acuerdo con los resultados las semillas se conservaron inicialmente con un contenido de humedad de aproximadamente 11% y germinación del 60% a los 7 días. En la prueba de germinación después de un período

Tabla 2. Contenido de humedad y porcentaje de germinación de semillas de uchuva.

Contenido de humedad (%)	Germinación (%)
11.23	60
4.07	0
2.77	0
2.53	0
2.30	0
*9.57	98

* Semillas almacenadas de las introducciones

de almacenamiento, con un contenido de humedad de 9.57% se obtuvo 98% (Tabla 2; Figura 3).

A medida que aumentó el tiempo de almacenamiento se aceleró el proceso de germinación, posiblemente por disminución de la latencia con la temperatura y el tiempo de almacenamiento (Jaramillo y Montoya, 1980).

Identificación botánica de los materiales

Las introducciones UNPU075, UNPU076 y UNPU077 presentaron características morfológicas correspondientes a la especie *P. angulata*: tallo glabro o inconspicuamente pubescente, pelos diminutos, hojas

ovadas a ovado-lanceoladas, glabras en ambas superficies o con algunos pelos adpresos diminutos, irregular, dentadas con dientes agudos. La corola amarillenta, con máculas poco distinguibles, rotado-campanulada y con anteras azulosas. El fruto es una baya de 10 a 12 mm de diámetro, envuelta por el cáliz acrescente de 20 a 35 mm de largo y de 17 a 22 mm de ancho (Figura 2).

Las introducciones UNPU048, UNPU052 y UNPU053 presentaron características morfológicas particulares en cuanto al color del fruto (rojo), máculas de la corola poco distinguibles, anteras de color amarillo tenue, tamaño de semillas entre 1.5 y 1.7 mm de largo y de color oscuro. A pesar de las características morfológicas particulares (Figura 3) se plantea que se puede tratar de una cultivariedad, una variedad natural de la especie o una subespecie de ésta (Nee, 1986).

Los materiales restantes coincidieron con las características de *P. peruviana* (Figura 4). Tuvieron tallos y hojas pubescentes con pelos simples, algunas veces glandulares; hojas alternas, pecioladas, enteras o dentadas; flores solitarias y axilares, pediceladas; cáliz 5-lobado, inflado y rodeando el fruto en la madurez;



Figura 2. Características morfológicas de *Physalis angulata*.

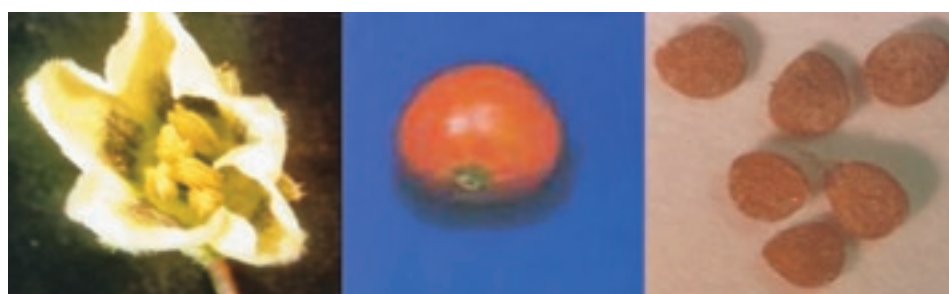


Figura 3. Uchuva de fruto rojo introducción UNPU 048, UNPU052, UNPU 053.



Figura 4. *Physalis peruviana* de fruto amarillo.

corola plegada, rotado campanulada usualmente amarillenta con 5 máculas oscuras en el tubo; 5 estambres, anteras con dehiscencia longitudinal azul verdosas; ovario 2-carpelar, numerosos óvulos (Nee, 1986).

CONCLUSIONES

Se constituyó una colección de trabajo de uchuva de 222 introducciones colectadas en la región central y suroccidental del país, almacenadas en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (CEUNP).

Se colocó a disposición una base de datos computarizada de la colección con información detallada de los datos de pasaporte.

AGRADECIMIENTOS

La información hizo parte del trabajo de grado en Ing. Agr. de M. L. Bonilla B. y K. Espinosa P. financiado por la Dirección de Investigaciones de la sede Palmira, DIPAL. Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad de Nariño; a los señores Jaime Martínez y Heberto Rodríguez, grandes colaboradores en el trabajo

de campo. A los profesores Eugenio Escobar M., Tulio César Lagos y Juan Gonzalo Morales. A los integrantes del Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bonilla, M.; Espinosa, K. 2003. Colección, caracterización fenotípica y molecular de poblaciones de uchuva (*Physalis peruviana* L.). Trabajo de grado (Ing. Agr.). Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 112p.
2. Fisher, G.; Miranda, D.; Piedrahíta, W.; Romero, J. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 221pp.
3. Ipgri. 2000. Convenio de las Naciones Unidas sobre Diversidad Biológica y Protocolo de Cartagena sobre Seguridad en la Biotecnología. Santafé de Bogotá: Instituto Humboldt. 99 p.
4. Jaramillo, V., Montoya, L. 1980. Estudios preliminares sobre germinación y almacenamiento de semillas de uchuva. *Agric Trop* 32(1): 45-49.
5. Lagos, T.; Criollo, H.; Ibarra, A.; Hejeile, H. 2003. Caracterización morfológica de la colección Nariño de uvilla o uchuva *Physalis peruviana* L. *Fitotec Colomb* 3(2):1-9.
6. Nee, M. 1986. Solanaceae I, Flora de Veracruz. Xalapa, Ver.: Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos. Fascículo 49.

Caracterización morfológica de 24 accesiones de uchuva del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Morphologic characterization of 24 accessions of Cape gooseberry from the National University campus Palmira's germplasm bank

Martha Liliana Bonilla Betancourt, Katherine Espinosa Piedrahíta, Andrés Mauricio Posso Terranova, Herney Darío Vásquez Amariles, Jaime Eduardo Muñoz Flórez.

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. (Autor para correspondencia: jemunozf@palmira.unal.edu.co; ampossot@palmira.unal.edu.co; hdvasqueza@palmira.unal.edu.co).

REC.: 29-10-07

ACEPT.: 25-03-08

RESUMEN

Se caracterizaron 24 accesiones de uchuva *Physalis peruviana* L. de la colección de trabajo de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, mediante 27 descriptores morfológicos (10 cualitativos y 17 cuantitativos). Se analizó la correspondencia múltiple (ACM) y clasificación jerárquica ascendente para variables cualitativas y de componentes principales (ACP) para variables cuantitativas. En el ACM tres ejes explicaron el 65.64% de la variabilidad; el primero con 38.53% reunió las variables color de máculas, color de anteras, color de la baya madura y color de semilla y la clasificación jerárquica generó tres grupos. Los dos primeros ejes del ACP explicaron 32.04% y 17.02% de la variación. El mayor aporte a la variabilidad fue dado por peso del fruto, tamaño transversal y longitudinal del fruto, peso de semilla húmeda y seca, número de semillas y contenido de sólidos solubles. La clasificación jerárquica determinó la conformación de cinco grupos. Se identificaron 5 materiales con potencialidades para el procesamiento, mercado y programas de mejoramiento por poseer alto peso del fruto, bajo número de semillas y valor alto de grados Brix.

Palabras claves: Descriptores cualitativos y cuantitativos; Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM); Análisis de Componentes Principales (ACP).

ABSTRACT

24 accessions of Cape gooseberry *Physalis peruviana* L. from The National University of Colombia campus Palmira's work collection were characterized using 27 morphologic descriptors (10 qualitative and 17 quantitative). Two different analyses were made, the multiple correspondence analyses (ACM) and the ascendant hierarchy classification for qualitative variables and the principal component analysis (ACP) for quantitative variables. The results showed that 65.64% of variability was explained with three axes in the ACM. The first axe with 38.53% contained the variables colour of petals, anthers, berry ripped and seeds. The hierarchy classification generated three groups. The two first axes in ACP analysis explained 32.04% and 17.02% of the variation. Besides, the highest variability was supported by different characteristics such as fruit weight, transversal and longitudinal size of fruit, dry and wet seed weight, seeds number and soluble solids content and also the hierarchy classification showed five groups. Furthermore, it was possible to establish five materials with potential to be processed, traded and improved because of the high weight fruit, low number of seeds and high Brix grades.

Key words: Qualitative and quantitative descriptors; Multiple Correspondence Analysis (ACM); Principal Components Analysis (ACP).

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento del potencial genético de un recurso depende en gran medida de la disponibilidad de una amplia base genética; así, los materiales de las colecciones de germoplasma juegan papel muy impor-

tante en la conservación de esa variabilidad genética. El potencial de un banco de germoplasma radica en la caracterización y la documentación de las introducciones que permitan evitar duplicados e identificar accesiones promisorias para procesos de selección,

mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Fisher, *et al.*, 2000).

En Colombia existe una colección de 222 accesiones de esta especie en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira (CEUNP) (Bonilla *et al.*, 2007); 98 accesiones en los bancos de germoplasma de Corpoica en los centros de investigación de La Selva, en Rionegro (Antioquia) y de Tibaitatá, en Mosquera (Cundinamarca) y otras colecciones más pequeñas (Fischer *et al.*, 2005).

La caracterización de los bancos de germoplasma se ha realizado tradicionalmente mediante el uso de descriptores morfológicos evaluados en relación con el comportamiento agronómico. cuando la diversidad genética entre especies y dentro de especies es fácilmente observable, los descriptores morfológicos suministran información que puede evitar duplicaciones del mismo material y minimizar la sobreestimación de la diversidad existente (Becerra y Paredes, 2000).

El uso de herramientas multivariadas, como el análisis de correspondencia múltiple, ha permitido la caracterización de material genético de diversas especies como arroz (Morejón *et al.*, 2001), uchuva (Lagos *et al.*, 2003), berenjena (Robles *et al.*, 2004).

Este proyecto tuvo como objetivo iniciar la documentación de la colección de trabajo de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, y conocer la variabilidad genética a través de la caracterización morfológica de algunas accesiones que permita hacer uso de este recurso en la selección de genotipos, programas de mejoramiento genético y selección.

MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización se realizó en el municipio de Ginebra, Valle, vereda La Cecilia (3° 47' 54.2" Norte y 76° 09' 11.7" Oeste), a 2.100 msnm y 18°C.

Etapa I: Evaluación descriptiva y cuantitativa de variables relacionadas con el fruto

Se determinó el estado de madurez de los frutos según la norma Icontec NTC 4.580 (Fischer *et al.*, 2000). Se evaluaron 60 frutos por accesión y 49 accesiones. En cada fruto se midió el diámetro polar (DP) y los diámetros ecuatoriales (DE1 y DE2) en sentidos perpendiculares. Las mediciones se realizaron con calibre pie de rey con Vernier. Cada fruto se pesó en una balanza analítica Metler Toledo PB 303-S.

Se estimó para cada material el peso del fruto (Pfi) con base en el producto de los diámetros $Di=(DP * DE1 * DE2)$; se usó el método de los mínimos cuadrados para estimar los parámetros α y β de la ecuación de

regresión $Pfi=\alpha + \beta (PDi)$. Se realizó una translación del eje Y (Pfi) utilizando el cambio de la variable $\overline{PDi}=PDi-PD$, de esta manera se generó la ecuación de regresión $\overline{Pfi}=PF*\beta(PDi-PD)$, donde el nuevo intercepto es PF (peso promedio del fruto del material).

Para evaluar la capacidad de predicción de la ecuación se estimó el coeficiente de determinación (R^2). La relación entre promedios de los diámetros ecuatorial y polar (\overline{XE} / P) permitió determinar la forma de los frutos.

El análisis se realizó utilizando el paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System Versión 8.1) y determinando (con refractómetro 107910 ATAGO Honey premium®) sólidos solubles en tres estados de maduración del fruto por accesión. Se realizó el análisis de varianza para los estados 3 y 4 fisiológicamente maduros. Para comparar los promedios de las introducciones se usó la prueba de rango múltiple de Duncan. El análisis de varianza se realizó con el procedimiento GLM de SAS.

El número y peso de semillas por fruto también se determinó para los estados de maduración. Se realizó un análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan para comparar los promedios de las introducciones. Para caracterizar el comportamiento de las introducciones con las variables: peso del fruto (Pfi), grados brix (GBi) y número de semillas (NSi) se realizaron diagramas de dispersión.

Etapa II: Evaluación de los descriptores morfológicos en una muestra de la colección

De la colección se escogieron al azar 24 introducciones para probar los descriptores morfológicos (Tabla 1). Se utilizaron los descriptores cuantitativos y cualitativos propuestos por Lagos *et al.* (2003). En el conjunto de descriptores utilizados se efectuaron cambios como la adición de algunos descriptores cualitativos y la eliminación de otros considerados poco discriminativos para determinar variabilidad en términos de la expresión fenotípica entre materiales (Tabla 2).

Tabla 1. Introducciones de uchuva caracterizadas morfológicamente.

Departamento	Introducciones
Valle del Cauca	UNPU053, UNPU096, UNPU011, UNPU095, UNPU051, UNPU127, UNPU056, UNPU017, UNPU015, UNPU023, UNPU022, UNPU020, UNPU016, UNPU009, UNPU011.
Cauca	UNPU143, UNPU037, UNPU042, UNPU221, UNPU110, UNPU043.
Caldas	UNPU220, UNPU222.
Quindío	UNPU219

Tabla 2. Descriptores morfológicos cualitativos y cuantitativos.

Descriptores morfológicos cualitativos		Descriptores morfológicos cuantitativos			
1	Color de la hoja	1	Ancho de la hoja	11	Peso pulpa fresca
2	Pubescencia de la hoja*	2	Largo de la hoja	12	Grados brix*
3	Pegajosidad de la hoja*	3	Largo del pedicelo	13	Tamaño transversal del cáliz
4	Color secundario de la corola	4	Diámetro de la flor	14	Tamaño longitudinal del cáliz
5	Prolongación de las máculas de la flor*	5	Peso del fruto	15	Diámetro de la semilla
6	Color de la antera	6	Tamaño transversal del fruto	16	Largo de la semilla
7	Color de la baya inmadura	7	Tamaño longitudinal del fruto	17	Grosor de la semilla
8	Color de la baya madura	8	Peso semilla húmeda		
9	Pegajosidad del fruto*	9	Peso semilla seca		
10	Color de la semilla	10	Número de semillas/fruto		

* Descriptores sugeridos por los autores

El trabajo de campo se realizó en dos etapas, la primera comprendió la fase de semillero en la cual se sembraron dos semillas por material en Growing médium® (oasis); en la segunda fase las plantas se trasplantaron en el campo. Las plantas se sembraron en hoyos de 20x20x25 cm a 1.20 m entre plantas y a 1.6 m entre surcos.

Análisis estadístico de la información

La información obtenida se almacenó en una base de datos de acuerdo con las modalidades del descriptor. Las variables cuantitativas se transformaron en categóricas - ordinales para tener el carácter de variables cualitativas activas, o generadoras de ejes factoriales. Posteriormente la información se procesó en el software SPAD (versión 3.5) para el análisis de correspondencia múltiple y de clasificación de acuerdo con el método jerárquico ascendente siguiendo el método de agregación de Ward, el cual garantiza la obtención de clases en la que es mayor la separación entre clases (máxima inercia interclases) y la homogeneidad de los grupos constituidos (mínima inercia intraclases) (Etxeberria *et al.*, 1995).

El método de ordenación utilizado para los caracteres cuantitativos fue el análisis multivariado de componentes principales, que transforma las variables cuantitativas en un conjunto de variables no correlacionadas llamadas Componentes Principales (Franco e Hidalgo, 2003). Una vez obtenidos se realizaron los procedimientos selección de componentes principales con valores propios superiores a 1.0, los cuales explican la mayor variabilidad en la población; la tabla de vectores propios permite definir las contribuciones absolutas de los diferentes descriptores y la conformación de cada uno de los componentes principales seleccionados.

Para el Análisis de Clasificación se utilizó el método de agregación de Ward. Con un diagrama de dispersión de las introducciones según las características del fruto (por ejemplo: contenido de sólidos solubles, número de semillas, peso y tamaño de fruto) se identificaron materiales promisorios.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de variables relacionadas con el fruto

Se encontraron cuatro grados de madurez en los frutos. Uno: frutos fisiológicamente desarrollados de color verde oscuro; dos: anaranjado claro con visos verdes hacia la zona del cáliz; tres: anaranjado claro, y cuatro: anaranjado. La caracterización descriptiva y cuantitativa permitió generar ecuaciones de regresión con alta capacidad de predicción del peso con base en el producto de los diámetros, lo cual se puede confirmar con el coeficiente de determinación que para la mayoría de los casos fue superior al 90% (Tabla 3). Estas ecuaciones pueden utilizarse para estudios futuros de tasas de crecimiento y desarrollo de los frutos para evaluar periodos de máxima acumulación de materia seca y orientar prácticas de manejo agronómico. La relación de diámetro ecuatorial /diámetro polar (XE/P) permitió clasificar los frutos de acuerdo con tres formas: alargados (<0.95), redondos (1.05-0.95) y achatados (>1.05).

La distribución espacial de las introducciones localizó en el cuadrante I a 16 genotipos que presentaron alto contenido de sólidos solubles y mayor peso de fruto (Figura 1). Estas introducciones fueron: UNPU145(Nariño), UNPU202(Nariño), UNPU011(Valle), UNPU157(Nariño), UNPU034(Nariño), UNPU141(Nariño), UNPU035(Nariño), UNPU111(Nariño),

Tabla 3. Ecuaciones de regresión para estimar peso del fruto con base en el producto de los diámetros de algunas de las accesiones evaluadas.

Nint	Material	Ecuación	R2	Xe/p	Forma
UNPU019	JUNTAS11	PF=1616.96+0.63(PD-2877.45)	0.981	0.9091	Alargado
UNPU022	JUNTAS14	PF=757.68+0.59(PD-1524.74)	0.9645	1.0171	Redondo
UNPU031	PASTO7	PF=1760.48+0.62(PD-3178.69)	0.9842	0.9639	Redondo
UNPU162	PASTO49	PF=1462.61+0.58(PD-2778.76)	0.9444	0.9325	Alargado
UNPU056	FELIDIA	PF=1723.57+0.64(PD-3064.94)	0.9896	1.0026	Alargado
UNPU110	COCONUCO	PF=1655.03+0.67(PD-2986.230)	0.9697	0.9482	Alargado
UNPU127	BARRAGAN	PF=1092.50+0.62(PD-2069.44)	0.9503	0.9913	Redondo
UNPU219	QUINDIO	PF=1431.17+0.60(PD-2700.65)	0.9632	0.977	Redondo
UNPU222	UNAL4	PF=1257.41+0.60(PD-2299.97)	0.9859	0.9135	Alargado

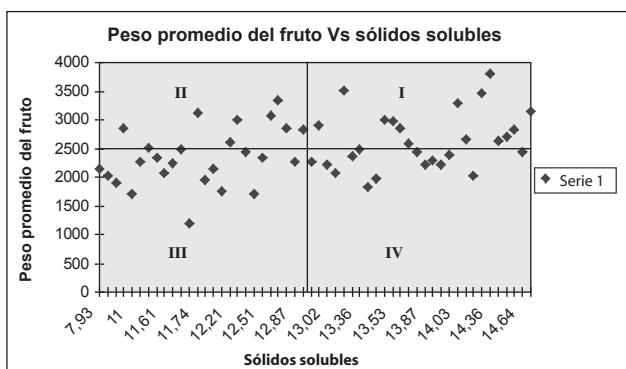


Figura 1. Ubicación espacial de las accesiones de acuerdo con las variables peso del fruto y contenido de sólidos solubles.

UNPU027(Nariño), UNPU031(Nariño), UNPU199(Nariño), UNPU160(Nariño), UNPU017(Valle), UNPU162(Nariño), UNPU025(Nariño) y UNPU156(Nariño).

La distribución espacial de las accesiones reunió en el cuadrante II las siete accesiones con mayor peso del fruto y bajo número de semillas (Figura 2): UNPU205 (Nariño), UNPU145 (Nariño), UNPU017 (Valle), UNPU023 (Valle), UNPU141 (Nariño), UNPU111 (Nariño) y UNPU162 (Nariño).

Los frutos de las introducciones UNPU145, UNPU017, UNPU141, UNPU111, UNPU162, UNPU096 y UNPU019 reunieron las tres características de interés: mayor peso, contenido de sólidos solubles y bajo número

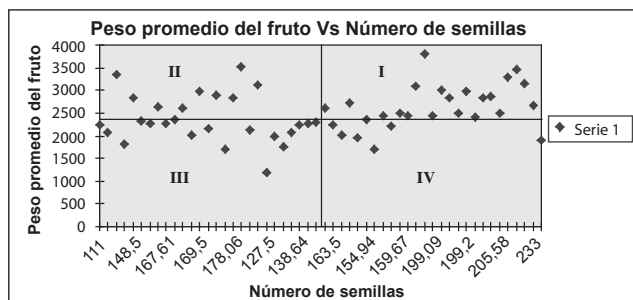


Figura 2. Ubicación espacial de las accesiones de acuerdo con las variables peso del fruto y número de semillas.

de semillas, que representan ventajosas posibilidades para el mercado y el procesamiento de la fruta.

Descripción morfológica

Análisis de Correspondencia Múltiple

La Figura 3 muestra el plano factorial obtenido por el ACM. El primer eje está definido por las variables color de las máculas (CM), color de las anteras (CA), color de la baya madura (CBM) y color de la semilla (CS), cada una contribuyó con el 20.7%. Dentro de estas variables las modalidades de mayor aporte (19.9%) fueron: CM=2 (10Y 4/3 oliva moderado), CA=2 (5Y 9/9 amarillo brillante), CBM=2 (7.5R 5/13 naranja rojizo fuerte) y CS=2 (amarillo naranja oscuro).

La mayor contribución en el segundo eje la hicieron las variables color de hoja (CH: 27,6%), prolongación del color secundario de la corola (PCSC: 24,8%) y la pegajosidad de la hoja (PgH: 17,8%). La mayor contribución fue CH=3 (7.5GY 4/4 verde oliva moderado), PCSC=1 (presencia) y PgH=2 (intermedia) con 19.5%, 16.5% y 12.6% respectivamente.

En el tercer eje la variable que más aportó fue el color de la hoja (44%), y la modalidad de mayor contribución fue CH=2 (verde amarillo moderado: 39.5%). La mayor variabilidad presentada en el primer eje estuvo asociada con características morfológicas particulares que presenta la introducción UNPU053 (Figura 4)

La variable pubescencia de la hoja (PH), aunque no contribuyó significativamente en la variabilidad, se consideró importante junto con la presencia de tricomas en las hojas porque pueden estar asociadas con el estado sanitario de la planta. La abundante pubescencia y presencia de tricomas generan pegajosidad en las hojas y es posible que reduzcan el daño por insectos (Figura 5).

El dendrograma (Figura 6) mostró tres agrupamientos de las 24 introducciones para las variables

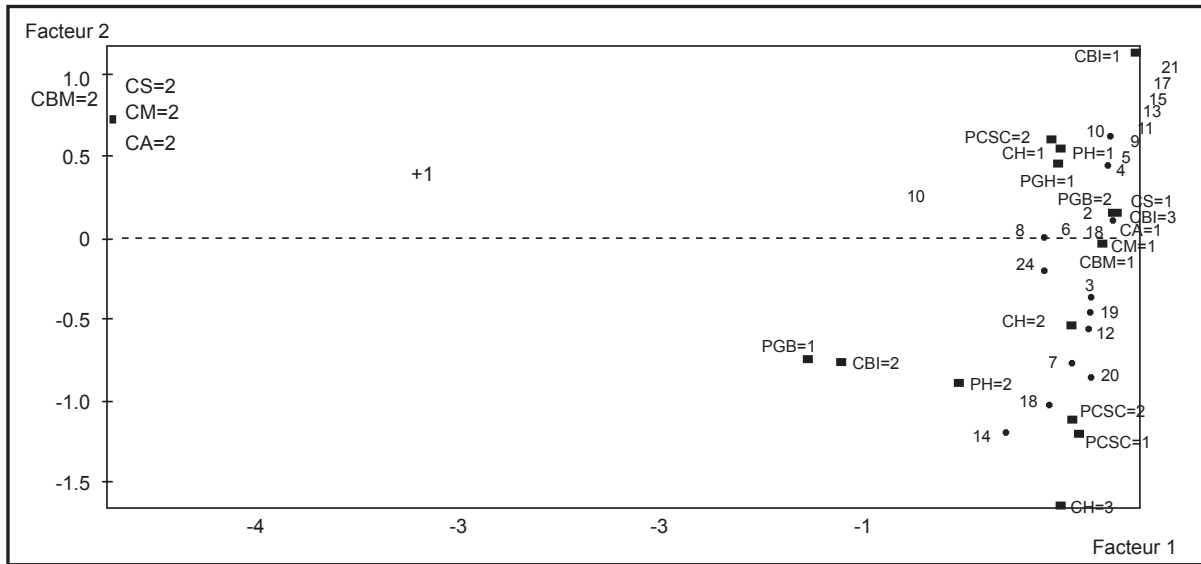


Figura 3. Plano factorial de los ejes del Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM).

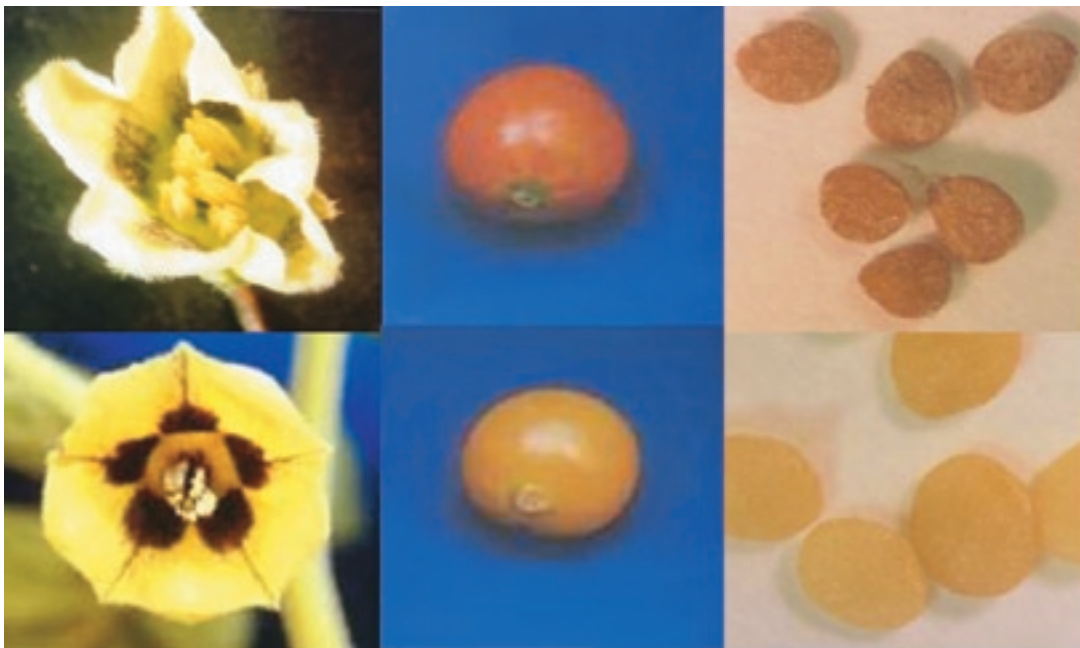
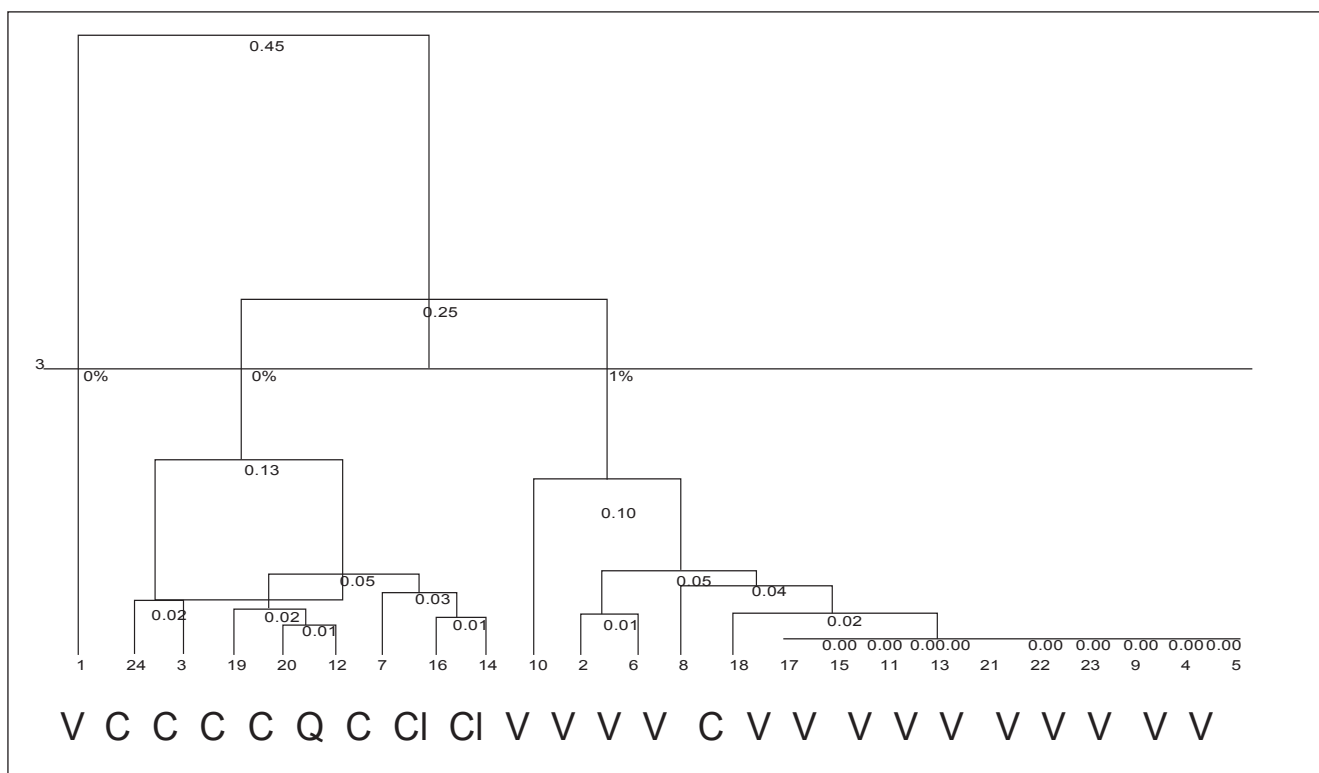


Figura 4. Arriba: *Physalis peruviana* L. de fruto rojo introducción UNPU053, abajo: *Physalis peruviana* L. de fruto amarillo.



Figura 5. A) Abundante y escasa pubescencia en las hojas; B) Presencia y ausencia de tricomas glandulares; C) Hojas con daños por insectos y sin daños.



V: Valle C: Cauca Cl: Caldas Q: Quindío

Figura 6. Clasificación jerárquica del Análisis de Correspondencia Múltiple (ACM).

cualitativas. En el primer grupo se situó la introducción UNPU053, alejada respecto a las otras y tan diferente que se debe determinar si se trata de otra especie.

En el segundo grupo se localizaron las introducciones UNPU043, UNPU143, UNPU221, UNPU110, UNPU037, UNPU109, UNPU220 y UNPU219, representando el 33.33% del material caracterizado. Estos materiales presentaron pubescencia intermedia de la hoja y prolongación del color secundario en la corola. En cuanto al origen procedieron de los departamentos del Cauca, Caldas y Quindío.

En el tercer grupo se localizó a un nivel de similitud de 0.25 con respecto al grupo 2. Lo conformaron las introducciones UNPU017, UNPU096, UNPU051, UNPU127, UNPU042, UNPU020, UNPU022, UNPU015, UNPU023, UNPU016, UNPU009, UNPU019, UNPU056, UNPU011 y UNPU095, representando el 62.5% de los materiales caracterizados. Presentaron abundante pubescencia y pegajosidad de la hoja y ausencia de la prolongación del color secundario en la corola. Las introducciones fueron originarias del departamento del Valle, a excepción de UNPU042 (Cauca, Cajibío), lo que indicaría que hay características que se presentan en determinados sitios y permiten la diferenciación de poblaciones.

Análisis de Componentes Principales

En el análisis de componentes principales (ACP) para las variables cuantitativas mayor variabilidad estuvo relacionada con el fruto (peso, tamaño transversal y longitudinal, peso de la semilla húmeda y seca, número de semillas y el contenido de sólidos solubles) (Figura 7).

El dendrograma de clasificación de los materiales con base en los descriptores cuantitativos determinó la conformación de cinco grupos (Figura 8).

El primer grupo estuvo conformado por las introducciones UNPU009 (Valle) y UNPU011 (Valle) que representaron el 8.33% del total de los materiales caracterizados, los cuales presentaron tamaño transversal del cáliz (42.4mm) por encima del promedio general (26.33mm) y menor peso de pulpa fresca (1.526.2mg) con respecto al promedio general (2.111.34mg).

En el segundo grupo se ubicaron el 25% de los materiales conformado por las introducciones UNPU020 (Valle), UNPU022 (Valle), UNPU009 (Valle), UNPU004(Valle), UNPU127(Valle) y UNPU017(Valle). Se caracterizaron por presentar frutos con tamaño transversal (11.33mm), tamaño longitudinal (12.22mm), peso del fruto (903.27mg), menores al promedio general (12.62mm, 13.50mm y 1247.09mg) respectivamente;

Facteur 2

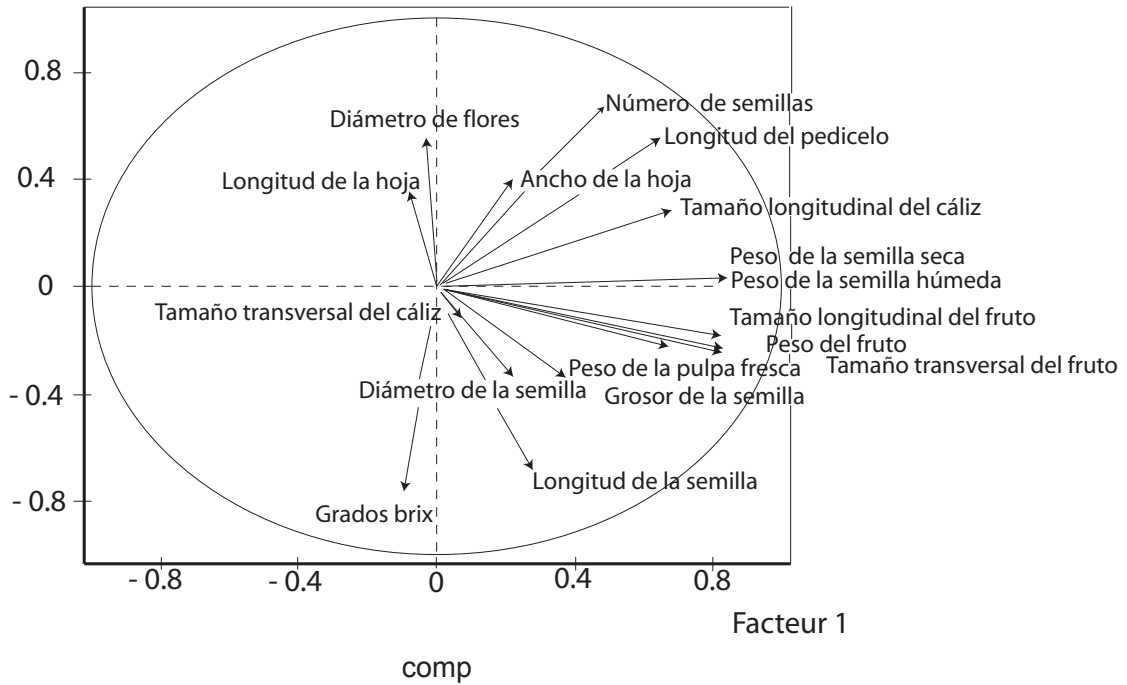
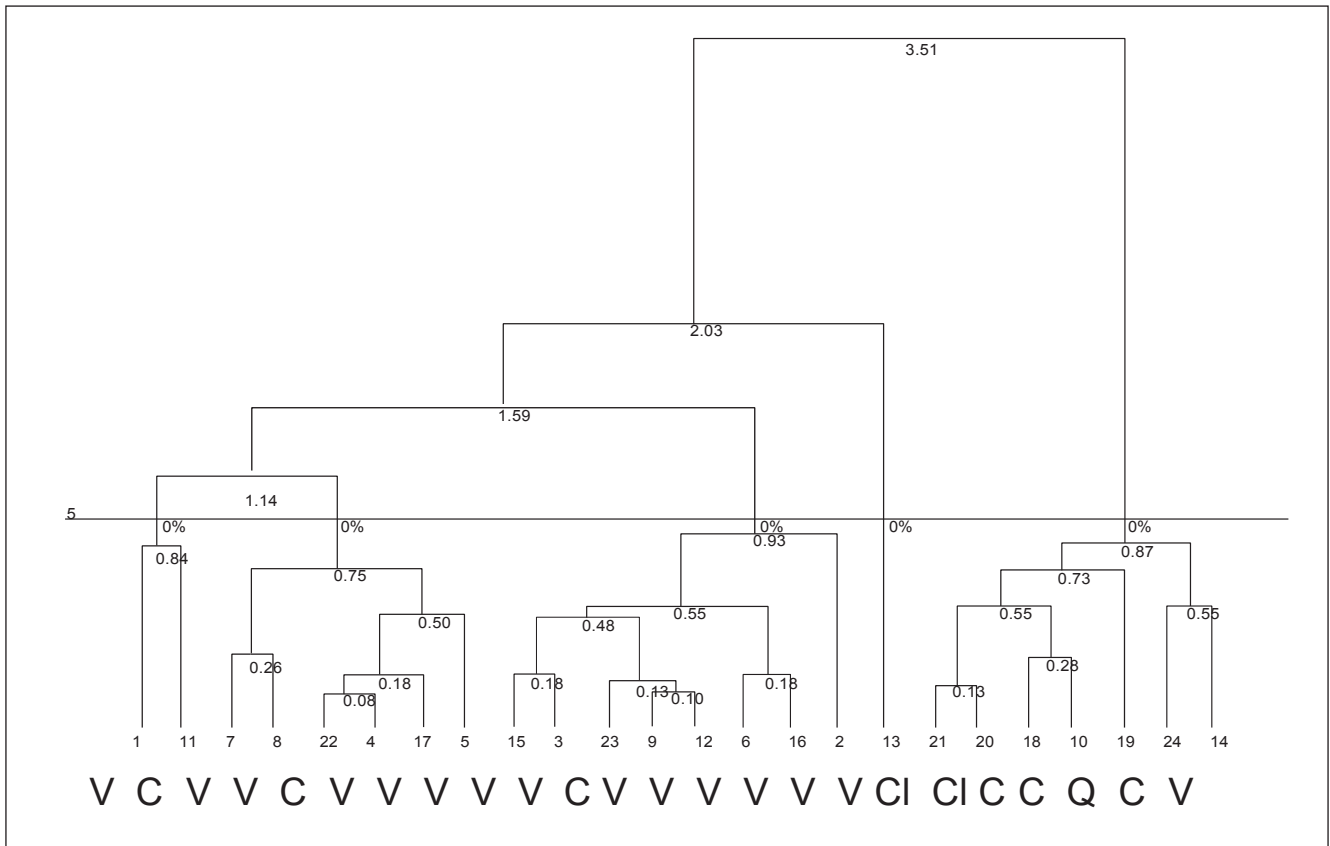


Figura 7. Plano vectorial que muestra la correlación entre las 10 variables cuantitativas y los dos primeros componentes principales.



V: Valle C: Cauca Cl: Caldas Q: Quindío

Figura 8. Clasificación jerárquica del Análisis de Componentes Principales (ACP).

en este grupo prevalecieron los materiales del departamento del Valle.

El tercer grupo estuvo conformado por el 33.33% de los materiales y de diferente procedencia: UNPU095 (Valle), UNPU015 (Valle), UNPU221 (Cauca), UNPU023 (Valle), UNPU051 (Valle), UNPU019 (Valle), UNPU096 (Valle) y UNPU011 (Valle). El grupo cuatro estuvo conformado por la introducción UNPU053 (Juntas, uchuva roja). Estos dos grupos no presentaron características en común para los individuos que las conformaron.

El último grupo reunió las introducciones UNPU222 (Caldas), UNPU220 (Caldas), UNPU143 (Cauca), UNPU037 (Cauca), UNPU219 (Quindío), UNPU110 (Cauca), y UNPU056 (Valle) representando el 29.17%. Se caracterizaron por presentar mayor peso de la semilla húmeda (242.5mg) y seca (184.46mg), mayor longitud del pedicelo (1.83cm) y mayor tamaño longitudinal del cáliz (35.49mm) con respecto a los promedios generales (193.61mg, 148.47mg, 1.54cm y 31.95mm) respectivamente.

CONCLUSIONES

La caracterización cuantitativa de los frutos permitió generar ecuaciones de regresión con alta capacidad de predicción del peso del fruto con base en el producto de los diámetros. La relación diámetro ecuatorial / diámetro polar permitió clasificar los frutos en tres formas: alargados, redondos y achatados.

Los frutos de las introducciones UNPU145, UNPU017, UNPU141, UNPU111, UNPU162, UNPU096 y UNPU019 presentaron mayores pesos, contenido de sólidos solubles y bajo número de semillas.

A través del análisis de correspondencia múltiple (ACM) la variabilidad en los materiales se explicó por los dos primeros componentes en los cuales las características de mayor aporte fueron color de las máculas (CM), color de las anteras (CA), color de la baya madura (CBM), color de la semilla (CS) y prolongación del color secundario en la corola (PCSC).

El dendrograma de las características morfológicas cualitativas no mostró tendencia al agrupamiento de las introducciones.

En el análisis de componentes principales (ACP) las variables cuantitativas de mayor aporte a la variabilidad se relacionaron con el fruto (peso, tamaño

transversal y longitudinal, peso de la semilla húmeda y seca, número de semillas y el contenido de sólidos solubles).

AGRADECIMIENTOS

La información hace parte del trabajo de grado de Ing. Agr. de M. L. Bonilla B. y K. Espinosa P. financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional sede Palmira DIPAL. Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad de Nariño; a los señores Jaime Martínez y Heberto Rodríguez, grandes colaboradores en el trabajo de campo; a los profesores Eugenio Escobar Manrique, Tulio César Lagos y Juan Gonzalo Morales, y a los integrantes del Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira.

BIBLIOGRAFÍA

1. Becerra, V.; Paredes, M. 2000. Uso de marcadores bioquímicos y moleculares en estudios de diversidad genética. *Agric Téc (Santiago)* 60(3): 270-281.
2. Bonilla, M.; Espinosa, K., Posso, A.; Vásquez, H.; Muñoz J. 2008. Establecimiento de una colección de trabajo de uchuva del suroccidente colombiano. *Acta Agron (Palmira)* 57 (2): 95-99
3. Etxeberria, J.; García, E.; Gil J.; Rodríguez, G. 1995. Análisis de datos y textos. Madrid: Rama. 372p.
4. Fisher, G.; Flórez, R.; Angel, D.; Sora, R. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 175pp.
5. Fisher, G.; Miranda, D.; Piedrahita, W.; Romero, J. 2005. Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. en Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. 221pp.
6. Franco, T.; Hidalgo, R. 2003. Análisis estadístico de datos de caracterización morfológica de recursos fitogenéticos. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. Cali, Colombia. *Boletín Técnico* N°8. 89 p.
7. Lagos, T.; Criollo, H.; Ibarra, A.; Hejeile, H. 2003. Caracterización morfológica de la colección Nariño de uvilla o uchuva *Physalis peruviana* L. *Fitotec Colomb* 3(2):1-9.
8. Morejón, R.; Díaz, S.; Pérez, N. 2001. Aplicación de técnicas multivariadas en la clasificación morfoagronómica de genotipos de arroz obtenidos en la estación experimental "Los Palacios". *Agric Sostenib* 22(1):735-742.
9. Robles, J.; Araméndiz, H.; Llano, J.; Cardona, C y Arzuaga, E. 2004. Agrupamiento de la berenjena (*Solanum melongena*) según sus características vegetativas. Informe parcial trabajo de investigación. Montería: Universidad de Córdoba. 7p.

Caracterización molecular de 43 accesiones de uchuva de seis departamentos de Colombia

Molecular characterization of 43 accesions of Cape gooseberry from six departments of Colombia

Martha Liliana Bonilla Betancourt, Katherine Espinosa Piedrahíta, Andrés Mauricio Posso Terranova, Herney Darío Vásquez Amariles, Jaime Eduardo Muñoz Flórez.

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, AA 237, Palmira, Valle del Cauca, Colombia. (Autor para correspondencia: jemunozf@palmira.unal.edu.co; ampossot@palmira.unal.edu.co; hdvasqueza@palmira.unal.edu.co)

REC.: 04-05-07

ACEPT.: 31-03-08

RESUMEN

La técnica RAM (Random Amplified Microsatellites) se usó para el análisis de diversidad genética de 43 accesiones de uchuva recolectadas en seis regiones de Colombia (Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Quindío y Cundinamarca), pertenecientes a la colección establecida en la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. El análisis se realizó sobre 42 loci polimórficos obtenidos con siete cebadores, encontrándose baja diversidad para las introducciones de Nariño, Cauca, Quindío, Caldas y Cundinamarca. La población del Valle del Cauca reunió la mayor diversidad de los materiales recolectados.

Palabras claves: *Solanaceae*; loci polimórficos; cebadores; RAM.

ABSTRACT

The RAM's technique (Random Amplified Microsatellites) was used to assess the genetic diversity of 43 accesions of Cape gooseberry collected in six regions of Colombia (Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Caldas, Quindío and Cundinamarca), property of the National University of Colombia at Palmira's campus collection. This analysis was based on the data from 42 polymorphic loci generated with seven primers. The results showed high genetic distance among accesions from Valle del Cauca and low genetic distance among accesions from Nariño, Cauca, Quindío, Caldas and Cundinamarca departments.

Key words: *Solanaceae*; Polymorphic loci; primers; RAM.

INTRODUCCIÓN

El género *Physalis* se encuentra distribuido desde Estados Unidos, México y Centro América hasta Sudamérica y las Antillas, con pocos representantes nativos del Viejo Mundo. La mayoría de las especies se encuentran en México, considerado como el centro de diversidad del género. *P. peruviana* L. ha sido la especie más utilizada en cultivos comerciales por su fruto azucarado (Quirós, 1984). La uchuva ha tenido gran auge en los mercados mundiales dadas sus características nutricionales y de fruta tropical exótica que la hacen llamar la fruta de oro (Fischer *et al.*, 2000).

La caracterización y documentación de las introducciones de un banco de germoplasma permite evitar duplicados e identificar accesiones promisorias para

procesos de selección, mejoramiento genético o procesos agroindustriales (Fisher, *et al.*, 2000). Zietkiewicz, *et al.*, 1994, propusieron un novedoso método de medición de la diversidad genética en plantas y animales utilizando una técnica molecular que combina el uso de cebadores que contienen secuencias microsatélites y un extremo 5' degenerado. Esta técnica combina los beneficios de los análisis microsatélites con el análisis RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) y se ha denominado microsatélites amplificados aleatoriamente (RAM). La técnica se basa en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), el método es reproducible y permite la detección de polimorfismo entre especies y dentro de ellas. Los marcadores obtenidos por los RAM se pueden usar para estudios de poblaciones, no requiere el

conocimiento previo de secuencias ni el uso de isótopos radioactivos (Hantula *et al.*, 1996). Los fragmentos de ADN amplificados están compuestos de dos microsátélites suficientemente cercanos para ser amplificados por PCR (Zietkiewicz *et al.*, 1994). La fuente de variabilidad en los fragmentos obtenidos puede deberse a una inserción o supresión entre el fragmento amplificado que podría originar un amplio polimorfismo o ausencia de un producto, también la variabilidad en el número de repeticiones del microsátélite puede determinar el nivel de polimorfismo (Hantula, *et al.*, 1996).

Estudios de diversidad genética realizados en especies vegetales (Morillo *et al.*, 2005) y animales (Oslinger *et al.*, 2006) en el Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira sugieren que la técnica es una herramienta eficiente para este tipo de estudios. Muñoz *et al.* (2007) señalan entre las ventajas de la técnica RAM que no se necesita información previa, que es reproducible debido a la longitud del cebador, que es sencilla y de bajo costo, que se puede obtener gran número de bandas utilizando geles de alta resolución, que hay concordancia entre las características biológicas y los grupos genéticos formados y que diferencia al interior de las especies, entre especies y entre familias. El objetivo del trabajo fue evaluar la diversidad genética del Banco de Germoplasma de Uchuva de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

MATERIALES Y MÉTODOS

Semillas de 46 accesiones de uchuva (43 de *P. peruviana* y 3 de especies relacionadas) del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia

sede Palmira (Tabla 1), se sembraron en medio líquido (Murashige & Skoog 0.44 g L⁻¹, tiamina 0.1g L⁻¹, sacarosa 20g L⁻¹), se incubaron a 18°C y humedad relativa de 70% durante tres meses.

La extracción de ADN de las hojas se realizó siguiendo la metodología descrita por Dellaporta *et al.* (1983). Las concentraciones se estimaron por comparación con patrones conocidos de ADN del bacteriófago lambda en un gel de agarosa al 0.8% corrido en buffer TBE 0.5X (Tris-borato 0045M; EDTA 0.001M) teñido con bromuro de etidio a una concentración final de 0.5 ug mL⁻¹. El ADN cuantificado se diluyó en agua grado HPLC hasta una concentración de 5 ng uL⁻¹ y se almacenó a -20°C.

Para la amplificación se seleccionaron siete cebadores (Tabla 2), teniendo en cuenta la habilidad para revelar polimorfismo, el número de bandas polimórficas y la reproducibilidad. Para estandarizar las condiciones de cada cebador se determinaron las concentraciones óptimas de cloruro de magnesio, cebador y buffer de Taq. También se determinó la temperatura de hibridación para cada cebador (Tabla 3). Para todos los cebadores se utilizaron 200 uM de cada DNTP, 1U de Taq polimerasa (Fermentas®), en un volumen total de reacción de 12.5 uL. La amplificación se realizó en un termociclador PTC-100 Programmable Thermal Controller (MJ Research Inc®), con las siguientes condiciones: 95°C por 5 minutos, seguido de 37 ciclos de 95°C por 30 segundos, 50-58°C por 45 segundos (de acuerdo con el cebador utilizado, Tabla 3), 72°C por 2 minutos y una extensión final de 72°C por 7 minutos.

Los productos amplificados se separaron por electroforesis en geles de agarosa al 1.2%, teñidos con

Tabla 1. Accesiones de uchuva *Physalis peruviana* y especies relacionadas caracterizadas molecularmente.

Accesión	Origen
UNPU025, UNPU 026, UNPU 029, UNPU 032, UNPU 035, UNPU 038, UNPU 051, UNPU 113, UNPU 034	Nariño
UNPU 011, UNPU 013, UNPU 014, UNPU 018, UNPU 021, UNPU 048, UNPU 053, UNPU 056, UNPU 096, UNPU 098, UNPU105, UNPU107, UNPU112, UNPU123, UNPU134, UNPU 149, UNPU 127, UNPU 076*, UNPU 077*, UNPU 081*	Valle
UNPU 101, UNPU 219	Quindío
UNPU 042, UNPU 045, UNPU 143, UNPU 078, UNPU 079, UNPU 080, UNPU 103, UNPU 110	Cauca
UNPU 001, UNPU 002, UNPU 004	Cundinamarca
UNPU 104, UNPU 106, UNPU 109, UNPU 115	Caldas

* Especies relacionadas

Tabla 2. Cebadores utilizados en microsatélites RAM. Designaciones de los sitios degenerados: H(A,T o C); B(G,T o C); V(G,A o C) y D(G,A o T).

Cebador	Secuencia
GT	VHVGTTGTGTGTGTA
CT	DYDCTCTCTCTCTCTCTC
CGA	DHBCGACGACGACGACGA
CA	DBDACACACACACACACA
AG	HBHAGAGAGAGAGAGAGA
TG	HVHTGTGTGTGTGTGTGT
CCA	DDBCCACCACCACCACCA

bromuro de etidio a una concentración final de 0.5 ug mL⁻¹, y se visualizaron bajo luz ultravioleta. La longitud de los productos de amplificación se estimó por comparación con un marcador de peso molecular de 100pb (Promega®).

La información suministrada se registró en una matriz binaria de presencia (1) o ausencia (0). Para la selección de bandas polimórficas se consideró como locus polimórfico aquel en el cual la frecuencia del alelo más común es menor al 99%. Para el registro no se tuvieron en cuenta aquellas bandas de difícil lectura. A partir de esta matriz, utilizando los programas SIMQUAL® del paquete Numerical Taxonomy System for Personal Computer NTSYS- pc versión 1.8 y el programa TFPGA® (Miller 1997), se realizaron los análisis estadísticos.

La similitud genética se calculó con el coeficiente de Nei- Li, $S = 2a / (2a+b+c)$ donde a = bandas compartidas por ambos individuos, b = bandas presentes en el individuo (1) pero no en (2), y C = bandas presentes en el individuo (2) pero no en (1). El análisis de agrupamiento se realizó con el programa SAHN de NTSYS –pc utilizando el método UPGMA, método gráfico de agrupamiento por parejas que usa el promedio aritmético no ponderado (Unweighted pair- group arithmetic

mean). El dendrograma se construyó con el programa TREE de NTSYS –pc versión 1.80.

Se realizaron dos análisis de correspondencia múltiple (ACM), el primero para las 43 accesiones de *P. peruviana* de los diferentes departamentos y el segundo para las accesiones del Valle del Cauca. Este análisis permite asociar columnas y filas de la matriz binaria determinando el nivel de asociación o proximidad (Joseph *et al.*, 1992).

Para estimar la diversidad genética se consideraron los parámetros de heterocigosidad promedio (H) y el porcentaje de loci polimórficos (P), los cuales se estimaron sobre todos los loci y el promedio de los mismos de acuerdo con la fórmula no sesgada de Nei (1973) así:

$$H = 1 - \sum f(i)^2$$

f(i): Frecuencia del alelo i en la población.

$\sum f(i)^2$: Probabilidad de que dos individuos tomados al azar tengan el alelo i.

H: Probabilidad de que dos individuos tomados al azar tengan diferente alelo, H, es el valor con el que se representa la diversidad de la población.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis descriptivo

Los siete cebadores RAM generaron 50 patrones de bandas distinguibles en un rango de longitud de 250 a 1.000 pares de bases. El número de loci polimórficos por cebador varió entre 1 para CCA y 10 para GT. El porcentaje de loci polimórficos fue 97.61%. El patrón de amplificación generado por el cebador CGA se muestra en la Figura 1.

Las introducciones UNPU048, UNPU053, UNPU076, UNPU081, UNPU096 y UNPU077 procedentes del departamento del Valle presentaron mayor polimorfismo. Estos materiales presentaron fruto rojo (líneas 14 y 16 de la Figura 1) y corroboraron los resultados obtenidos en la caracterización morfológica (Bonilla *et al.*, 2007). La introducción UNPU 018 (Juntas, Valle) presentó un patrón de bandas diferente;

Tabla 3. Condiciones de PCR para los cebadores microsatélites RAM

Reactivo	Concentración final				
	Cebador GT	Cebador CCA-CA	Cebador AG	Cebador CGA	Cebador TG-CT
Buffer de Taq	1x	0.64x	1x	1x	1x
Cebador (uM)	4	4	4	3.2	4
MgCL ₂ (mM)	2	2	2	2	2
Temperatura de hibridación (°C)	58	50	50	58	55

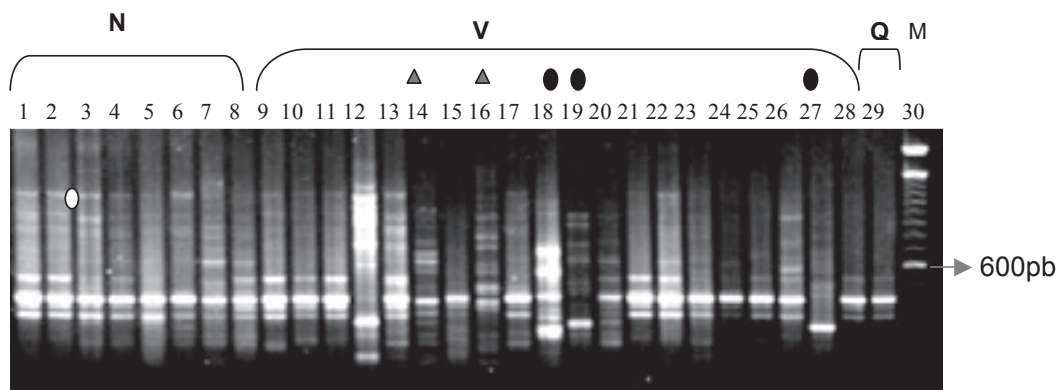


Figura 1. Patrón de bandas generado con el cebador CGA en algunas introducciones de *Physalis peruviana* L. La línea 30 (M) representa el marcador de peso molecular de 100pb.

- N: Introducciones de Nariño V: Valle Q: Quindío
- Introducciones de fruto rojos
- ▲ Introducciones relacionadas con el género *Physalis*

también las introducciones UNPU053 y UNPU048 (fruto rojo) presentaron cinco alelos únicos con los cebadores GT, CT, CGA y TG con tamaños de 680, 950, 420, 530 y 1.000 pares de bases, correspondiendo los dos últimos al cebador TG. Las diferencias morfológicas en color de fruto y semilla, en máculas, hojas, tricomas y la separación en un grupo genético diferente de los materiales mencionados, sugieren que deben separarse taxonómicamente de las otras accesiones. Para ello está en proceso un trabajo de investigación.

El coeficiente de similitud de Nei-Li, a nivel de 86%, diferenció cuatro grupos (A, B, C y D) y 24 haplotipos (individuos con estructura genética idéntica y que se diferencian de otro por lo menos en la presencia o ausencia de una banda al utilizar técnicas moleculares) (Figura 2). Los agrupamientos no se relacionaron estrictamente con el origen geográfico; sin embargo, los materiales de Cundinamarca tendieron a agruparse de la misma manera que los materiales de Nariño y Cauca, debido posiblemente a que fueron recolectados

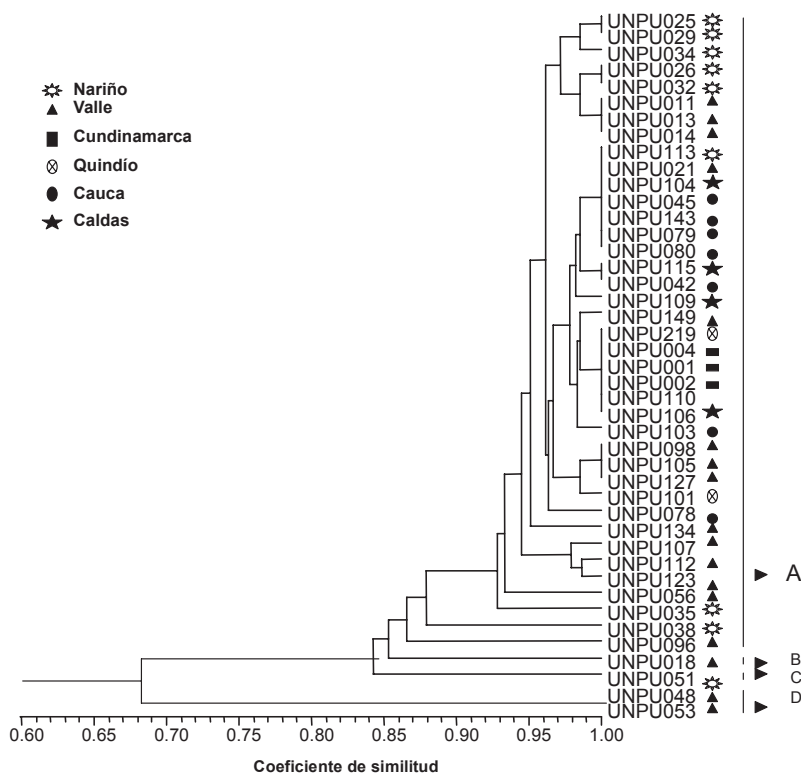


Figura 2. Dendrograma de la estructura genética de 43 introducciones de *P. peruviana* L. basado en el coeficiente de similitud de Nei-Li y calculado de los datos combinados de los siete cebadores microsatélites RAM, con el método de clasificación UPGMA, utilizando los programas SAHN y TREE de NTSYS-pc versión 1.8 (Exeter Software, Setauket, NY, USA).

en sitios donde se encuentran cultivos comerciales a pequeña escala y es posible que haya ocurrido flujo de semilla entre regiones.

La localización en un mismo haplotipo de individuos de Cundinamarca (UNPU004, UNPU001, UNPU002), Cauca (UNPU110), Caldas (UNPU106) y Quindío (UNPU219) podría explicarse porque parte importante de la uchuva consumida en el departamento de Caldas proviene de Cundinamarca y al encontrarse al borde de carretera posiblemente puede provenir de semillas de frutos comerciales. De los materiales del Quindío y Cauca no se conoce con certeza su procedencia. Cinco materiales del Cauca (UNPU045, UNPU143, UNPU079, UNPU080 y UNPU042) tuvieron el mismo haplotipo, lo cual puede explicarse por el intercambio de semilla entre cultivadores comerciales (Figura 2).

Los materiales (UNPU021) del Valle y (UNPU113) de Nariño presentaron también el mismo haplotipo. En las cuatro agrupaciones hubo materiales del departamento del Valle, lo cual indica que la mayor parte de la variabilidad de la colección de germoplasma de la

Universidad Nacional Sede Palmira está representada por materiales silvestres recolectados en un bosque secundario en la cuenca del río Guabas del municipio de Ginebra, Valle. Además, la muestra (17 accesiones) para este departamento fue la de mayor tamaño. Los materiales se encuentran en peligro de desaparecer debido a la deforestación que se presenta en esta zona.

La baja diversidad del resto de los materiales puede explicarse porque fueron recolectados cerca de cultivos comerciales, a orillas de carretera, en jardines y huertos.

El dendrograma, a nivel de similitud de 40%, diferenció dos grupos, el primero conformado por introducciones de *P. peruviana* y el segundo por especies relacionadas (Figura 3). Dentro de los grupos no se presentó clara diferenciación por procedencia geográfica.

El análisis de correspondencia múltiple (ACM) (Figura 4) separó los materiales en cuatro grupos con coeficiente de similitud de 86%. El grupo 1 estuvo conformado por 39 introducciones, el grupo 2 lo in-

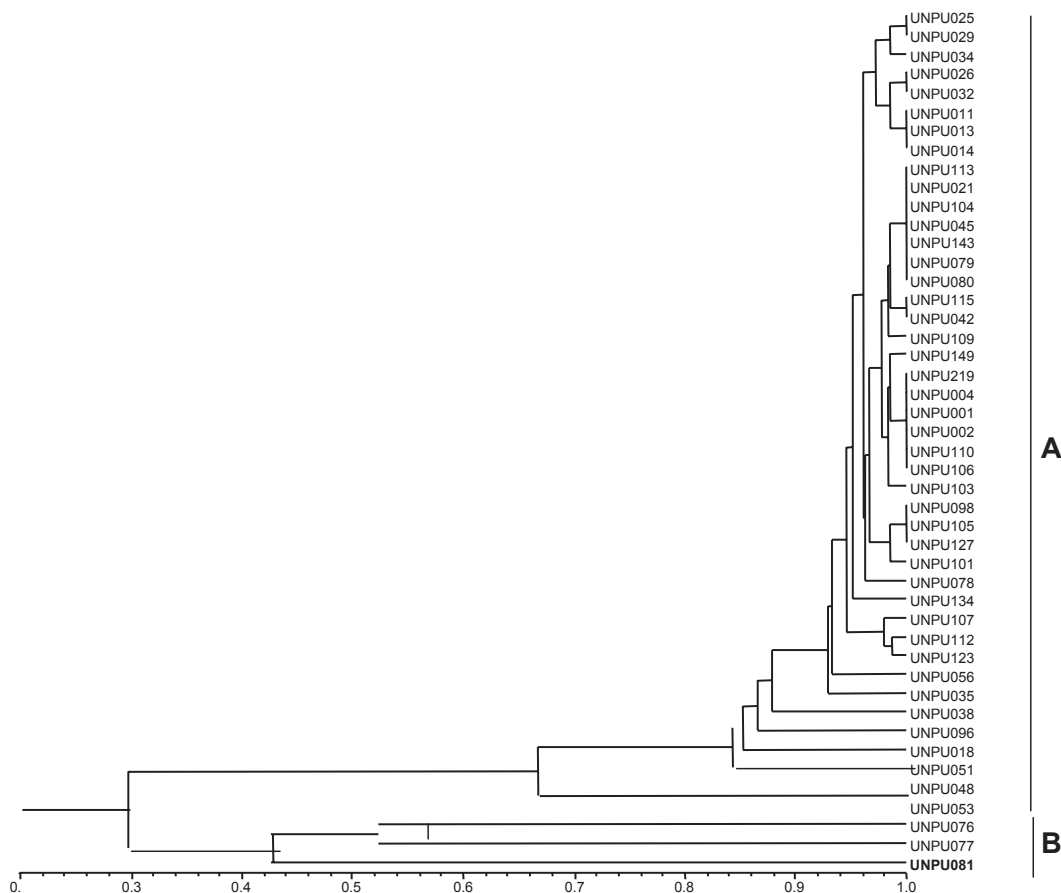


Figura 3. Dendrograma de la estructura genética de 46 introducciones del género *Physalis* basado en el coeficiente de similitud de Nei-Li y calculado de los datos combinados de los siete cebadores microsátelites RAM, con el método de clasificación UPGMA, utilizando los programas SAHN y TREE de NTSYS-pc versión 1.8 (Exeter Software, Setauket, NY, USA). El grupo A corresponde a *Physalis peruviana* y el grupo B a especies relacionadas de *Physalis*.

tegraron las introducciones de fruto rojo (UNPU048 y UNPU053), en los grupos 3 y 4 se encontraron las introducciones UNPU018 (Juntas-Valle) y UNPU096 (Las Hermosas-Valle) respectivamente.

El análisis de similitud genética y de agrupamiento de las introducciones recolectadas en el departamento del Valle del Cauca (Figura 5), a nivel de similitud de 69%, formó dos grupos. El primero correspondió a las

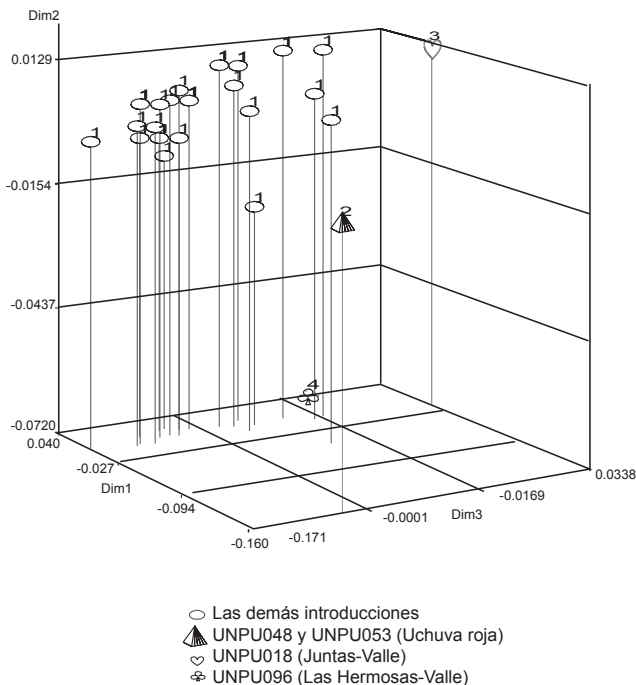


Figura 4. Análisis de correspondencia múltiple explicado para 43 individuos de *Physalis peruviana* L.

introducciones de *P. peruviana* y el segundo estuvo conformado por las introducciones UNPU048 y UNPU053 (fruto rojo).

UNPU096 (Las Mirlas), UNPU051 (La Selva) y UNPU018 (Juntas) se diferenciaron de las demás introducciones a nivel de similitud de 86%. Estas introducciones aportaron la mayor diversidad y se recolectaron en la cuenca del río Guabas (Valle). El análisis de correspondencia múltiple realizado para las accesiones del Valle del Cauca separó los individuos en cuatro grupos (Figura 6).

Diversidad genética

En las 43 introducciones se encontraron grupos de individuos con estructura genética idéntica que diferían de los otros por la presencia o ausencia de al menos una banda, identificándose 24 haplotipos.

El valor de heterocigosidad calculado para toda la población fue de 0.2559, valor no muy alto teniendo en cuenta que fluctúa entre 0 y 1. Sin embargo, en un estudio de *Lycopersicon sculentum* perteneciente a la misma familia se reportó un valor de heterocigosidad $H=0.18$ (Restrepo, 2003). Si se compara este valor con el obtenido en este estudio, éste fue considerablemente alto y puede estar asociado con la naturaleza alógama de la especie. Algunas introducciones recolectadas en estado silvestre en la cuenca del río Guabas y las introducciones UNPU048 y UNPU053 (de fruto rojo) están genéticamente más distantes de las demás introducciones. La poca diversidad que se observa en las introducciones

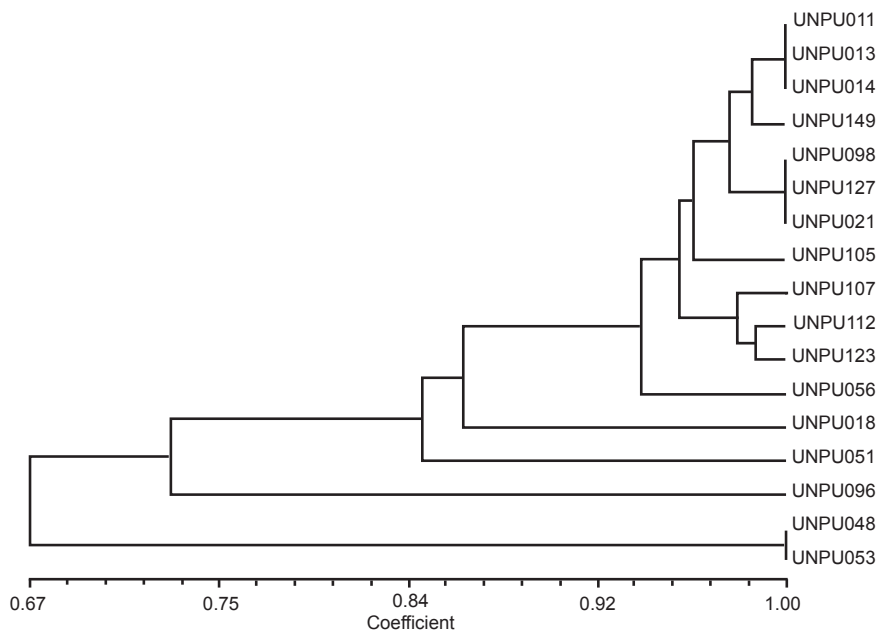


Fig. 5. Dendrograma de la estructura genética de las introducciones colectadas en el departamento del Valle del Cauca basado en el coeficiente de similitud de Nei-Li y calculado con los datos combinados de los siete cebadores microsatélites RAM, con el método de clasificación UPGMA, usando los programas SAHN y TREE de NTSYS-pc versión 1.8 (Exeter Software, Setauket, NY, USA).

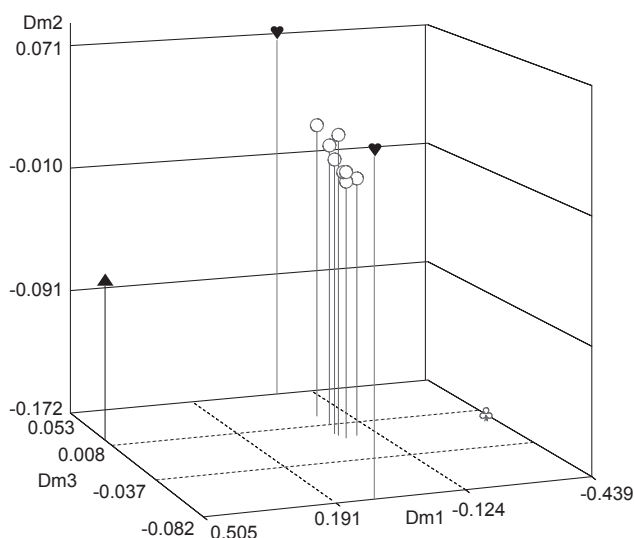


Fig. 6. Análisis de correspondencia múltiple explicado para las introducciones colectadas en el departamento del Valle del Cauca.

- Introducciones UNPU098, UNPU112, UNPU013, UNPU014, UNPU021, UNPU105, UNPU107, UNPU149, UNPU051, UNPU056 y UNPU096.
- ▲ UNPU123 y UNPU127.
- ♥ UNPU053 y UNPU048 (Fruto rojo)
- ◆ UNPU011

de Cauca, Cundinamarca Nariño, Caldas y algunas del departamento del Valle, con similitud mayor de 90%, indican la posible homogenización de este recurso genético por la diseminación de materiales comerciales.

Se ha reportado que los estimativos de diversidad genética basados en marcadores de herencia dominante como los RAPD y los RAM están asociados con las estrategias de muestreo (número de plantas por población, distancia geográfica entre las poblaciones muestreadas y número de poblaciones estudiadas) y el número de bandas polimórficas (Nybom y Bartish, 2000).

La estructura genética poblacional de las especies se debe realizar con criterio de agrupamiento geográfico, edafo-climático o morfológico. En este estudio no se analizó la estructura poblacional debido a que en las introducciones el agrupamiento no se relacionó con la distribución geográfica, por lo cual este criterio no sería pertinente para calcular los estimativos de diferenciación poblacional. Para realizar este análisis se debe hacer un muestreo más amplio dirigido a zonas de bosques o lugares donde la influencia del componente antrópico sea mínimo y se encuentren materiales silvestres o establecer otro criterio de agrupamiento. Sin embargo, hubo un agrupamiento que discriminó entre especies y dentro de especies del género *Physalis* que permite concluir que la técnica RAM puede ser útil para caracterizar las poblaciones de *Physalis* aún no estudiadas.

AGRADECIMIENTOS

La información hace parte del trabajo de grado de Ing. Agr. de M. Bonilla B. y K. Espinosa P. financiado por la Dirección de Investigaciones de la Universidad Nacional sede Palmira, DIPAL. Los autores expresan sus agradecimientos al Instituto Alexander von Humboldt, al laboratorio de Fitopatología de Fríjol del CIAT y a los integrantes del Laboratorio de Biología Molecular de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bonilla, M.; Espinosa, K.; Posso A., Vásquez, H., Muñoz J. 2007. Caracterización morfológica de 24 accesiones de uchuva del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)* 57(2):101-108
2. Dellaporta S. L.; Wood, J.; Hicks, J. B. 1983. A plant DNA miniprep: Versión II. *Plant Molec Biol Rep* 14: 19-21.
3. Fischer, G.; Flórez, R.; Ángel, D.; Sora, R. 2000. Producción, poscosecha y exportación de la uchuva *Physalis peruviana* L. Universidad Nacional de Colombia sede Santafé de Bogotá. 175p.
4. Hantula, J.; Dusabenyagasani, M.; Hamelin, R. C. 1996. Random Amplified Microsatellites (RAM) a novel method for characterizing genetic variation within fungi. *Eur J Path* 26:159-166.
5. Joseph, H.; Anderson, R.; Tatham, R.; Black, W. 1992. Multivariate data Analysis with Readings. 3rd ed. Riverside. 554 p.
6. Miller, M. 1997 Tfpga (Tools for Population Genetics Analysis). Northern Arizona University, Flagstaff, Arizona. 102 p.
7. Morillo, A.; Morillo, Y.; Vásquez H.; Muñoz, J. 2005. Caracterización molecular con Microsatélites aleatorios RAM de la Colección de mora *Rubus spp*, de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)* 54 (2):15-24.
8. Muñoz, J. E.; Morillo, A.; Morillo, Y. 2007. Uso de la técnica Microsatélites Amplificados al Azar (RAM) para estudios de diversidad genética en vegetales. *En prensa. Acta Agron (Palmira)*
9. Nei, M. 1973. Analysis of genetic diversity in sub-divided populations. *Proc Natl Acad Sci USA* 70: 3321-3323.
10. Nybom H.; Bartish I. V. 2000 Effects of life history traits and sampling strategies on genetic diversity estimates obtained with RAPD markers in plants. *Persp Plant Ecol Evol Syst* 3: 93-114
11. Oslinger, A.; Muñoz J. E.; Alvarez L. A.; Moreno, F.; Posso, A. 2006. Caracterización de cerdos criollos colombianos mediante la técnica molecular RAM. *Acta Agron (Palmira)* 55 (4): 45-50.
12. Quirós, C. 1984. Overview of the genetics and breeding of husk tomato. *Hort Sci* 19(6):872-874.
13. Restrepo, S. E. 2003. Estudio de la diversidad genética del tomate cultivado tipo chonto *Lycopersicon esculentum* en las zonas productoras de Colombia. Trabajo de grado (M. Sc.). Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 182p.
14. Zietkiewicz, E.; Rafalski, A.; Labuda, D. 1994. Genome Fingerprinting by Simple Sequence Repeat (SSR-Anchored) Polymerase Chain Reaction Amplification. *Genomics* 20:176-183.

Aspectos del polimorfismo genético en *Drosophila pseudoobscura*, *D. willistoni* y *D. nebulosa*

Aspects of genetic polymorphism in *Drosophila pseudoobscura*, *D. willistoni* and *D. nebulosa*

Víctor Manuel Salceda Sacanelles

Departamento de Biología, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Carretera México-Toluca S/N, La Marquesa, Ocoyoacac, México, 52750. (Autor para correspondencia: vmss@nuclear.inin.mx)

REC.: 28-06-07

ACEPT.: 18-04-08

RESUMEN

En México el polimorfismo cromosómico en poblaciones naturales de *Drosophila* se estudió en *D. pseudoobscura*, *D. willistoni* y *D. nebulosa*. En la primera, más ampliamente analizada, se reconocen 27 inversiones correspondientes al 67.5% de la variabilidad para esta característica, identificando cuatro razas. Diferentes recolectas detectaron nuevas inversiones que permitieron reestructurar el árbol filogenético para la característica. Con base en el alto número de estas nuevas inversiones y otras evidencias se postuló como arreglo ancestral el Tree Line (TL) y se sugiere como centro de origen de la especie la región en que colindan los estados de Michoacán y Zacatecas. Se encontraron gradientes geográficos para algunas inversiones tanto en localidades distantes como micro-geográficas. Un estudio de recolectas semestrales por ocho años con las otras dos especies señaló alto grado de diversidad para la frecuencia de inversiones, 64.3% para *D. willistoni* y 52.9% para *D. nebulosa*. En ambas especies se cuantificó el número promedio de inversiones por hembra de 2.57 para *D. willistoni* y de 1.57 para *D. nebulosa*, que las sitúan dentro del área marginal de la distribución de la especie. Sin embargo, conservan alto grado de diversidad que aparentemente no les correspondería debido a su marginalidad.

Palabras claves: *Drosophila*; polimorfismo cromosómico; poblaciones naturales; México.

ABSTRACT

In Mexico, chromosomal polymorphism in *Drosophila* has been studied in *D. pseudoobscura*, *D. willistoni* and *D. nebulosa*. The first species is better studied with respect to the number of populations analyzed (close to 60), in which there were recognized up to 27 inversions corresponding to the 67.5 % of the total variability for this characteristic, identifying four races. With all of these evidences we rebuilt phylogenetic tree and postulate as ancestral gene arrangement the sequence Tree Line (TL) and suggesting as origin center of the species the surrounded area between Michoacán and Zacatecas states. Geographical gradients for several inversions at both macro and micro-geographic scales were also detected. The other species were both studied for a seasonal changes during eight years. As a result, it was found a high variability degree for the inversions number, 64.3% of the total variability for this parameter in *D. willistoni* and 52.9 % in *D. nebulosa*. Average number of inversions carried by a female was 2.57 in *D. willistoni* and 1.57 in *D. Nebulosa*, which set as marginal with respect to the distribution. Nevertheless, they show a considerable variability not expected for a marginal population.

Key words: *Drosophila*; chromosomal polymorphism; natural populations; Mexico.

INTRODUCCIÓN

La existencia de segmentos invertidos en los cromosomas de *Drosophila* fue detectada por primera vez por Sturtevant (1917). Pruebas del orden invertido en los marcadores genéticos entre *D. melanogaster* y *D. simulans* fueron presentadas por Sturtevant y Plunkett (1926). Painter (1934) y Bridges (1935), trabajando con los cromosomas politécnicos de *D. melanogaster*,

sentaron las bases para una serie de estudios en elevado número de especies. Tan (1935) y Koller (1936) en *D. pseudoobscura* y Sturtevant y Dobzhansky (1936) en poblaciones de esta especie y de *D. persimilis* a lo largo de la distribución geográfica.

Los estudios se ampliaron a nivel mundial en poblaciones naturales de especies de *Drosophila*. Dubinin y Tiniakov (1945) con *D. funebris*, Pavan (1946) con *D.*

nebulosa, Carson y Stalker (1947) con *D. robusta*, Dobzhansky (1950) con *D. willistoni*, Goldschmidt (1956) con *D. subobscura* y Brncic (1962) con *D. flavopilosa*.

En los cromosomas politénicos de las glándulas salivales de las larvas de *Drosophila* es posible detectar el polimorfismo para inversiones de secciones cromosómicas, especialmente para inversiones paracéntricas. Las inversiones se generan por dos rupturas, independientes y simultáneas en el mismo cromosoma, acompañadas de un giro de 180°, con la posterior reunión de las regiones involucradas, la ocurrencia del evento es de origen único. La inversión se perpetúa por herencia y puede ser sujeta a eventos similares. Una representación del fenómeno es:

Secuencia original	ABCDEF GH
Puntos de ruptura	AB/CDEF/GH,
	seguido del giro de 180°
Secuencia final invertida	ABFED CGH

Las nuevas inversiones pueden ser independientes o incluidas en las previas, por ejemplo:

ABCDEFGHIJ	→	ABDECFHGJI	independiente
ABCDEFGHIJ	→	ACBEDEFGH	incluida

Existen dos tipos de inversiones, paracéntricas y pericéntricas. Estas últimas involucran el centrómero entre los dos brazos del cromosoma. Las primeras involucran únicamente un brazo cromosómico, y son las de mayor presencia e importancia al considerar los estudios acerca de los polimorfismos cromosómicos. Existen dos maneras de distinguir las inversiones, cuando el cromosoma o individuo es homocigoto se diferencia banda por banda y se compara con el patrón "Standard" o ST. En cromosomas o individuos heterocigotos se distinguen las configuraciones mediante evidencia fotográfica (Kastritsis y Crumacker, 1966 y 1967; Olvera *et al.*, 1979).

En muchas especies de *Drosophila* el polimorfismo cromosómico es de carácter adaptativo, lo que le confiere importancia ecológica y evolutiva. En este caso el alelo menos frecuente debe estar presente entre 1% o 5% como valores mínimos.

La investigación se propuso analizar el polimorfismo cromosómico en tres especies de *Drosophila* (*D. pseudoobscura*, *D. willistoni* y *D. nebulosa*), habitantes naturales y exclusivas del continente americano. El estudio hizo hincapié en la distribución en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las recolectas se realizaron durante una semana por localidad. Las moscas se capturaron en recipientes

plásticos (25 cm de diámetro por 15 cm de alto) con frutas fermentadas y se transportaron en grupos de 20-25 hembras. En el laboratorio cada hembra se separó en frascos de un cuarto de litro con alimento fresco. Luego de ocho días se pasó a un nuevo frasco de cultivo y al cultivo original se agregaron gotas de solución concentrada de levadura de cerveza fresca para sobrealimentar las larvas y obtener glándulas salivales grandes.

Las larvas se colocaron en portaobjetos con solución al 2% de aceto-orceína. Las glándulas salivales se tiñeron por 3-5 minutos. Se analizaron con ayuda de un atlas fotográfico y figuras de algunos reportes, identificándose la(s) inversión(es) presente(s). Se tomaron notas hasta completar la muestra obtenida en la naturaleza. Se calcularon las frecuencias relativas de cada inversión y se construyeron las tablas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

D. pseudoobscura es una especie del Neártico que habita bosques templados de pino-encino-abeto y que se distribuye desde la Columbia Británica en Canadá, el oeste de Estados Unidos, México, Guatemala y una colonia en las cercanías de Bogotá, Colombia (Dobzhansky, 1963). El tercer par de cromosomas es más polimórfico (Dobzhansky y Epling, 1944), ya que en el cromosoma X sólo se conoce la inversión denominada "sex-ratio" (proporción sexual). En el resto de los cromosomas no se tiene conocimiento de polimorfismo. Las inversiones constituyen eventos mutacionales sin relevancia. Para el cromosoma III se conocen 40 tipos estructurales y se pueden añadir 3-4 aún no descritas (Olvera *et al.*, 1979) y relacionadas entre sí como inversiones traslapadas constituyendo una serie filogenética (Figura 1). Con referencia al polimorfismo cromosómico se han reportado en México frecuencias relativas para diferentes inversiones (Tabla 1) en aproximadamente 60 poblaciones (Dobzhansky, 1939 y 1948; Dobzhansky *et al.*, 1975; Levine *et al.*, 1975; Espinoza-Velázquez y Salceda, 1981; Olvera *et al.*, 1982; Salceda, 2001; Olvera *et al.*, 2005; Guzmán *et al.*, 2005; Salceda *et al.*, 2007a y b).

Todas las poblaciones muestran alto grado de variabilidad en arreglos cromosómicos presentes en cada población. Hoy se sabe que existen 27 inversiones, la mayoría endémicas. Esto representa el 67.5% del total de la variabilidad para este parámetro en la especie y permitió la elaboración del árbol filogenético actualizado.

El aporte de las investigaciones en poblaciones mexicanas puede notarse al comparar el árbol filogenético presentado por Dobzhansky y Epling (1944)

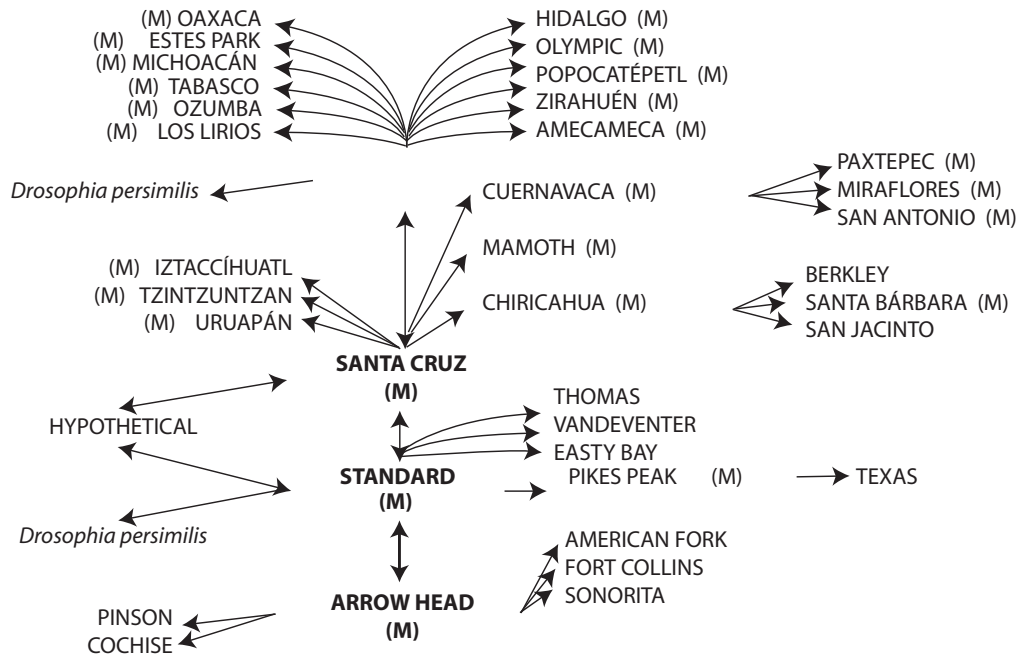


Figura 1. Árbol filogenético de los arreglos cromosómicos de *Drosophila pseudoobscura*. M: inversiones encontradas en México.

Tabla 1. Frecuencias relativas en porcentaje de inversiones en el cromosoma III de *Drosophila pseudoobscura* en algunas poblaciones naturales del centro de México.

Población	TL	CU	SC	EP	OL	Otras	n
Ciudad Guzmán	21.4	8.6	58.6	5.7	1.4	4.3	70
Mazamitla	25.0	25.0	25.0		25.0		4
Jerez	31.0	7.1	33.3	12.0	2.4	14.2	42
Zirahuén	30.5	25.7	21.0	10.5	2.9	9.5	105
Victoria de Cortázar	31.0	16.2	29.4	1.5	2.9	19.1	68
Tierra Nueva	52.2	8.7	28.3		10.8		46
Huimilpán	45.2	26.2	4.8	4.8	14.3	4.8	42
Juriquilla	78.8			15.4	1.9	3.8	52
Pinal de Amoles	57.0	6.2	4.9		25.0	7.0	144
Centro Nuclear	66.2	21.1	12.7				71
Lobo	54.5	14.5	9.1	1.8	12.7	7.3	55
Amecameca	39.0	48.0	2.5	8.0	1.0	1.5	200
Tulancingo	67.5	22.9		6.2	2.5	0.8	240
Tlaxcala	66.3	20.2		9.0	1.1	3.4	89
El Seco	47.4	39.6	5.8	5.2	1.4	0.6	515
La Perla	59.7	32.2	2.7	4.7	0.8		149
Laguna Verde	100.0						2
Total	50.6	27.2	9.1	5.5	4.2	3.2	1894

con el elaborado por Olvera *et al.* (1979). En el trabajo de 1944 al separar la especie *D. persimilis* quedó *D. pseudoobscura* representada por una sola raza. Posteriormente Dobzhansky (1948) concluyó que constaba de siete razas que dependen de las frecuencias relativas de los diferentes componentes presentes en cada región. En México, pese a tener menor área respecto a Estados

Unidos y en relación con la distribución de esta especie, coexisten cuatro razas.

La amplia distribución de la inversión Tree Line (TL), así como las altas frecuencias relativas en la mayoría de las poblaciones y junto con ser precursora de 12 de los arreglos conocidos (30% del total), sirve de enlace con la especie hermana *D. miranda*. Se apoya

así la hipótesis de que TL puede ser el arreglo ancestral de la especie. Estudios moleculares como el de Schaeffer *et al.* (2003) apoyan esta hipótesis. Asimismo el elevado número de inversiones presentes en algunas localidades, entre 13 y 17, particularmente en la zona entre los estados mexicanos de Michoacán y Zacatecas, llevan a postular como centro de origen a Michoacán (Olvera *et al.*, 1979), pero se requieren más estudios en la región.

En cuanto a aspectos ecológicos se han reconocido gradientes geográficos en la zona central de México (Guzmán *et al.*, 1993 y 2005), en la zona sur (Olvera *et al.*, 2005) y en cuatro zonas (Salceda y Espinosa-Velázquez, 2006a y b). Los últimos autores demostraron que los gradientes se presentaron con diferencias menores de 20 km entre localidades.

En la dinámica del polimorfismo cromosómico se han detectado cambios temporales en algunas poblaciones. Espinoza-Velázquez y Salceda (1981), tras un seguimiento anual de las frecuencias relativas de los arreglos en la localidad de Los Lirios, cercana a Saltillo, Coahuila, detectaron que tres arreglos, Pikes Peak (PP), Olympic (OL) y Tree Line (TL) eran los principales componentes y presentaban frecuencias semejantes a lo largo del estudio. En las localidades de Estados Unidos sólo dos inversiones fueron los principales componentes y las frecuencias inversas conforme transcurre el año, constituyendo un patrón cíclico. En el seguimiento realizado por más de 25 años en Tulancingo, Hidalgo, Amecameca, estado de México, y Zirahuén, Michoacán (datos en proceso), las inversiones participantes fueron Tree Line (TL), Cuernavaca (CU) y Santa Cruz (SC).

D. willistoni es una especie neotropical ampliamente distribuida en América del Sur, que se extiende desde el sur de Florida y centro de México hasta Buenos Aires y está presente en las Antillas y varias islas caribeñas (Townsend, 1958). En México Patterson y Mainland (1944) la recolectaron en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Morelos, Guerrero, Michoacán y Jalisco, pero según nuestra experiencia debe habitar en otros, al menos en Tabasco. La especie hace parte del grupo *willistoni* de importancia ecológica, genética y evolutiva; se le considera la especie más polimórfica del género *Drosophila*, con 70 inversiones descritas (Valente y Morales, 1985). Dobzhansky (1950) describió el mapa cromosómico fundamental de la especie y posteriormente en colaboración con investigadores brasileños inició descripciones de inversiones en buen número de localidades. Entre otros trabajos tenemos los de Da Cunha *et al.* (1950) relacionando polimorfismo cromosómico con adaptación, Da Cunha y Dobzhan-

sky (1954) relacionando el polimorfismo con el medio ambiente, Dobzhansky (1957) refiriéndose a poblaciones continentales e insulares, Townsend (1952 y 1958) con referencia a poblaciones marginales y caribeñas, Valente (1980 y 1981) relacionando la variabilidad cromosómica con ambientes y recursos tróficos. No ha faltado el estudio de la variabilidad mediante técnicas bioquímicas (Ayala *et al.*, 1970).

En México los estudios de esta índole son incipientes. Salceda (2001), en una población tabasqueña de 19 hembras, detectó 27 inversiones repartidas en los cinco brazos del genoma politécnico, tres inversiones A del cromosoma XL con frecuencia de 15.8 %, E del IIR con 28.9 % y B del III con 21.0 %. Las restantes 24 alcanzaron frecuencias inferiores al 10 % (Tabla 2).

Salceda (2005), en un análisis preliminar en cinco localidades del oriente de México con tamaños de muestra desde cinco hasta 114 hembras, entre 202 hembras detectó siete inversiones en el cromosoma XL, seis en el XR, siete en el IIL, seis en el IIR y 12 en el III (54.3% de las conocidas). En un estudio que se prolongó por ocho años en una localidad y haciendo un seguimiento semestral, Salceda (2006) detectó en 319 hembras y 3.190 cromosomas 45 inversiones (64.3%) en los cinco brazos del cariotipo. El número de inversiones portadas por hembra se localizó entre 1.9 y 3.7, lo que incidió en los valores representativos de zonas marginales de la distribución de la especie. Como la zona cubierta por los estudios fue de 400 km y el polimorfismo cromosómico es de índole adaptativo se deben estudiar más localidades, considerando la alta diversidad ecológica existente en México.

D. nebulosa, especie neotropical que se extiende desde Buenos Aires hasta México y Texas (Patterson y Mainland, 1944), es el miembro más común del grupo *willistoni* en México, donde se ha recolectado en los estados de Coahuila, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí y Veracruz. El mapa cromosómico de *D. nebulosa* fue descrito por Pavan (1946) señalando la existencia del polimorfismo en los brazos XL y III. En el brazo XL se encuentra una inversión en la extremidad del cromosoma sexual y es semejante a la "sex-ratio" de *D. pseudoobscura* sin presentar las consecuencias de la misma. El cromosoma III presenta 17 inversiones paracéntricas en general de pequeño tamaño y son el producto de ocho secciones invertidas. La especie ha sido poco estudiada a este respecto. Da Cunha (1953) reportó la frecuencia de inversiones heterocigotas en diez poblaciones naturales en Brasil, incluyendo otro parámetro de estudio, el número promedio de inversiones por hembra.

Tabla 2. Frecuencias relativas de varias inversiones heterocigotos del cromosoma III de *Drosophila willistoni* durante varios años en una localidad de Veracruz.

	Enero 1994	Julio 1995	Julio 1996	Enero 1997	Abril 1997	Julio 1997	Oct. 1997	Oct. 1998	Enero 2001	Promedio	n
No	75.6	73.0	81.3	87.5	83.3	78.2	77.8	54.3	44.8	72.9	443
A	1.3	---	2.8	---	5.5	---	---	2.8	6.0	3.7	15
B	8.9	13.0	3.5	6.2	11.1	2.5	16.7	17.1	20.6	11.1	69
C	---	1.0	---	---	---	---	---	1.4	3.4	1.9	6
D	2.5	---	1.4	---	---	2.5	---	---	0.8	1.8	7
F	2.5	2.0	1.4	---	---	---	5.5	5.7	4.3	3.5	16
H	---	---	---	---	---	1.3	---	---	1.7	1.5	3
I	1.3	3.0	---	---	---	---	---	2.8	2.5	2.4	9
J	5.1	8.0	2.7	---	---	7.6	---	11.4	6.0	6.8	37
K	---	---	1.3	---	---	---	---	---	3.4	2.4	6
L	1.2	---	1.3	---	---	2.5	---	1.4	5.1	2.5	12
M	1.2	---	2.7	6.2	---	2.5	---	2.8	0.8	2.7	11
Q	---	---	1.3	---	---	2.5	---	---	---	1-9	4

Tabla 3. Frecuencias relativas de varias inversiones heterocigotos del cromosoma III de *Drosophila nebulosa* durante varios años en una localidad de Veracruz.

	Julio 1991	Enero 1994	Julio 1995	Julio 1996	Oct. 1996	Nov. 1996	Enero 1997	Julio 1998	Oct. 1998	Enero 2001	Promedio	n
No	24.6	49.0	53.1	25.0	40.7	34.8	35.7	16.7	25.0	50.0	35.5	229
A	24.2	15.6	16.1	16.7	15.1	13.0	7.1	25.0	37.5	20.0	19.0	123
B	16.0	16.7	9.9	25.0	8.1	13.0	---	8.3	25.0	10.0	14.7	88
C	4.3	---	1.2	---	---	---	7.1	---	---	---	4.2	13
D	6.6	6.3	7.1	---	12.8	15.9	21.4	33.3	---	---	14.8	58
E	5.9	3.1	4.9	16.7	7.0	8.7	14.3	18.3	---	---	8.6	39
F	5.5	1.0	---	---	---	---	---	8.3	---	---	4.9	16
G	6.6	8.3	7.1	16.7	13.9	11.6	14.3	---	---	20.0	12.4	57
H	4.7	---	---	---	---	---	---	---	---	---	4.7	12
H/h	1.6	---	---	---	2.3	2.9	---	---	12.5	---	4.8	9

Valente *et al.* (1996) reportaron el hallazgo de una nueva inversión en el segundo cromosoma (IIR).

En poblaciones mexicanas Salceda (2005) estudió ocho años una localidad de Veracruz (Tabla 3), analizó 1.270 cromosomas y correspondieron 635 para cada uno de los dos pares cromosómicos en los que existe polimorfismo. Las frecuencias fueron similares en cada muestreo y las inversiones de mayor frecuencia relativa fueron: A (19.0%), D (14.8%), B (14.7%) y G (12.4%). La inversión IIL se detectó con una frecuencia promedio de 12.5%. Recolectas recientes en la costa oriental de México representativas de seis localidades se encuentran en proceso de análisis. El número promedio de inversiones por hembra fue de 1.57.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a las autoridades del ININ por el continuo apoyo a este proyecto. Al CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México), por el apoyo financiero que

permitió parcialmente la realización de recolectas y desarrollo del proyecto mediante convenio 31736-N. Muy particularmente a la doctora Creucí María Caetano por la amable invitación al evento y a las autoridades de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, por cubrir los gastos que me permitieron la asistencia al II Simposio Latinoamericano de Citogenética y Evolución (II SLACE, 15-18 agosto de 2007). A todas las personas que de una u otra forma colaboraron al desarrollo de esta investigación. El escrito fue mejorado gracias a los comentarios y sugerencias de un revisor anónimo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ayala, F.J.; Mourao, C.A.; Perez-Salas, S.; Richmond R.C.; Dobzhansky, T. 1970. Enzyme variability in the *Drosophila willistoni* group. I. Genetic differentiation among sibling species. *Proc Natl Acad Sci USA*, 67: 225-232.
2. Bridges, C.B. 1935. Salivary chromosome maps, with a key to the banding of the chromosomes of *Drosophila melanogaster*. *J Hered* 26: 60-64.
3. Brncic, D. 1962. Chromosomal structure of populations of *Dro-*

- sophila flavopilosa* studied in larvae collected in their natural breeding sites. *Chromosoma* 13: 183-195.
4. Carson, H.L.; Stalker, H.D. 1947. Gene arrangements in a natural population of *Drosophila robusta*, Sturtevant. *Evolution* 1: 113-123.
 5. Da Cunha, A.B.; Brncic, D.; Salzano, F.M. 1953. A comparative study of chromosomal polymorphism in certain South American species of *Drosophila*. *Heredity* 7: 193-302.
 6. Da Cunha, A.B.; Burla, H.; Dobzhansky, T. 1950. Adaptive chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni*. *Evolution* 4: 212-225.
 7. Da Cunha, A.B.; Dobzhansky, T. 1954. A further study of chromosomal polymorphism in *Drosophila willistoni* in its relation to the environment. *Evolution* 8: 119-134.
 8. Dobzhansky, T. 1948. Chromosomal variation in populations of *Drosophila pseudoobscura* which inhabit Northern Mexico. *Am Nat*, 82: 97-106.
 9. Dobzhansky, T. 1950. The chromosomes of *Drosophila willistoni*. *J Hered* 41: 156-158.
 10. Dobzhansky, T. 1957. Genetics of natural populations. XXVI. Chromosomal variability in island and continental populations of *Drosophila willistoni* from Central America and West Indies. *Evolution* 11: 280-293.
 11. Dobzhansky, T.; Sturtevant, A.H. 1938. Inversions in the chromosomes of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 23: 28-64.
 12. Dobzhansky, T.; Epling, C. 1944. Contributions to the genetics, taxonomy and ecology of *Drosophila pseudoobscura* and its relatives. Carnegie Institution of Washington, Publication 554, 183p.
 13. Dobzhansky, T.; Hunter, A.S.; Pavlovsky, O.; Spassky, B.; Wallace, B. 1963. Genetics of natural populations. XXXI. Genetics of an isolated marginal population of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics*, 48: 91-103.
 14. Dubunin, N.P.; Tiniakov, G.G. 1945. Seasonal cycles and the concentration of inversions in populations of *Drosophila funebris*. *Am Nat* 79: 570-582.
 15. Dobzhansky, T.; Felix, R.; Guzmán, J.; Levine, L.; Olvera, O.; Powell, J.R.; de la Rosa, M.E.; Salceda, V.M. 1975. Population genetics of Mexican *Drosophila*. I. Chromosomal variation in natural populations of *Drosophila pseudoobscura* from Central Mexico. *J Hered* 66: 203-205.
 16. Espinoza-Velázquez, J.; Salceda, V.M. 1981. Inversion polymorphism of a *Drosophila pseudoobscura* population from Saltillo, Coah. Mexico. *Southwest Nat* 25 (4): 479-483.
 17. Goldschmidt, E. 1956. Chromosomal polymorphism in a population of *Drosophila subobscura* from Israel. *J Genet* 54: 474-481.
 18. Guzmán, J.; Olvera, O.; de la Rosa, M.E.; Salceda, V.M. 1993. East-West distribution of inversion polymorphism in *Drosophila pseudoobscura*. *Southwest Nat* 38: 52-57.
 19. Guzmán, J.; Salceda, V.M.; Olvera, O.; Levine, L. 2005. Geographical gradients in Mexican populations of *Drosophila pseudoobscura*. *Rev Int Contam Ambient* 21 (Supl 1): 21-25.
 20. Kastritsis, C.D.; Crumacker, D.W. 1966. Gene arrangements in the third chromosome of *Drosophila pseudoobscura*. I. Configurations with tester chromosomes. *J Hered* 57: 150-158.
 21. Kastritsis, C.D.; Crumacker, D.W. 1967. Gene arrangements in the third chromosome of *Drosophila pseudoobscura*. II. All possible configurations. *J Hered* 58: 112-129.
 22. Koller, P.C. 1936. Structural hybridity in *Drosophila pseudoobscura*. *J Genet* 32: 79-84.
 23. Levine, L.; Olvera, O.; Powell, J.R.; Rockwell, R.F.; de la Rosa, M.E.; Salceda, V.M.; Anderson, W.W.; Guzmán, J. 1995. Studies on Mexican *Drosophila pseudoobscura*. In: Levine, L. (ed). Genetics of Natural Populations: The Continuing Importance of Theodosius Dobzhansky. Columbia University Press. p 109-139.
 24. Olvera, O.; de la Rosa, M.E.; Salceda, V.M.; Gaso, M.I.; Guzmán, J. 1982. Population genetics of Mexican *Drosophila*. VII. Inversion polymorphism in populations of *Drosophila pseudoobscura* from Southern Mexico. *Southwest Nat* 27: 361-364.
 25. Olvera, O.; Powell, J.R.; de la Rosa, M.E.; Salceda, V.M.; Gaso, M.I.; Guzmán, J.; Anderson, W.W.; Levine, L. 1979. Population genetics of Mexican *Drosophila*. VI. Cytogenetic aspects of the inversion polymorphism in *Drosophila pseudoobscura*. *Evolution* 33: 381-393.
 26. Olvera, O.; Salceda, V.M.; Levine, L.; Guzmán, J. 2005. Chromosomal polymorphism of *Drosophila pseudoobscura* from Southern Mexico. *Rev Int Contam Ambient* 21, (Supl. 1): 27-30.
 27. Painter, T.S. 1934. A new method for the study of chromosomal aberrations and the plotting of chromosome maps in *Drosophila melanogaster*. *Genetics* 19: 175-188.
 28. Pavan, C. 1946. Chromosomal variation in *Drosophila nebulosa*. *Genetics* 31: 546-557.
 29. Patterson, J.T.; Mainland, G.B. 1944. The Drosophilidae of Mexico. The University of Texas Publication No. 4445, 101p.
 30. Salceda, V.M. 2001. Inversion polymorphism of *Drosophila pseudoobscura* (Drosophilidae) from the Baja California Peninsula. *Dros Inform Serv* 84: 95-99.
 31. Salceda, V.M. 2001. Inversion polymorphism in a natural population of *Drosophila willistoni* from Tabasco, Mexico. *Dros Inform Serv* 84: 99-100.
 32. Salceda, V.M. 2005a. Chromosomal polymorphism in natural populations of *Drosophila willistoni* from Eastern Mexico. Preliminary report. *Dros Inform Serv* 88: 30-33.
 33. Salceda, V.M. 2005b. Inversion polymorphism in a natural population of *Drosophila nebulosa*. A ten year record. *Rev Int Contam Ambient* 21 (Supl.1): 31-34.
 34. Salceda, V.M. 2006. Chromosomal polymorphism in a natural population of *Drosophila willistoni* (Diptera: Drosophilidae) from Laguna Verde, Veracruz, Mexico. An eight-year record. *Southwest Nat* 51 (3): 320-325.
 35. Salceda, V.M.; Espinoza-Velázquez, J. 2006a. Gradientes geográficos para inversiones del cromosoma III de *Drosophila pseudoobscura* (Diptera: Drosophilidae) de México. *Folia Entomol Mex* 45 (1): 17-26.
 36. Salceda, V.M.; Espinoza-Velázquez, J. 2006b. Microgeographic variation of inversions in natural populations of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetika* 38(2): 97-106.
 37. Salceda, V.M.; Guzman, J.; Olvera, O.; Levine, L. 2007a. Chromosomal variation in natural populations of *Drosophila pseudoobscura* inhabiting Northern Mexico. *Southwest Nat* 52(3): 430-435.
 38. Salceda, V.M.; Guzmán, J. and Olvera, O. 2007b. Inversion polymorphism in some natural populations of *Drosophila pseudoobscura* from Central Mexico. *Genetika* 39(3): 343-354.
 39. Schaeffer, S.W.; Goetting-Minesky, M.P.; Kovacevic, M.; Peoples, J.R.; Graybill, J.L.; Miller, J.M.; Kim, K.; Nelson, J.G.; Anderson, W.W. 2003. Evolutionary genomics of inversions in *Drosophila pseudoobscura*: Evidence for epistasis. *Proc Natl Acad Sci USA* 100: 8319-8324.

40. Sturtevant, A.H. 1917. Genetic factors affecting the strength of linkage in *Drosophila*. *Proc Natl Acad Sci USA* 22: 448-452.
41. Sturtevant, A.H.; Dobzhansky, Th. 1936. Inversions in the third chromosome of wild races of *Drosophila pseudoobscura*, and their use in the study of the history of the species. *Proc Natl Acad Sci USA* 22: 448-450.
42. Sturtevant, A.H.; Plunkett, C.R. 1926. Sequence of corresponding third chromosome genes in *Drosophila melanogaster* and *D. simulans*" *Biol Bull* 50: 56-64.
43. Tan, C.C. 1935. Alivary gland chromosomes in the two races of *Drosophila pseudoobscura*. *Genetics* 20: 392-402.
44. Townsend, J.I. 1952. Genetics of marginal populations of *Drosophila willistoni*. *Evolution* 6: 428-442.
45. Townsend, J.I. 1958. Chromosomal polymorphism in Caribbean Islands populations of *Drosophila willistoni*. *Proc Natl Acad Sci USA* 44: 38-42.
46. Valente, V.L.S. 1980. Observacoes sobre diferencas no polimorfismo cromossômico de linhagens de *Drosophila willistoni* em paralelo com exploracao de diferentes recursos tróficos. *Ciencia e Cultura* 32 (Supl.) 7: 668.
47. Valente, V.L.S. 1981. polimorfismo cromossômico e variabilidade ambiental em populacoes naturais de *Drosophila willistoni*. *Arch Biol Med Exp* 14 (1):87.
48. Valente, V.L.S; Morales, N.B. 1985. New inversions and qualitative description of inversion heterozygotes in natural populations of *Drosophila willistoni* inhabiting two different regions in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Rev Bras Genet* 7 (1): 167-173.
49. Valente, V.L.S; Bonorino, C.B; Goñi, B. 1996. Photomap of *Drosophila nebulosa* Sturtevant, with description of a new inversion inpopulations from Uruguay. *Braz J Genet* 19 (1): 93-96.

Estimación de la conductividad hidráulica saturada *in situ* en un suelo tratado con vinaza

Field saturated hydraulic conductivity estimation on vinasse treated soil

Ludwig M. Rojas D.,¹ Hernán Rojas Palacio,² Juan Carlos Menjívar Flórez³

¹ y ². Facultad de Ingeniería y Administración Universidad Nacional de Colombia. AA 237. Palmira Valle. ³ Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia. AA 237. Palmira Valle. (Autor para correspondencia: hrojas@palmira.unal.edu.co)

REC.: 25-02-08

ACEPT.: 25-04-08

RESUMEN

Se estimaron los cambios en la conductividad hidráulica saturada mediante las técnicas de “caída de carga” y “fuente localizada de agua” en un suelo Ustipsamment típico arenoso isohipertérmico con dosis diluidas de vinazas. La investigación se realizó en la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (3° 25' 39.81" N y 76° 25' 45.70" O, 953 m.s.n.m, 24 °C y 60% HR, 1.020 mm). Los dos métodos no difirieron de forma significativa ($p < 0.05$) en la estimación de la conductividad hidráulica saturada promedio, la cual se redujo de forma exponencial al incrementar la concentración de vinaza. Los resultados obtenidos nos indican una reducción de la conductividad hidráulica del 50% para una concentración de vinaza de 2° Brix en un suelo arenoso, 5.3° Brix en el suelo franco arenoso y 6.1° Brix en el suelo franco arcilloso

Palabras claves: Método de aplicación localizada; Modelos de simulación; Método de caída de carga; Riego.

ABSTRACT

Changes for soil saturated hydraulic conductivity were estimated by using the “falling head” and “point source” methods. The soil type treated with vinasse was Ustipsamment Typic Sandy Isohipertermic located at Colombia National University experimental center (3° 25' 39.81" N, 76° 25' 45.70" W; 953 m.s.n.m., 24 °C, 60% HR. and 1020 mm.). The used field methods did not show statistical differences for the estimation of the saturated hydraulic conductivity ($p < 0.05$), however a decreasing exponential relationship between hydraulic conductivity and vinasse concentration was found. The hydraulic conductivity was reduced about of 50% from the initial value to 2° brix in sandy soil, 5.3° brix to sandy loam soil and 6.1° brix to clay loam.

Key words: Point source method; Simulation models; Falling head method; Irrigation.

INTRODUCCIÓN

La conductividad hidráulica, propiedad que controla tanto la infiltración, la escorrentía superficial, el transporte de plaguicidas y la migración de contaminantes hacia las aguas subterráneas, cuando se determina en forma puntual en campo requiere gran número de determinaciones para tener idea de la magnitud y variación en un área seleccionada (Logsdon y Jaynes, 1996).

El conocimiento de la conductividad hidráulica, tanto saturada como no saturada, es necesario como dato inicial en modelos numéricos para predecir el

comportamiento del flujo del agua o fluidos a través del suelo, los cuales se obtienen mediante pruebas de laboratorio que consumen mucho tiempo y recursos económicos. Con el fin de superar estos limitantes se han desarrollado métodos rápidos y fiables de campo tales como el de caída de carga (Bagarello *et al.*, 2004) y el de fuente localizada (Yitayew *et al.*, 1998).

Uno de los residuos que genera la producción de alcohol carburante a partir de caña de azúcar en el Valle del Cauca es la “vinaza”, la cual se puede utilizar como enmienda o fertilizante. Actualmente existe interés marcado de las entidades de investigación en contribuir en

el conocimiento del proceso del transporte y efecto de estas sustancias tanto en el suelo como en el agua.

La investigación pretendió valorar la conductividad hidráulica a nivel de campo y en los estados saturados y no saturados del suelo con el fin de dar información de apoyo a investigaciones que sirvan de base en el campo de la modelación y normatividad de carácter ambiental en el área de los recursos de agua y suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (3°25'39.81" N y 76°25'45.70" O; 953 m.s.n.m., 24 °C, 60% HR y 1.020 mm), en un suelo Ustipsamment típico arenoso isohipertérmico 1% (Acosta *et al.*, 1997). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en utilizar diferentes fluidos (agua de riego, vinaza de 2.95 °Brix, vinaza de 5.42 °Brix y vinaza de 32.5 °Brix).

La determinación de la conductividad hidráulica saturada se realizó por dos métodos: El de “caída de carga” (Bagarello *et al.*, 2004), en el cual se aplica un volumen pequeño de agua sobre la superficie confinada en un anillo y se mide el tiempo transcurrido desde la aplicación de agua hasta que la superficie ya no se encuentre cubierta por la misma. El valor de la conductividad (Ks) se determina mediante la ecuación:

$$K_s = \frac{\Delta\theta}{(1-\Delta\theta)t_a} * \left[\frac{D}{\Delta\theta} - \left(\left(\frac{D + \frac{1}{\alpha}}{1-\Delta\theta} \right) * \ln \left\{ 1 + \left(\frac{(1-\Delta\theta)*D}{\Delta\theta * \left(D + \frac{1}{\alpha} \right)} \right) \right\} \right) \right] \quad (1)$$

Donde $\Delta\theta$ es la diferencia del contenido de humedad ($\text{cm}^3_{\text{agua}} / \text{cm}^3_{\text{suelo}}$), t_a es el tiempo de aplicación (minutos), D es la lámina de agua aplicada (cm) y α es un parámetro del suelo (cm^{-1}).

En el método “fuente localizada de agua” (Shani *et al.*, 1987) se aplica el fluido líquido a un suelo relativamente seco utilizando caudales conocidos y dejando estabilizar el radio de saturación que se distingue de la zona húmeda por ser más brillante. Se utiliza la siguiente ecuación para determinar la conductividad:

$$q = K_0 \left(0.836 + \frac{1}{\alpha r_0} \right) \quad \text{for } \alpha r_0 \leq 5 \quad (2)$$

donde q (LT^{-1}) es la densidad de flujo, r_0 (L) es el radio de inundación, K_0 (LT^{-1}) es la conductividad hidráulica saturada y α (L^{-1}) es una constante empírica (Warrick, 1985).

Se compararon los métodos mediante una prueba de “t” utilizando la técnica de comparación de medias con grupos apareados (Steel y Torrie, 1985). En el análisis de regresión se utilizó la aplicación CurveExpert 1.3, 32-bit versión (Hymas, 2005), para expresar el comportamiento de la conductividad hidráulica para concentraciones (°Brix) de vinaza. Los datos experimentales se ajustaron al siguiente modelo exponencial:

$$K_s = a * e^{b*C} \quad (3)$$

donde K_s es la conductividad hidráulica saturada (LT^{-1}), “a” es un parámetro del modelo que indica la conductividad hidráulica para una concentración de vinaza de 0 °Brix (agua de riego). (LT^{-1}), “e” es la base de los logaritmos neperianos, “b” es una constante de reducción de la conductividad hidráulica para una concentración de vinaza (°Brix) y “C” es la concentración de vinaza (°Brix).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

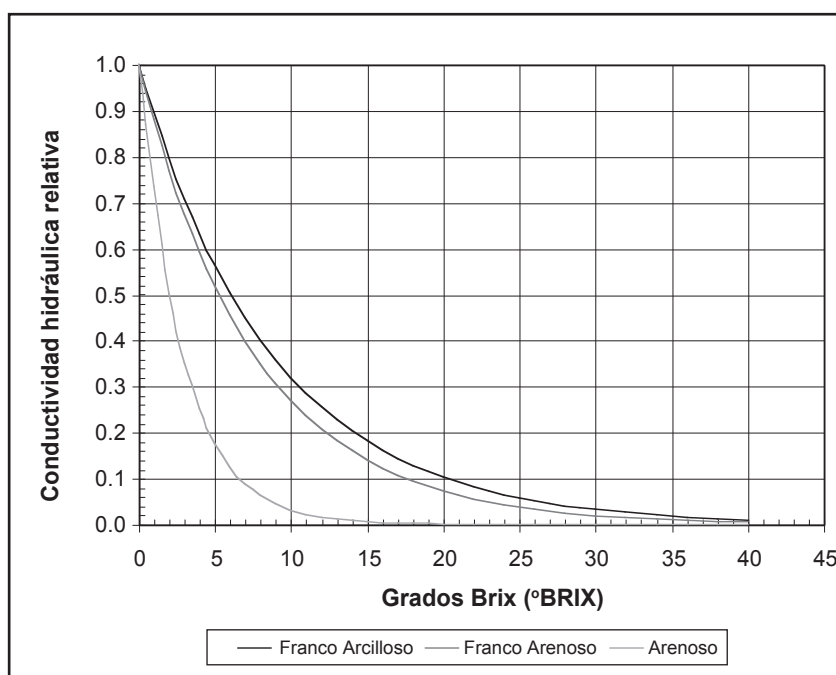
El análisis de varianza no mostró diferencia significativa entre los métodos para la estimación de la conductividad hidráulica saturada promedio. El método de caída de carga tiene la ventaja de manejo, utiliza volúmenes pequeños de fluido, emplea menos tiempo y equipo sencillo, pero requiere la determinación de variables adicionales de laboratorio como contenido de humedad, densidad aparente y la curva de retención de humedad del suelo, y/o una estimación del parámetro α en el modelo de Brooks y Corey (1964) (Van Genuchten *et al.*, 1991).

En contraste el método de fuente localizada de agua requiere el montaje y calibración de un equipo un poco más sofisticado (técnica de Mariotte) que permite la aplicación de caudales constantes y crecientes en un mismo punto. Este método da información adicional en el caso de agua (agua de riego) para estimar el parámetro sorbilidad (s) y la conductividad hidráulica no saturada, de esta manera también es posible encontrar las funciones hidráulicas del suelo (Villegas, 1997). Una de las desventajas del método radica en que para fluidos diferentes del agua (vinaza) no se distingue el frente de saturación y, por lo tanto, induce a errores en la medida del radio de saturación, errores que se traducen en encontrar parámetros negativos que no tienen justificación física del fenómeno.

En la Tabla 1 se muestran los parámetros del modelo exponencial para diferentes texturas, así como el coeficiente de correlación y la desviación estándar.

Tabla 1. Valores de los parámetros del modelo para diferentes texturas de suelo (2007).

Sitio de muestreo	Orden	Textura	Parámetros del Modelo				
			Número datos	Parámetro	Parámetro reducción Ks	Coefficiente de determinación	Error estándar
CEUNP	Entisol	Arenosa	26	285.39	-0.34	0.95	23.89
Ingenio Providencia	Molisol	Franco Arenosa	5	237.68	-0.13	0.95	1.82
Ingenio Providencia	Vertisol	Franco Arcillosa	5	161.45	-0.11	0.73	4.63

Figura 1. Reducción de la conductividad hidráulica saturada con grados Brix ($^{\circ}$ Brix) de la vinaza.

La tendencia fue a la disminución de la conductividad hidráulica saturada con el aumento de la concentración de vinaza (Figura 1). El comportamiento de orden exponencial decreciente interceptó la ordenada ($^{\circ}$ Brix) en el valor de la conductividad hidráulica saturada con agua de riego. Los valores encontrados fueron de 285.4 mm/h, 237.7mm/h y 161.5mm/h para suelos con textura arenosa, franco arenoso y franco arcilloso respectivamente. Se correlacionó una reducción del 50% en la conductividad hidráulica saturada para una concentración de vinaza de 2° Brix en un suelo arenoso, 5.3° Brix en el suelo franco arenoso y 6.1° Brix en el suelo franco arcilloso.

Lo anterior adquiere importancia dado el énfasis que podría dárseles a los usos potenciales de la vinazas como es su aplicación en los campos agrícolas a través del riego, o en el campo de la ingeniería civil, como acondicionador para sellado o impermeabilización de

lagunas. Finalmente, el comportamiento encontrado de Ks en este tipo de suelos permite inferir que la vinaza, al poseer alta carga orgánica, interactúa con la fracción mineral del suelo y puede ser, en parte, responsable del retardo del movimiento del fluido en la matriz del suelo, al producirse un posible fenómeno de adsorción.

CONCLUSIONES

El método de “caída de carga” es sencillo a nivel de campo por los bajos volúmenes de fluido utilizados y en el relativamente corto periodo de la experiencia. No obstante es necesario obtener la curva de retención de humedad para el suelo en estudio.

La conductividad hidráulica del suelo en estudio se afectó inversamente con la concentración de vinaza y puede representarse por un modelo exponencial inverso.

Los dos métodos no difirieron de forma significativa en la estimación de la conductividad hidráulica saturada promedio.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira por el apoyo al trabajo de grado del ingeniero agrícola L. M. Rojas D., a partir del cual se generó la información presentada en el artículo. Al Grupo de Investigación en Suelos y Aguas con énfasis en Degradación de Suelos por el apoyo económico. Al señor Miguel Beltrán, laboratorista de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acosta, R. J.; Aragón, C.; Llanos; Madero E. 1997. Cartografía ultra- detallada de suelos y evaluación de tierras del Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) Sede Palmira. *Acta Agron (Palmira)* 47 (1): 23-34.
2. Bagarello, V.; Lovino, M.; Elrick, D. 2004. A simplified falling-head technique for rapid determination of field-saturated hydraulic conductivity. *Soil Sci Soc J* 68:66-73.
3. Brooks, R. H.; Corey, A.T. 1964. Hydraulic properties of porous media. Fort Collins, CO: Colorado State Univ. (Hydrology Paper No. 3).
4. Hyams, D. G. 2005. Curve Expert 1.3 a comprehensive curve fitting package for windows. Available from the website: <http://curveexpert.webhop.biz/>
5. Logsdon, S. D.; Jaynes, D.B. 1996. Spatial variability of hydraulic conductivity in a cultivated field at different times. *Soil Sci Soc Am J* 60(2):703-709.
6. Shani, U.; Haanks, R.J.; Bresler, E.; Oliveira, C.A.S. 1987. Field method for estimating hydraulic conductivity and matric potential- water content relation. *Soil Sci Soc Am J* 51:298-302.
7. Steel, D.G.R.; Torrie, H.S. 1985. Bioestadística: Principios y procedimientos. Bogotá: McGraw-Hill.
8. Van Genuchten, M. TH.; Leij F. J.; Yates, S.R. 1991. The RECT code for quantifying the hydraulic functions of unsaturated soils. U.S. Salinity Laboratory, Riverside, Ca.
9. Villegas, T. F. de Jesús. 1997. Determinación del aporte del nivel freático al uso consultivo de la caña de azúcar (*Sacharum* spp.) y validación del modelo WATABLE. Tesis MSc. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
10. Warrick, A. W. 1985. Point and line infiltration calculation of the wetted soil surface. *Soil Sci Soc Am J* 49: 1581-1583.
11. Yitayew, M.; Khan, A. A.; Warrick A. W. 1998. *In situ* measurements of soil hydraulic conductivity using point application of water. *Appl Eng Agric* 14(2): 115-120.

Manejo pós-colheita de hastes florais de gladiolos (*Gladiolus grandiflorus* L.)

Postharvest handling of floral rods (*Gladiolus grandiflorus* L.)

Leirson Rodrigues da Silva, Mônica Danielly de Mello Oliveira, Silvanda de Melo Silva

Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais, Centro de Ciências Agrárias, Campus II, Universidade Federal da Paraíba, CEP 58397-000, Areia, Paraíba, fone (83) 3362-2300. (leirsonrodrigues@yahoo.com.br; silvasil@cca.ufpb.br).

REC.: 31-03-08

ACEPT.: 28-04-08

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de soluções de ácido cítrico em diferentes concentrações na manutenção da qualidade pós-colheita de gladiolos de corte mantidos sob intermitência de refrigeração e condições ambiente. As flores foram colhidas pela manhã, no ponto de colheita comercial e transportadas para laboratório de Pós-Colheita, e mantidas a 10°C durante três dias, onde em seguida foram armazenadas sob condições ambientes ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR), sob os seguintes tratamentos: água destilada (controle) e em soluções de 30, 60, 90 e 120 mg. L⁻¹ de ácido cítrico, substituídas a cada três dias. A longevidade foi avaliada, mediante o agrupamento da qualidade das hastes, relativo ao período de armazenamento, em escala variando de 0 a 5, tomando como referência o número de dias, a partir da colheita, onde as flores não apresentavam abscisão ou morte de pétalas e aparência geral, em escalas qualitativas, variando de 1 a 7. A utilização de soluções de ácido cítrico não foi efetiva na manutenção da qualidade floral de gladiolos sob intermitência de refrigeração e condições ambientes ao nível de 5% de significância.

Palavras-chave: *Gladiolus grandiflorus* L.; conservação; flores de corte.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of acid citric solutions in different concentrations on maintaining of postharvest quality of cut gladiolus under cold or room storage conditions. The flowers were harvested in the morning, at the point of commercial harvest and transported to postharvest laboratory and kept the 10°C during three days, which were stored under room conditions ($24 \pm 2^\circ\text{C}$ and $85 \pm 2\%$ UR), using the following treatments: distilled water (control) and in 30, 60, 90 and 120 mg. L⁻¹ citric acid solutions substituted to each three days. The longevity was evaluated through the grouping of stem quality on the storage periods ranging in scale from 0 to 5 taking by reference to the number of days from the harvest where flowers no presented abscission or petals death and general appearance, in qualitative scale, ranging 1 to 7. The use of acid citric solutions was not effective in maintaining the floral quality of gladiolus under cold or room conditions to the 5% significance level.

Key-words: *Gladiolus grandiflorus* L.; conservation; cut-flowers.

INTRODUÇÃO

O gladiolo (*Gladiolus grandiflorus* L.), vulgarmente conhecido como palma de Santa Rita ou palma, é uma planta herbácea e encontra-se entre as mais importantes flores de corte do país (Tomblato *et al.*, 1998). Para a conservação das flores aconselha-se preservá-las a uma temperatura entre 2 e 5 °C. Quanto menor o tempo de armazenagem no frio, maior a durabilidade das flores para o consumidor. É tradicionalmente utilizado para ornamentação de cerimônias e eventos públicos, sendo uma cultura bem aceita entre os pequenos e médios agricultores graças ao ciclo relativamente curto (60

a 120 dias), facilidade de condução, baixo custo de implantação e rápido retorno econômico (Paiva, 1999).

A qualidade da flor do gladiolo depende do tamanho do bulbo, da intensidade luminosa e da densidade de plantio. A longevidade das flores é determinada por vários fatores pré e pós-colheita e está relacionada, também, com as características genéticas e anatômicas de cada espécie e cultivares (Nowak e Rudnicki, 1990). Como fatores pré-colheita, podemos citar o estado de maturação, sombreamento da cultura e cultivar; e como fatores pós-colheita, a temperatura de armazenamento, umidade relativa, intensidade luminosa, entre outros.

Segundo Gonzaga *et al.* (2001) o sucesso comercial de uma flor de corte depende não somente de sua qualidade estética e produção, mas também de sua vida de vaso. O manuseio pós-colheita inadequado é responsável pela perda de 20 a 30 % das flores de corte que são comercializadas (Han, 2002).

Segundo McConchie (2002) a temperatura é determinante para a taxa de respiração das flores, quanto mais alta a temperatura, mais alta a taxa de respiração e mais rápido a flor irá morrer. Altas temperaturas aumentam a perda de água e aceleram o envelhecimento das plantas e flores (Moraes *et al.*, 1999).

As flores de origem tropical requerem armazenamento entre 7 e 15°C, pois temperaturas menores podem causar danos por frio (*chilling*) apresentando sintomas como a descoloração das flores, lesões necróticas nas pétalas e folhas e atraso na abertura do botão após o armazenamento (Nowak e Rudnicki, 1992). Porém, a sensibilidade de uma planta ou parte dela ao dano varia em função da espécie, cultivar, porte da planta e tempo de exposição à baixa temperatura (Kays, 1991).

O armazenamento é considerado uma das etapas mais importantes para manutenção do equilíbrio entre o mercado distribuidor e consumidor de flores de corte (Tagliacozzo e Castro, 2002). Pelo fato das plantas ornamentais, particularmente flores de corte, ter uma vida útil muito limitada; as flores se deterioram rapidamente como ocorre com frutas e hortaliças por causa de processos fisiológicos degradativos que ocorrem mais intensamente após a colheita (Hardenburg *et al.*, 1988); portanto, exigem técnicas de conservação que contribuam para manter a qualidade floral pós-colheita.

Ácidos orgânicos também podem ser utilizados na solução de condicionamento, com o objetivo de reduzir o pH das soluções, pois pH ácido promove aumento da durabilidade de flores. Segundo Dias-Tagliacozzo *et al.* (2005) o uso de 4% de sacarose e 200 mg L⁻¹ de ácido cítrico manteve a qualidade floral de lírio (*Lilium longiflorum*).

Desta forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a vida útil pós-colheita de hastes florais de gladiolos submetidos a soluções conservantes contendo diferentes concentrações de ácido cítrico.

MATERIAL E MÉTODOS

As plantas de gladiolo foram fornecidas de um campo de cultivo comercial em Pernambuco, no município de Gravatá, e o experimento foi conduzido no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, pertencente ao Departamento de Ciências Fundamentais e Sociais da Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias, PB.

As flores foram colhidas quando as quatro flores basais estavam com os botões mostrando a cor (granado), o que corresponde ao ponto de colheita comercial. Logo após, as hastes foram padronizadas a um comprimento de 70 cm e com desfolhamento de 40 cm da base da haste.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial com quatro (soluções de ácido cítrico) e controle (água destilada) x 10 (períodos de avaliação), em que cada repetição foi composta de cinco hastes florais de gladiolo contendo aproximadamente oito flores. Os tratamentos foram constituídos do acondicionamento de gladiolo de corte sob intermitência de refrigeração e condições ambientes (24 ± 2°C e 85 ± 2%UR), em soluções com 0, 30, 60, 90, 120 mg L⁻¹ de ácido cítrico. As hastes foram mantidas por três dias sob refrigeração de 10°C e depois expostas às condições ambientes. Durante o período pós-colheita, foram realizadas análises qualitativas com atribuição de notas para as flores e folhas avaliadas diariamente. Essas análises constituem-se da atribuição de notas para as hastes, de acordo com o seu estágio de senescência. Para a análise qualitativa das flores, foram levadas em consideração às oito flores por haste, sendo que, para a análise qualitativa das folhas, foi considerado o número total de folhas das hastes.

A escala de notas utilizadas para avaliar a qualidade/aparência das flores foram: nota 0 = sem defeitos visíveis; nota 1 = hastes com até três flores apresentando pétalas descoloridas; nota 2 = hastes com todas as flores apresentando descoloração e até duas flores com início de murchamento; nota 3 = haste com todas as flores apresentando pétalas murchas; nota 4 = hastes com todas as flores apresentando pétalas murchas e início de secamento; nota 5 = hastes com todas as flores apresentando pétalas secas. A escala de notas utilizadas para avaliar a qualidade/aparência das folhas foram: nota 0 = sem defeito visível na folha; nota 1 = folhas em início de murchamento (folhas pendentes); nota 2 = folhas com murchamento e início de amarelecimento; nota 3 = folhas apresentando bordas secas; nota 4 = folhas com até 90% de secamento do limbo foliar; nota 5 = folhas completamente secas. O tempo de vida de vaso para a flor e folha foi determinado quando estes órgãos apresentaram nota igual ou superior a três, ou seja, sem qualidade para comercialização.

A longevidade foi avaliada mediante o agrupamento da qualidade das hastes, relativo ao período de armazenamento, em escala variando de 0 a 5, tomando como referência o número de dias, a partir da colheita, onde as flores não apresentavam abscisão ou morte de

pétalas. Foi realizada a seguinte avaliação: Aparência (1-9): 1 - Inaceitável; 3 - Ruim; 5 - Regular; 7 - Bom; 9 - Excelente.

Onde:

1. Senescência completa da flor, murchamento, escurecimento pronunciado das pétalas, senescência completa das pétalas, haste com escurecimento, impréstevel para comercialização;
3. Murchamento acentuado, presença de manchas nas pétalas e hastes, injúrias pronunciadas, enrugamento e escurecimento evidente das pétalas;
4. Limite de aceitação da flor quando for observada perda do valor ornamental e comercial. As soluções foram substituídas a cada três dias, onde as hastes recebiam cortes da base, na região obstruída;
5. Início de murchamento, aparência ligeiramente atrativa, ausência de manchas e injúrias e/ou enrugamento;
7. Flor fresca, túrgida, ligeiro murchamento, ausência de manchas e injúrias, ausência de enrugamento;
9. Flor fresca, túrgida, isenta de injúrias, muito atrativa, perfeita para exposição em vasos.

As análises estatísticas foram realizadas no momento em que o pior tratamento apresentou nota igual ou superior a três, para as flores e folhas avaliadas em todas as suas repetições.

Este parâmetro foi definido para a flor, devido a mesma ser o principal órgão responsável pela estética das hastes. Desta forma, as flores e folhas de gladiolo, foram avaliadas estatisticamente até a inviabilização

comercial ou senescência após a colheita, respectivamente. Os dados obtidos foram submetidos à regressão e à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A longevidade das flores até o segundo dia de armazenamento não apresentou diferença significativa entre os tratamentos; entretanto a partir do terceiro dia de armazenamento, flores mantidas em soluções de ácido cítrico apresentavam-se com as hastes inadequadas à comercialização, apresentando até três flores com pétalas descoloridas, onde esses resultados prolongaram-se até o sexto dia de armazenamento (Figura 1). A longevidade média de gladiolos coloridos foi de dois dias de armazenamento, para flores mantidas em soluções de ácido cítrico e controle, respectivamente. O murchamento das flores foi o sintoma mais evidente da senescência, não havendo até os 10 dias após a colheita abscisão das pétalas e das folhas, o que foi inicialmente observado para as flores tratadas com soluções à base de ácido cítrico (Figura 1). Entretanto, no sétimo dia do período de armazenamento, as flores tratadas com soluções de ácido cítrico apresentavam-se completamente murchas, descoloridas e escurecidas e, portanto, inviáveis para comercialização, tendo-se atingido perdas superiores a 50% a partir do oitavo dia de armazenamento.

Observou-se que, no nono dia de armazenamento, as flores mantidas em soluções de ácido cítrico apresen-

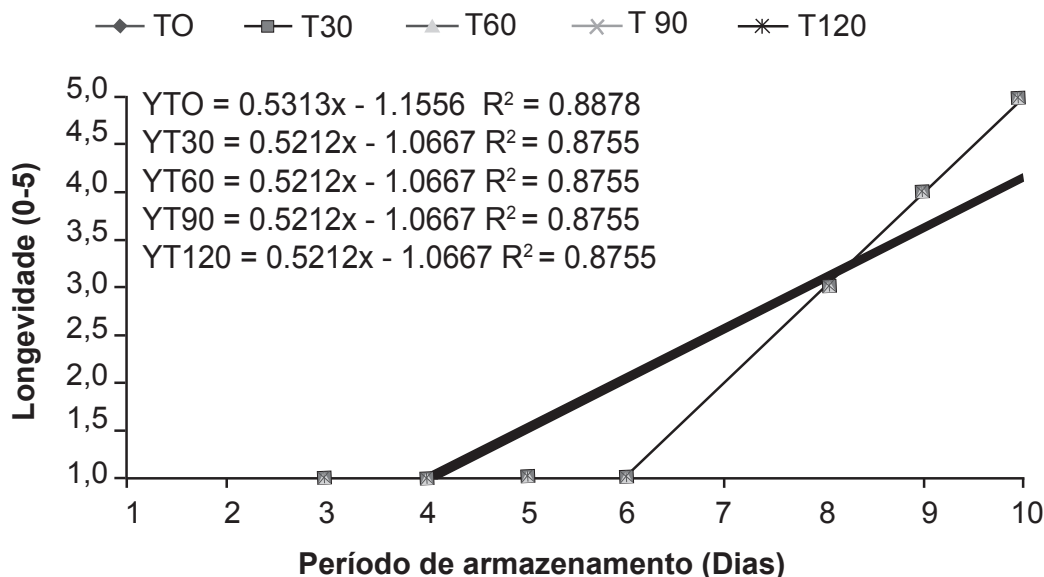


Figura 1. Longevidade (0-5) em gladiolos coloridos mantidos em soluções de ácido cítrico (30, 60, 90 e 120 mg L⁻¹ de ácido cítrico) e água destilada (controle) mantidos sob refrigeração e depois expostos às condições ambiente de 24 ± 2°C e 85 ± 2% UR. Areia, 2006.

tavam abscisão ou morte de pétalas, com todas as flores apresentando pétalas murchas e início de secamento; entretanto, a partir do décimo dia de armazenamento as flores mantidas nestes tratamentos, inclusive o controle, tenderam a apresentar menor longevidade. Para estes tratamentos, no décimo dia de armazenamento, observou-se uma perda de mais de 50% de flores, tornando-as totalmente inaceitáveis para comercialização. Portanto, a utilização de ácido cítrico nas soluções de manutenção das hastes, não foram eficientes no prolongamento da longevidade e da qualidade floral. Os tratamentos utilizando soluções à base de ácido cítrico proporcionaram uma menor longevidade a gladiolos coloridos. Com isso as flores nutridas com soluções de ácido cítrico, apresentaram uma menor vida útil e uma floração menos prolongada. Quando comparadas com gladiolos mantidos somente em água destilada (controle), a longevidade aumentou, onde obteve o mesmo comportamento. Ácidos orgânicos também podem ser utilizados na solução de condicionamento, com o objetivo de reduzir o pH das soluções, pois pH ácido aumenta a durabilidade de flores. Segundo Dias-Tagliacozzo *et al.* (2005), o uso de 4% de sacarose juntamente com 200 mg L⁻¹ de ácido cítrico manteria ou prolongaria a qualidade floral de lírio (*Lilium longiflorum*), se caracterizando com um meio eficaz de manutenção da qualidade floral. Aparentemente, uma maior longevidade pode estar associada a um peso fresco constante

e um aumento no peso seco. A interação da sacarose e do tiosulfato de prata também foi avaliada em flores de *Gladiolus*. Em flores de *Gladiolus*, o tratamento com sacarose estimulou a produção autocatalítica do etileno e o tiosulfato de prata aplicado isoladamente foi capaz de superar a deficiência de carboidratos na indução de abertura floral (Serek *et al.*, 1994).

Verificou-se que as flores tratadas com soluções de ácido cítrico e controle (água destilada) (Figura 2) apresentavam, já a partir do sétimo dia de armazenamento, aparência não comercial, estando inaceitável a partir do oitavo dia de armazenamento. Observou-se ainda que até o sexto dia de armazenamento, as flores mantidas em soluções de ácido cítrico, apresentavam uma boa aparência comercial, no entanto, a partir daí começaram a apresentar índices de queda, já chegando no oitavo dia de armazenamento com aparência considerada ruim. Com isso o uso de soluções com ácido cítrico não foi eficiente na manutenção da boa aparência das flores. A senescência das folhas se manifestou através de uma seqüência de eventos ao longo do período de armazenamento: primeiro, ocorreu escurecimento das folhas; segundo, murchamento; terceiro, escurecimento da base da haste, seguido do amarelecimento e, quarto, terminando com a necrose foliar. Com o aumento do período de armazenamento ocorreu uma aceleração no aparecimento de danos nas folhas.

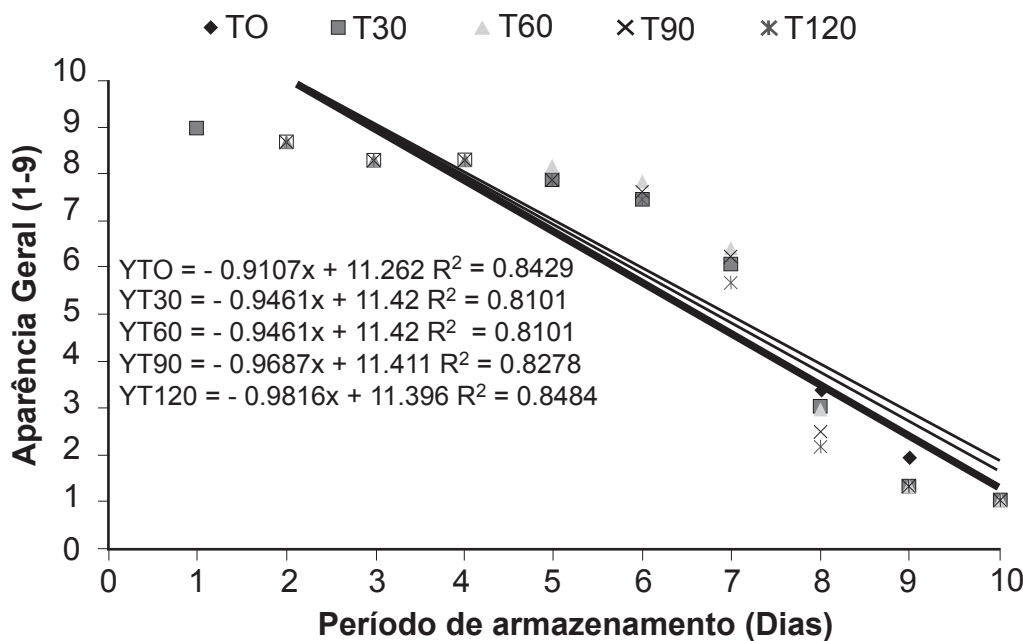


Figura 2. Aparência Geral (1-9) em gladiolos coloridos mantidos em soluções de ácido cítrico e água destilada (controle) sob refrigeração e depois expostos às condições ambiente de 24 ± 2°C e 85 ± 2% UR. Areia, 2006.

Trabalhando com rosas, Faragher e Mayak (1984) observaram que a senescência é muito mais lenta à baixa temperatura e sofre uma aceleração quando as flores são transferidas para temperatura ambiente. Estes autores sugeriram que o estímulo à produção de etileno após a transferência da refrigeração para temperatura ambiente pode ser efeito direto da exposição à baixa temperatura de armazenamento.

Verificou-se que, a aparência geral se manteve acima do limite de aceitação comercial para gladiolos mantidos em soluções de ácido cítrico, com melhor aparência das flores em todos os tratamentos até o sexto dia de armazenamento. Observou-se ainda que o tratamento (controle) obteve nota 7 (sete) até o décimo dia de armazenamento, o que caracterizou uma muito boa aparência comercial, indicando que a imersão das hastes em água resulta em ampliação da vida útil, onde a partir daí começaram a ocorrer processos de redução da manutenção da qualidade floral, com conseqüente perda de seu valor comercial.

A solução contendo ácido cítrico reduziu significativamente a vida das flores. Observou-se ainda que as flores sem o uso de solução com ácido cítrico, tiveram um menor período de vida de vaso, sendo que as flores só feneceram após um período de dois dias de armazenamento. A análise da variância mostrou um efeito

significativo, para todos os tratamentos, com relação às doses de ácido cítrico. O percurso da taxa de senescência de flores de gladiolos coloridos, apresentaram comportamento do tipo linear crescente, porém, com um efeito acentuado do período de armazenamento e conseqüentemente da dose aplicada, em que as hastes sem ácido cítrico permaneceram com o mesmo resultado.

A senescência das folhas (Figura 3) pôde ser representada por uma curva de resposta linear, na qual se observa que as hastes sem ácido cítrico apresentavam-se com o mesmo comportamento, e uma evolução muito rápida da senescência, pois com três dias de armazenamento todas as folhas já haviam perecido. Na de vida de vaso, observou-se que a senescência teve um comportamento semelhante tanto para flor como para folha, pois envelheceram praticamente num mesmo ritmo, à medida que as doses foram aumentadas.

Ao avaliar os resultados obtidos para as flores aos 10 dias de vida de vaso (Figura 4), verificou-se que a evolução da senescência da flor pode ser representada por uma equação linear crescente, significando que a mesma evoluiu proporcionalmente com o aumento das doses de ácido cítrico, sendo que alguns tratamentos apresentaram a mesma linha de tendência (Figura 4). No entanto, todas as flores nessas soluções de ácido cítrico haviam encerrado sua vida de vaso até essa data.

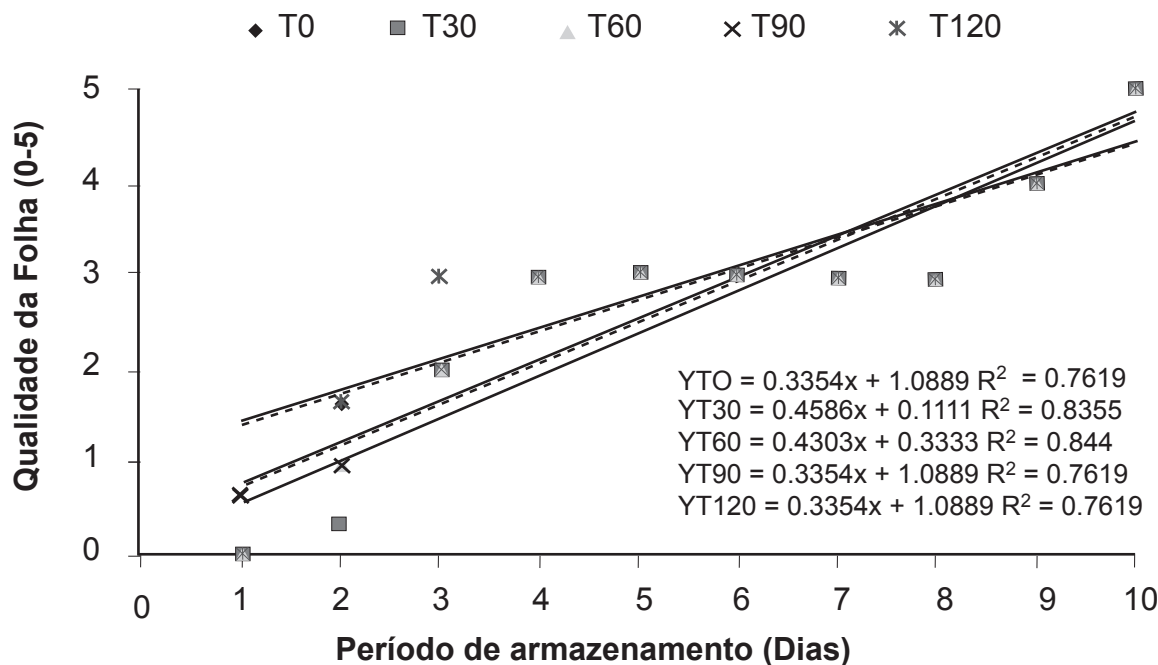


Figura 3. Análise qualitativa da folha (0-5) em gladiolos coloridos mantidos em soluções de ácido cítrico e água destilada (controle) sob refrigeração e depois expostos às condições ambiente de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR. Areia, 2006.

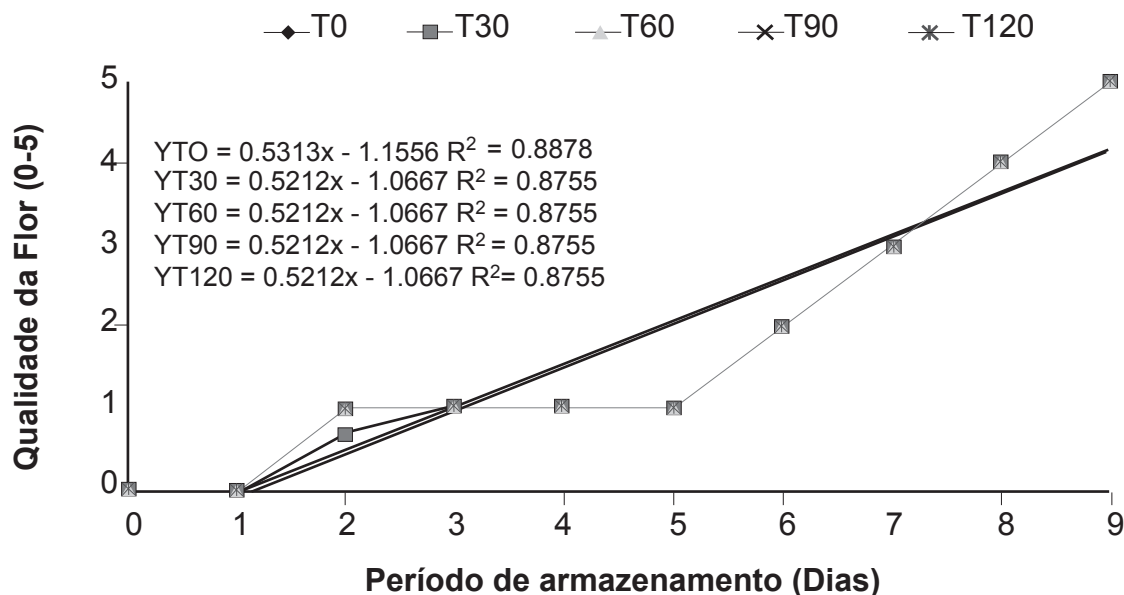


Figura 4. Análise qualitativa da flor (0-5) em gladiolos coloridos mantidos em soluções de ácido cítrico e água destilada (controle) sob refrigeração e depois expostos às condições ambiente de $24 \pm 2^\circ\text{C}$ e $85 \pm 2\%$ UR. Areia, 2006.

A senescência de folhas, entretanto, evoluiu de forma semelhante e pode ser representada por uma curva de resposta linear. Ficou evidente que o ácido cítrico promoveu a aceleração da senescência, tanto de flores como de folhas. Observa-se que a senescência das folhas se manifestou através de uma seqüência de eventos ao longo do tempo: primeiro ocorreu o murchamento, seguido do amarelecimento e terminando com a necrose foliar. O surgimento de tais sintomas nesses órgãos parecem estar ligados a temperatura de armazenamento, pois notou-se um efeito significativo do fator temperatura na velocidade de surgimento da senescência, para a maioria das soluções testadas. A temperatura de 10°C atrasou o surgimento de murcha, amarelecimento e necrose. Tais resultados podem ser explicados pelo fato de, sob menor temperatura, ter havido maior redução da mobilização de reservas e como conseqüência a ação de seus metabólitos.

Entretanto, a cultivar de crisântemo 'Polaris' foi testada por Arriaga e Guerrero (1995) com várias soluções conservantes e a melhor foi a 200 mg L^{-1} de citrato de 8-hidroxiquinolina (8HQC) + 75 mg L^{-1} de ácido cítrico + 5% de sacarose, que prolongou a vida de vaso em 10 dias a mais que as mantidas em água. As deficiências de nutrição veiculadas pela solução conservante e intensidade luminosa, são capazes de suprimir os assimilados, podendo assim causar a aceleração dos processos de senescência das hastes florais com o aumento das doses de ácido cítrico. Portanto, a avaliação

da senescência de gladiolos coloridos sob efeito do ácido cítrico merece maior atenção, especialmente outras investigações comparativas com aplicações em campo e pós-colheita para diversas cultivares, a fim de definir melhor um método de conservação e identificação de diferenças varietais com o uso de ácidos orgânicos. O uso de 30, 60, 90, e 120 mg L^{-1} de ácido cítrico em soluções conservantes acelerou a senescência de flores e folhas de gladiolo de corte, diminuindo a vida de vaso.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que os tratamentos com soluções de ácido cítrico proporcionaram maior manutenção da qualidade de hastes florais e folhas de gladiolo, por até dois dias de armazenamento quando sob refrigeração de 10°C com qualidade comercial, e conseqüente redução do seu valor comercial após esse período.

Conclui que o uso de soluções à base de ácido cítrico nas concentrações de 30, 60, 90, e 120 mg L^{-1} , para a conservação de hastes florais e folhas de gladiolo, não é recomendável, pois prejudicam a sua qualidade durante a conservação em temperatura ambiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à universidade Federal da Paraíba pela disponibilidade de infra-estrutura para a realização do trabalho, à CAPES pelo auxílio financeiro e ao município de Gravatá pelas flores cedidas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arriaga, N. R. M.; Guerrero, J. E. 1995. Effect of preservative solutions on the vase life of cut flowers of chrysanthemum "Polaris" under two environmental conditions. Efecto de diferentes soluciones preservativas em la vida de florero de tallos florales de "Polaris" bajo dos condiciones ambientales. *Rev Chapin Hort* 3(1): 103-107.
2. Dias-Tagliacozzo, G. M.; Gonçalves, C.; Castro C. E. F. 2005. Manutenção da qualidade pós-colheita de lírio. *Rev Bras Hort Orn* 11: 29-34.
3. Faragher, J. D.; Mayak, S. 1984. Physiological responses of cut rose flowers to exposure to low temperature: change in membrane permeability and ethylene production. *J Exper Bot* 35(156): 956-974.
4. Gonzaga, A. R.; Moreira, L. A.; Lonardoní, F.; Faria, R. T. 2001. Longevidade pós-colheita de inflorescências de girassol afetada por nitrato de prata e sacarose. *Rev Bras Hort Orn* 7(1): 73-77.
5. Han, S. S. *Sugar and acidity in preservative solutions for field-grown cut flowers*. Disponível em: <http://www.umass.edu/umext/programs/agro/floriculture/floral_facts/presvcut.html>. Acesso em: 20 dez. 2002
6. Hardenburg, R. E.; Watada, A. E.; Wang, C. Y. 1988. *Almacenamiento comercial de frutas, legumes y existencias de floriesterias y viveros*. Costa Rica: IICA, 91-121.
7. Kays, S. J. 1991. *Postharvest physiology of perishable plant products*. New York: An Avi Book, 532p.
8. McConchie, R. *Postharvest care of cut-flowers*. Disponível em: <<http://www.sydneyflower.com.au/Flower/lores/postharvest.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2002.
9. Moraes, P. J.; Cecon, P. R.; Finger, F. L.; Barbosa, J. G.; Alvares, V. S. 1999. Efeito da refrigeração e do condicionamento em sacarose sobre a longevidade de inflorescências de *Strelitzia reginae* Ait. *Rev Bras Hort Orn* 5 (2): 151-156.
10. Nowak, J.; Goszczynska, D.; Rudnicki, R.M. 1992. Storage of cut flowers and ornamental plants: present status and future prospects. *Post News Infor* 2: 255- 260.
11. Nowak, J. ; Rudnicki, R. M. 1990. *Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plant*. Portland: Timber Press. 210 p.
12. Paiva, P. D. O. 1999. *Cultura do gladiolo*. Lavras: UFLA – Departamento de Agricultura. 12 p.
13. Serek, M.; Jones, R. B.; Reid, M. S. 1994. Role of ethylene in opening and senescence of *Gladiolus* sp. flowers. *J Am Soc Hort Sci* 119: 1014-1019.
14. Tagliacozzo, G. M; Castro, C. E. F. 2002. Fisiologia da pós-colheita de espécies ornamentais. p 359-382. *In: Wachowicz, C.M.; Carvalho, R.I.N. (eds). Fisiologia vegetal: produção e pós-colheita*. Curitiba: Champagnat. (Coleção Agrárias).
15. Tombolato, A. F. C.; Takebayashi, S. S. G.; Tamada, E. T.; Feitosa, C. T. 1998. Violeta-africana (*Saintpaulia ionantha* Wendl.). *In: Tombolato, A. F. C.; Costa, A. M (eds). Micropropagação de plantas ornamentais*. Campinas: Instituto Agrônomo, 72 p. (Boletim Técnico 174).

Efecto de la raza y la edad sobre las concentraciones de hormonas tiroideas T3 y T4 de bovinos en condiciones tropicales

Effect of the breed and age on the thyroid hormones T3 and T4 concentrations in bovines under tropical conditions

Rómulo Campos Gaona, Leonidas Giraldo P.

Departamento de Ciencia Animal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia. AA 237. Palmira, Colombia. (Autor para correspondencia: rcamposg@unal.edu.co).

REC.: 15-06-2007

ACEPT.: 02-04-08

RESUMEN

Para estudiar el efecto en condiciones de trópico seco de la edad y del grupo racial sobre las concentraciones séricas de las hormonas tiroideas T3 y T4, se muestrearon 158 animales de los grupos raciales Holstein, Lucerna, Hartón del Valle, Cebú Brahman y mestizo F1 (Cebú Brahman x Pardo Suizo), distribuidos en cuatro grupos de edad desde el nacimiento hasta el destete (8 meses). La concentración media de T3 fue 2.25 mmol/L y la de T4, 57.37 mmol/L. La correlación entre T3 y T4 fue de 0.53. Se encontró diferencia estadísticamente significativa para el efecto grupo racial, grupo de edad ($P < 0.001$) pero no para la interacción grupo racial x edad ($p = 0.286$). Los grupos raciales con concentraciones más elevadas fueron Holstein y Lucerna; la concentración más baja se presentó en los bovinos mestizos. La mayor concentración de hormonas tiroideas según la edad ocurrió en recién nacidos, luego descendió progresiva y linealmente. El trabajo encontró que en condiciones de trópico seco, en zona límite de termoneutralidad según el índice ITH, los bovinos jóvenes presentaron diferencias marcadas en las concentraciones de hormonas tiroideas.

Palabras claves: Adaptación; Bovinos; Crecimiento; Tiroides.

ABSTRACT

To study the effect of age and breed on blood concentration of thyroid hormones T3 and T4 under the dry tropic conditions, 158 animals from the groups Holstein, Lucerna, Hartón del Valle, Brahman and crossbred F1 Brahman x Brown Swiss were sampled. The animals were allocated in four age groups from newborns calves until eight month old. The average T3 concentration was of 2.25 mmolL⁻¹ and the T4 was of 57.37 mmolL⁻¹. The correlation between T3 and T4 was of 0.53. A statistical significant difference ($p < 0.001$) was found for the effects of age breed and group, but not difference was found for the interaction between breed and age ($p = 0.286$). The breeds with higher blood concentrations of T3 and T4 were Holstein and Lucerna. The lowest concentration was found among the crossbred group. The higher concentration of T3 and T4 of thyroid hormones was found in the newborn group. As the calves grow, the concentrations of T3 and T4 decrease progressively. This study found that under dry tropic conditions, in a thermo-neutral borderline zone (according to the THI index) the young bovines show clear differences in the concentration of the thyroid hormones.

Key words: Adaptation; Bovine; Growth; Thyroids.

INTRODUCCIÓN

Las hormonas tiroideas T3 y T4 se han asociado con procesos metabólicos relacionados con el consumo de oxígeno y la calorificación. En animales en crecimiento la dinámica del desarrollo óseo y la ganancia de peso elevan la tasa metabólica e incrementan los requerimientos y generan mayor consumo de oxígeno (Davis y Drackley, 1998). La estricta regulación metabólica que

demanda el crecimiento estimula las vías anabólicas a nivel celular mediante acciones permisivas de tipo endocrino. Como las hormonas tiroideas controlan la mitocondria los mamíferos dependen de la regulación tiroidea para garantizar el aporte de ATP (Matamoros *et al.*, 2002).

El retardo en el crecimiento, en especial de tejido neural, se ha asociado con la exposición a condiciones

de sub o hipotiroidismo, originada en deficiencias de yodo o en alteraciones patofisiológicas de la glándula tiroidea y se han definido valores mínimos basales de hormonas tiroideas para desarrollar sin tropiezos los procesos fisiológicos (Norman y Litwack, 2002; Rudas *et al.*, 2005).

Debido a la estrecha relación entre la adecuada ingestión de yodo y la síntesis de los precursores de las hormonas tiroideas en la glándula tiroidea, se ha utilizado corrientemente el análisis de la concentración sérica de T3 y T4 como indicador de la función tiroidea y la ingestión de yodo respectivamente, ya que a nivel celular la única hormona con función biológica es T3, pero el mayor potencial de síntesis proviene de la deionización de la molécula de T4, por tanto, esta marca la concentración como precursora y como depósito del yodo en circulación (Matamoros *et al.*, 2002).

El crecimiento en bovinos comprende sensibles cambios en los mecanismos de absorción de alimentos, debido a que en poco tiempo cambia de monogástrico a poligástrico funcional y en los procesos de destete pierde la leche como fuente potencial de yodo. Así mismo, la adecuada ingestión depende ahora de los procesos de transformación bacteriana, de la calidad de los substratos y de la integridad de la mucosa del tracto gastrointestinal, no siempre en óptimas condiciones debido a la alta incidencia de parasitismo gastrointestinal en condiciones tropicales.

La tasa de crecimiento difiere según la raza, las condiciones medioambientales, del suministro adecuado de alimento y del estado de salud. Así mismo, en el medio tropical las razas importadas exhiben curvas irregulares de crecimiento (Randall *et al.*, 2003).

Actualmente se considera que se deben duplicar los esfuerzos en los estudios sobre crecimiento y desarrollo de bovinos, con el fin de disminuir la mortalidad, reducir drásticamente los factores negativos asociados con las bajas ganancias de peso y potenciar el crecimiento con el fin de llegar rápidamente a la pubertad y al primer parto en la hembra y acortar la edad al sacrificio en los machos.

Trabajos previos sobre efecto racial han demostrado variación en la dinámica hormonal tiroidea en condiciones de trópico (Campos, 1995). Igualmente se ha evidenciado efecto de la edad sobre los valores de T3 y T4 en bovinos (Kühne *et al.*, 2000).

El objetivo del presente trabajo fue conocer el efecto de la edad y del grupo racial sobre la dinámica de las hormonas tiroideas T3 y T4, principal mecanismo de regulación de consumo de oxígeno y modulador del crecimiento en bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ciento cincuenta y ocho animales pertenecientes a cinco grupos raciales, tres de origen *Bos taurus* (Holstein, Lucerna, Hartón del Valle), uno de origen *B. indicus* (Cebú Brahman) y un grupo F1 *B. indicus* x *B. taurus* (Cebú Brahman x Pardo Suizo), se dividieron en cuatro edades: recién nacidos hasta 30 días (neonatos grupo 1), entre 31 y 90 días (grupo 2), entre 91 y 150 días (grupo 3), entre 150 a 240 días (grupo 4). El número de animales por grupo racial y de edad no fue homogéneo; los animales Holstein se criaron con una dieta de 4 litros de leche/día en promedio y concentrado a voluntad. Los restantes grupos (Lucerna, Hartón, Cebú Brahman y el cruce *B. indicus* x *B. taurus*) permanecieron con las madres. La base de la dieta era calostro y leche residual en los menores (grupos 1 y 2) y leche residual y pastoreo en los mayores (grupos 3 y 4). Los sistemas de producción están situados en el Valle del Cauca (Colombia), en la zona de vida de bosque seco montano bajo (20-28°C, 650-980 msnm, humedad relativa entre 70-80%) clasificada como termoneutra según el índice temperatura humedad (ITH) (Torres de Campos *et al.*, 2001).

Los grupos raciales Holstein, Hartón del Valle y Lucerna provenían de sistemas de producción independientes, mientras el grupo Cebú Brahman y el mestizo correspondían al mismo sistema de producción. En cada grupo etéreo se seleccionaron como mínimo seis animales sin considerar el sexo, en total se evaluaron en media 32 animales por grupo racial. Con excepción del grupo Holstein, los sistemas de producción manejaban oferta alimentaria a través de pastoreo sin suplementación energética o proteica, únicamente se proveía sal mineralizada y agua *ad libitum*.

Los animales seleccionados en el estudio estaban en perfecto estado de salud. La sangre se extrajo, una vez por grupo etéreo, mediante venipunción coccígea en tubo sin anticoagulante, recolectada en horas de la mañana (08:00-09:30) después del consumo de leche y se refrigeró en hielo. El suero se extrajo mediante centrifugación (3.500 rpm) y se congeló a -20°C hasta el momento de las determinaciones hormonales.

Para la determinación de T3 y T4 se utilizó la técnica de radioinmunoanálisis en fase sólida usando reactivos comerciales (DPC®, Los Angeles, CA), las muestras se trabajaron en duplicado y la radiactividad se leyó mediante contador gamma (Nucleus®, modelo 600B). La lectura en desintegraciones por minuto se incorporó al programa de cálculo Riacalc de la Universidad de Guelph para calcular la concentración de las hormonas tiroideas.

El diseño experimental se basó en un planteamiento completamente al azar, donde se buscó comprobar la posible influencia de la edad y la raza sobre las concentraciones séricas de T3 y T4. Se empleó análisis multivariado opción GLM del paquete estadístico SAS V-8 (SAS Institute, 2005), para número desigual de muestras. Cuando se encontró efecto significativo se determinó la diferencia mínima significativa (dms) a través del test de Scheffe, finalmente se realizó correlación de Pearson entre hormonas tiroideas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La concentración media de triyodotironina (T3) fue 2.25 ± 0.83 nmol/L, superior a los valores de referencia para adultos, que en promedio oscilan entre 1.80 y 1.90 nmol/L; el valor medio de tiroxina (T4) fue 57.37 ± 22.14 nmol/L; para T4 en adultos la literatura informa valores entre 42 y 160 nmol/L (Campos y Rodas, 1999; Spicer *et al.*, 2001), valores similares a los de animales jóvenes aun con pesos diferentes (Kühne *et al.*, 2000). Gerrits *et al.*, 1998, en un experimento con animales en levante entre 80 y 160 kg, encontraron valores de 2.01 para T3 y de 77 nmol/L para T4 y de 1.45 y 45 nmol/L, para animales entre 160-240 kg. Los investigadores han relacionado efectos del Factor insulínico del crecimiento (IGF-I) sobre las hormonas tiroideas, enfatizando la incidencia sobre el desarrollo y el crecimiento, tal vez como moduladores de la expresión génica de las hormonas del crecimiento (Gerrits *et al.*, 1998; Morales y Rodríguez, 2005). La anterior evidencia explicaría la marcada relación entre desarrollo y tiroides, cuya relación inversa predispondría a la presentación de retardos del crecimiento (cretinismo) en las especies mamíferas (Rudas *et al.*, 2005; Norman y Litwack, 2002).

En las últimas semanas de vida fetal y en las primeras de vida extrauterina la concentración sérica de hormonas tiroideas es más alta que en otros períodos fisiológicos (Cassar-Malek *et al.*, 2006; Rowntree *et al.*, 2004, Campos *et al.*, 1993). En la investigación se registró dramática caída en las concentraciones de T3 y T4 entre los grupos 1 y 2; así mismo existió marcada diferencia entre animales más jóvenes (0-30 días) y mayores (grupos 3 y 4), los valores de las hormonas descendieron gradualmente y se estabilizaron a medida que la edad aumentaba, lo cual evidencia cambios metabólicos relacionados con el crecimiento y los procesos de manejo nutricional en la transición de monogástrico a rumiante (Rowntree *et al.*, 2004).

Kühne *et al.* (2000), al comparar el efecto del suministro de calostro y la alimentación con lacto-

reemplazador, encontraron descenso progresivo de T3 y T4 en ambos grupos, sin embargo, los descensos más sensibles ocurrieron en el grupo alimentado con lacto-reemplazador, lo que atribuyeron a la presencia de factores de crecimiento en el calostro. Los valores reportados por Kühne y colaboradores (2000), de 3.7 nmol/L, estuvieron más cercanos a los encontrados para animales cuya parte de la dieta se suministró a través de leche residual y calostro en los primeros días de vida. El promedio en la concentración de T3 para los dos primeros grupos de edad fue de 3.35 mmol/L en el presente trabajo.

El modelo estadístico no mostró significancia ($p=0.286$) en la interacción grupo racial-edad, mientras que para el efecto edad fue altamente significativo ($p<0.001$).

Las altas tasas metabólicas y fisiológicas que presentan los animales recién nacidos (alta frecuencia respiratoria y cardiaca, menor tiempo de tránsito de alimento, altas necesidades energéticas) se describen como procesos adaptativos fundamentales (Randall *et al.*, 2003), en especial la regulación térmica en neonatos requiere soporte nutricional y mediación hormonal adecuada para permitir la homeostasis y el desarrollo (Morales y Rodríguez, 2005). Estas tareas fisiológicas requieren control endocrino donde la función tiroidea ejerce alto efecto, por esta razón a mayor tasa metabólica, mayor concentración de T3 en circulación. A medida que aumenta la edad del animal, las funciones vitales se regularizan y disminuyen las exigencias metabólicas y homeostáticas. En dichas fases (grupos 3 y 4) no serían necesarias altas concentraciones de reguladores metabólicos, situación que se determinó en el presente trabajo donde los valores séricos de T3 y T4 descendieron progresivamente a medida que el animal estabilizaba el metabolismo después de las primeras semanas de vida (Tabla 1).

Rowntree *et al.* (2004) muestran la secuencia más clara del descenso en las concentraciones de T3 en las primeras seis semanas de vida, dichos autores encontraron valores de 6.29 nmol/L al nacimiento y 2.25 nmol/L en la semana 6. La drástica reducción solo puede deberse a los ajustes metabólicos compensados en el tiempo. La estabilización homeostática y la regulación de la absorción de nutrientes, al igual que la mejor termorregulación, permiten el ajuste endocrino regular y la disminución del control tiroideo sobre los procesos adaptativos. En la medida en que avanzó la edad de los animales y se estabilizaron las ganancias de peso, los valores de T3 y T4 ya no mostraron oscilaciones significativas.

Tabla 1. Valores medios y desviación estándar para T3 y T4 en cuatro grupos de edad en bovinos jóvenes en condiciones de trópico.

Hormonas tiroideas (nmol/L)	Grupos de edad (días)			
	0-30 n= 28	31-90 n= 30	91-150 n= 32	151-240 n= 34
T3	4.4167 ^a ± 0.41	2.3117 ^b ± 0.81	2.0952 ^b ± 0.57	2.0900 ^b ± 0.77
T4	146.137 ^a ± 21.7	56.400 ^b ± 19.9	52.424 ^b ± 18.3	52.060 ^b ± 19.8

* Filas con letras diferentes presentan diferencia estadísticamente significativa (P < 0.001).

La tiroxina (T4) presentó valor elevado para el grupo 1 (recién nacidos hasta 30 días). La concentración sérica de 146.137 nmol/L fue más elevada que en otros trabajos con terneros; sin embargo, cuando se comparó con las concentraciones de tejidos fetales y en la última fase de gestación (Cassar-Malek *et al.*, 2006; Campos *et al.*, 1993), los valores fueron mayores, adicionalmente el 71% de los animales que conformaron este grupo tuvieron en promedio cinco días de vida. Si bien la concentración de T3 fue elevada en esta primera fase, no llegó al doble de la concentración en edades más avanzadas (grupos 3 y 4), mientras que la concentración de T4 en el grupo 1 triplicó el valor de los grupos 3 y 4; esta concentración puede indicar alto depósito de tiroxina, la cual fisiológicamente sufre monodeiodación en diferentes tejidos para convertirse en triyodotironina (T3) (Norman y Litwack, 2002). Los valores de T3 y T4 en los grupos 3 y 4 (edades entre 91 a 240 días) fueron similares a los valores encontrados para animales adultos (Kaneko *et al.*, 1997; Matamoros *et al.*, 2002).

En el estudio el efecto racial mostró significancia estadística (p<0.001). Si bien algunos trabajos han mostrado que los bovinos provenientes de líneas *B. indicus* presentan concentraciones de hormonas tiroideas inferiores a los grupos *B. taurus* (Thrift *et al.*, 1999), en terneros este comportamiento también se evidenció, es posible que la fase de crecimiento y el efecto de estar en amamantamiento no permitiera la expresión única de la regulación tiroidea por parte del neonato, ya que la leche contiene yodo y hormonas tiroideas en proporciones relativas a la cantidad de sólidos totales

(Walstra y Jenness, 1986). Los mecanismos adaptativos para la compensación de la regulación de la temperatura en cebuinos pueden generar menor dependencia del control termogénico de las hormonas tiroideas (Thrift *et al.*, 1999). Se han encontrado diferencias en las concentraciones de T3 y T4 en animales *B. taurus* sometidos a diferentes condiciones medioambientales (Campos & Rodas, 1999) y en animales de diversa composición racial en condiciones semejantes a las del presente estudio (Campos, 1995), similares valores se aprecian en grupos raciales nativos colombianos, considerados como adaptados a condiciones semejantes a las del presente estudio (Campos *et al.*, 2004). De los grupos raciales analizados en el trabajo, Holstein presentó los mayores valores en los parámetros endocrinos tiroideos, observación que permite probar que los mecanismos fisiológicos de control de temperatura y adaptación al medio son diferentes para esta raza. Así mismo, es posible mayor influencia de la dieta, dado que este grupo se mantuvo en condiciones de cría artificial. Los restantes grupos raciales de alguna manera compensaron por adaptación los mecanismos homeostáticos. Posiblemente los altos valores de T3 (2.40 nmol/L) y de T4 (52.22 nmol/L) en Hartón del Valle tenga que ver con las extremas condiciones de manejo para este núcleo durante el período experimental. Las concentraciones de hormonas tiroideas en el grupo mestizo fueron las más bajas (Tabla 2), evidencia que pone de manifiesto el vigor híbrido y las ventajas adaptativas que la fusión racial de líneas *B. taurus* y *B. indicus* presenta para la producción bovina en condiciones de trópico.

Tabla 2. Valores medios y desviación estándar para T3 y T4 en animales en crecimiento pertenecientes a cinco grupos raciales bovinos en condiciones de trópico.

Hormonas tiroideas (nmol/L)	Holstein n = 34	Brahman n = 32	Hartón n = 31	Lucerna n = 32	Mestizo n = 33
T3	2.69 ^a ± 0.92	2.11 ^{b,c} ± 0.66	2.40 ^{a,b} ± 0.73	1.87 ^c ± 0.83	1.79 ^c ± 0.61
T4	77.34 ^a ± 32.7	44.74 ^b ± 15.5	52.22 ^b ± 17.8	46.34 ^b ± 19.5	66.43 ^a ± 25.2

• Filas con letras diferentes presentan diferencia estadísticamente significativa (P < 0.001).

La correlación entre T3 y T4 (0.53; $P < 0.001$) se consideró como media, mientras que en otros trabajos se encontraron correlaciones más elevadas (Morais y Pérez, 1988; Matamoros *et al.*, 2002; Campos *et al.*, 2004). Es posible que la correlación se deba a los elevados valores de T4 y a las bajas tasas de deiodación en las primeras cuatro semanas de vida. Takahashi *et al.* (2001) propusieron alternativas de análisis basadas en la relación T4:T3, como una probabilidad de lograr mayor veracidad biológica al momento de la determinación de algunas situaciones específicas de la glándula mamaria. Esta observación se debe tener en cuenta en los análisis del comportamiento tiroideo en terneros, como en el presente estudio, donde la correlación no mostró el alto valor informado en trabajos con animales adultos, probablemente por la alteración de las concentraciones de las hormonas tiroideas en los neonatos producto del efecto racial y del tipo de dieta, en la cual la presencia de leche materna pudo influir en la concentración de T3 y T4.

CONCLUSIONES

Se encontró diferencia estadística en los valores de hormonas tiroideas (T3 y T4) en los cinco grupos raciales estudiados.

La interacción entre los grupos raciales y el grupo etéreo no mostró significancia, por el contrario, la edad fue el factor que más afectó la concentración sérica de T3 y T4 en animales en crecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Campos, R.; González, F.H.D.; Rodas, A.; Cruz, C. 2004. Thyroid hormones in native Colombian bovine breeds. *Rev Bras Ci Vet* 11 (3):174-177
- Campos, R.; Rodas, A. 1999. Triyodotironina (T3), Tiroxina (T4) y Colesterol (CHO) en cuatro grupos de bovinos Holstein ubicados en sistemas de producción en trópico alto y bajo. *Acta Agron (Palmira)* 49 (1/2):67-71
- Campos, R. 1995. Triyodotironina, tiroxina y comportamiento reproductivo en diferentes grupos raciales bovinos. *Acta Agron (Palmira)* 45 (2/4):140-145
- Campos, R.; Díaz, F.; Wilches, M. 1993. Hormonas tiroideas durante la gestación: niveles séricos en la madre y en el feto. *Acta Agron (Palmira)* 43 (1/4): 156-159
- Cassar-Malek, I.; Picard, S.; Kahl, B.; Hocquette, J.F. 2006. Relationships between thyroid status, tissue oxidative metabolism, and muscle differentiation in bovine fetuses. *Dom Anim Endocrinol* In press
- Davis, C.L.; Drackley, J.K. 1998. The development, nutrition, and management of the young calf. Ames: Iowa State University Press, 339p.
- Gerrits, W. J. J.; Decuypere, Eddy; Verstegen M. W. A.; Carabinas, V. 1998. Effect of Protein and Protein-Free Energy Intake on Plasma Concentrations of Insulin-Like Growth Factor I and Thyroid Hormones in Preruminant Calves. *J Anim Sci* 76: 1356-1363
- Kaneko, J.J.; Harvey, J.W.; Bruss, M.L. 1997. Clinical biochemistry of domestic animals. San Diego: Academic Press, 932p.
- Kühne, S.; Hammon, H. M.; Bruckmaier, R. M. R.; Morel, R.; Zbinden, Y.; Blue, J. W. 2000. Growth performance, metabolic and endocrine traits, and absorptive capacity in neonatal calves fed either colostrum or milk replacer at two levels. *J Anim Sci* 78: 609-620
- Matamoros, R.; Gómez, C.; Andaur, T.M. 2002. Hormonas de utilidad diagnóstica en Medicina Veterinaria. *Arch Med Vet* 34 (2): 167-182
- Morais, M.; Pérez, H. 1988. Niveles de tiroxina y triiodotironina en vacas Holstein antes y después del parto y en sus crías. *Rev Salud Animal* 10: 323-327
- Morales, C. A.; Rodríguez, N. 2005. Hormonas tiroideas en la reproducción y en la producción láctea del ganado lechero: revisión de literatura. *Rev Col Cienc Pec* 18 (2): 136-148
- Norman, A.W.; Litwack, G. 2002. Hormones. 2nd ed. San Diego: Academic Press, p.169-191
- Randall, D.; Burggren, W.; French, K. 2003. Fisiología Animal de Eckert. Mecanismos e adaptações. 5ta ed. Ed. Guanabara-Koogan, 729p.
- Rowntree, J. E.; Hill, G. M.; Hawkins, D. R.; Link, J. E.; Rincker, M. J.; Bednar, G. W.; Kreft, Jr. R. A. 2004. Effect of Se on selenoprotein activity and thyroid hormone metabolism in beef and dairy cows and calves. *J Anim Sci* 82: 2995-3005
- Rudas, P.; Rónai, Zs.; Bartha, T. 2005. Thyroid hormone metabolism in the brain of domestic animals. *Dom Anim Endocrinol* 29:88-96
- SAS Institute. 2005. SAS® User's Guide: Statistics. Cary, NC: SAS Institute. 355p
- Spicer, L.J.; Alonso, J.; Chamberlain, C.S. 2001. Effects of thyroid hormones on bovine granulosa and thecal cell function in vitro: dependence on insulin and gonadotropins. *J Dairy Sci* 84: 1069-1076
- Takahashi, K.; Takahashi, E.; Ducusin, R.J.; Tanabe, S.; Uzuka, Y. et al. 2001. Changes in serum thyroid hormone levels in newborn calves as a diagnostic index of goiter. *J Vet Med Sci* 62: 175-178
- Thrift, T. A.; Bernal, A.; Lewis, A. W.; Neuendorff, D. A.; Willard, C. C.; Randel, R. D. 1999. Effects of Induced Hypothyroidism or Hyperthyroidism on Growth and Reproductive Performance of Brahman Heifers. *J Anim Sci* 77: 1833-1843
- Torres de Campos, A.; Ávila, M de J.; Verneque, R da S.; Campos, A.T.; Santos, D. 2001. Pronóstico de declínio na produção de leite em função do clima para a região de Goiânia. p.11-13. *In: Reunión Annual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 38. Anais
- Wastra P.; Jenness R. 1986. Química y Física Lactológica. Zaragoza: Acribia, 486p.

Evaluación financiera de la inversión en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica

Financial evaluation of the investment in three livestock prototypes farm from Central Pacific area of Costa Rica

Vilma Amparo Holguín Castaño,¹ Muhammad Ibrahim,² Jairo Mora-Delgado³

^{1,3}Grupo de investigación “Agroforestería Pecuaria”, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad del Tolima, Ibagué, Colombia. (Autor para correspondencia: vholguin@ut.edu.co). ²Grupo Ganadería y Manejo del Medio Ambiente, Gamma, Catie, Turrialba, Costa Rica.

REC.: 27- 11- 07

ACEPT.: 25-03-08

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue hacer un análisis financiero en el corto plazo y calcular indicadores de rentabilidad de inversiones en el largo plazo, en tres prototipos de finca ganadera con escenarios de riesgo e incertidumbre. Se analizaron 33 fincas ganaderas de doble propósito del Pacífico Central de Costa Rica mediante una encuesta de indicadores socioeconómicos, tecnológicos, financieros, de diferentes estrategias de alimentación animal. Mediante un análisis de conglomerados se identificaron tres grupos: sistema eco-amigable (SEA); sistemas intensivos convencionales (SIC) y sistema extensivo tradicional (SET). El análisis beneficio-coste se realizó en tres fincas tipo de cada conglomerado. El tipo SIC fue el más rentable (VAN: \$US4314). Los tres modelos mostraron alta sensibilidad a los cambios en los precios de la leche. Las variaciones en los costos de insumos y mano de obra develan una mayor inelasticidad expresada en los bajos valores de la pendiente de las ecuaciones (SET = 717.9; SIC = 6168.9; SEA = 1535.7). La simulación que incorpora riesgo sugirió al modelo SEA como el más beneficiado cuando se mejora la alimentación de los animales. El incremento en la rentabilidad en los tres prototipos al introducir recursos endógenos en el sistema de alimentación constituyó un estímulo para avanzar en un modelo de intensificación, menos dependiente de insumos externos y amigable con el ambiente.

Palabras claves: Ganadería eco-amigable; alimentación basal; pasturas degradadas; alimento suplementario; recursos endógenos; bancos forrajeros; análisis beneficio-coste.

ABSTRACT

The objective of this study was to carry out a financial analysis in the short time, and to calculate profit indicators of the investments on the long time in three livestock prototypes farms, under risk scenarios. 33 livestock dual purpose farms from central pacific area of Costa Rica were analyzed, using a survey of topics related to socioeconomic, technological, and financial indicators of different animal feeding strategies. By cluster analysis three groups were identified: eco-friendly system (SEA); intensive conventional system (SIC) and extensive traditional system (SET). A benefit-cost analysis was carried out in 3 prototype farms that represent each one of the defined clusters. SIC type was the most profit (VAN: \$US4314). The three models showed a high sensibility to the changes in the prices of the milk, expressed in the value of the slope of the equation (SET = 717.9; SIC = 6168.9; SEA = 1535.7). Variations in the costs of inputs and labor showed a bigger inelasticity expressed in the low values of the slope of the equations. Risk analysis simulation suggested that the type SET will be more beneficiated with the improvements of the feeding systems. Increase in financial profit of the three types of farm, by mean introduce improvements in the livestock feeding systems with on endogenous feeding resources, constitute an stimulate for advancing in the dissemination process of a feeding-intensification model either less dependents from external inputs and eco-friendly.

Keywords: Eco-friendly livestock; basic feeding; degraded pastures; supplement feed; endogenous resources; fodder bank; benefit-cost analysis.

INTRODUCCIÓN

En la zona Pacífico Central de Costa Rica, la ganadería se caracteriza por estar orientada a la producción de carne y al doble propósito. Según el Censo

Agropecuario Nacional (2000) el número de cabezas de ganado era de 18.641 en tres cantones del Pacífico Central, de los cuales 76% correspondía a animales de carne, 7.6% de leche y 15.5% de doble propósito, es-

pecialmente con razas cebuinas (Brahman) en mezcla con *Bos taurus* (Holstein y Pardo Suizo); carga animal baja (0.72 UA/ha), productividad media de leche (5 litros animal/día), ganancia de peso baja (300g/día) y efecto negativo sobre los recursos naturales. Durante la prolongada época seca (5 a 6 meses) es evidente la pérdida de calidad de las gramíneas (Cerdas, 1977), la utilización de pasturas degradadas y las inadecuadas prácticas de manejo del sistema, especialmente en la alimentación (Holguín *et al.*, 2003).

Para contrarrestar la baja productividad de las pasturas, los productores amplían las áreas de pastoreo en terrenos no aptos para la ganadería, tales como bosques tropicales o terrenos con altas pendientes; algunos ganaderos optan por la trashumancia en la época más severa del verano (López, 2002); otros suplementan con gallinaza, semolina o alimento balanceado (Gobbi, 2001; Lobo y Acuña 1999); en el último lustro del siglo XX se promovió el uso de bancos forrajeros de leñosas (Argel y Lascano 1988) y en menor grado el uso de ensilajes como estrategias para disponer de alimento.

Una alternativa para la zona es el mejoramiento de la alimentación básica, que invierte en la recuperación o renovación de pasturas y en la suplementación con forrajes de alta calidad provenientes de bancos forrajeros de leñosas. Estudios previos sustentan la viabilidad de la estrategia; de hecho, la ganadería de esta zona de Costa Rica basa su sistema alimentario en las pasturas por constituir la fuente más económica y de fácil consecución para los rumiantes (Argel *et al.*, 2000). Sin embargo, hay tendencia a la sustitución por pasturas mejoradas. Así, Lobo y Acuña (2001) mejoraron los rendimientos diarios de leche en el Pacífico Central de Costa Rica utilizando dietas frescas y ensilajes con base en leguminosas forrajeras. Los estudios de Franco (1997) y Holmann y Estrada (1997) demostraron los beneficios incrementales en la producción de leche y carne como resultado de mejoras en la suplementación con base en leguminosas forrajeras.

Si dichas alternativas pueden funcionar técnicamente, es necesario prever la viabilidad financiera de la inversión, la cual puede considerarse en forma práctica mediante la estimación de indicadores como el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio/costo (B/C) en diferentes escenarios (Gobbi, 2003; Brown, 1981).

Por las consideraciones anteriores, el objetivo de este estudio fue hacer un análisis financiero en el corto plazo y calcular indicadores de rentabilidad en el largo plazo de las inversiones para mejorar las estrategias de alimentación, en tres prototipos de finca ganadera con escenarios de riesgo e incertidumbre.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la Zona Pacífico Central, Cantón de Esparza de Costa Rica (10° 10' Norte y 84° 42' Oeste). La región presenta lluvias temporales desde junio a diciembre y período seco de enero a mayo con promedio de 2.300 mm anuales; las zonas de vida corresponden a bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque seco tropical (bs-T), en pisos altitudinales que oscilan desde los 50 hasta los 1.000 m y 27°C (Instituto Meteorológico Nacional, 2001).

Con base en una encuesta exploratoria de 33 fincas adscritas al proyecto regional "Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas" (GEF-CATIE), se hizo un análisis de conglomerados con base en variables del sistema alimentario, obteniéndose tres grupos: Sistemas Eco-amigables (SEA; n = 6), incorporan recursos endógenos (*cratylia*, guásimo, madero negro, maíz y caña) y en algunos casos sistemas silvopastoriles, especialmente cercas vivas, árboles en potreros y bancos forrajeros de leñosas; Sistemas Intensivos Convencionales (SIC; n = 13), basados en pasturas mejoradas, alto uso de insumos exógenos (gallinaza, melaza, concentrados, fertilizante, herbicidas y sal mineralizada) y mayor capital fijo; Sistemas extensivos tradicionales (SET, n= 14) basados en pastoreo extensivo y poco uso de insumos exógenos. Se realizaron estudios de caso para ilustrar el funcionamiento de los tres tipos de fincas ganaderas de la zona; las características de los prototipos seleccionados pueden verse en la Tabla 1.

Análisis de ingresos y costos

Se hizo un análisis de estructura de ingresos y costos del escenario actual. La recolección de información detallada ingreso y egresos se tomó en las fincas y en los mercados de ganado e insumos, mediante la aplicación de entrevistas en profundidad (Marshall y Rossman, 1995) y observación participativa (Atkinson y Hammersley, 1994). Para determinar la rentabilidad de las inversiones para el mejoramiento de los sistemas de alimentación se realizó un balance de ingresos y egresos en el corto plazo de cada prototipo de finca (Brown, 1981; Louman *et al.*, 2001). Los estimativos de ingresos y costos operativos (insumos y mano de obra) se tomaron en colones, pero para facilitar las operaciones se convirtieron a dólares estadounidenses con una tasa de cambio de 340 colones por un dólar (Tasa de cambio promedio 2002). La mano de obra se diferenció entre remunerada y familiar; cuando se valorizó la mano de obra familiar se estimó el costo de oportunidad asignándole el precio del jornal en la zona.

Tabla 1. Indicadores del escenario actual en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

	Sistema extensivo tradicional	Sistema intensivo convencional	Sistema eco-amigable
Localidad	Mesetas	San Jerónimo	Vía a San Miguel
Topografía (%)	10 plano; 80 ondulada y 10 quebrada, con pendientes > 30	90 plano; 10 quebrada, con pendientes > 30	10 plano y 90 quebrada, con pendientes > 35
Altitud (m)	142	141	140
Área total (ha)	74	70	92*
Área pecuaria (ha)	72	65	70
Pastos naturales (ha)	71	29	55
Pastos mejorados (ha)	1	36	14
Banco proteico (ha)	0	0	0.5
Banco energético (ha)	0	0	0.5
Hato (UA)	52.25	86.35	43
Vacas en producción	7	25	15
Dieta básica	Pasturas + sal común	Pasturas + sal mineralizada	Pasturas + sal común
Suplementación época seca	Gallinaza	Alimento balanceado + melaza	Caña + Cratylia + semolina
Promedio diario de leche (kg/vaca)	3	8	6
Producción media vaca/ lactancia (kg) ajustada a 240 días.	720	1920	1440
Nacimientos (%)**	22	90	60
Mortalidad de terneros (%)	4	4	4
Descarte de hembras (%)	9	27.6	23.4

* La propiedad consta de dos fincas: El Chaparrón de 22 ha y El Cerro de 70 ha donde se pastorean los animales en la época seca.

** % natalidad = $(T / VS + VP) \times 100$. T: terneros menores de un año; VS: vacas secas; VP: vacas en producción paridas durante el año de evaluación.

Análisis *ex ante* del escenario alternativo

Para determinar los beneficios del escenario alternativo se hizo un análisis comparativo *ex ante* de éste con el escenario actual, así se estimaron beneficios incrementales. Para el análisis *ex ante* de los tres prototipos se hicieron flujos de caja para un periodo de 12 años, correspondientes al tiempo medio de vida útil de una vaca en producción en la zona. Para ello se calcularon parámetros de producción y productividad, costos variables de producción e ingresos de las actividades pecuarias. Los ingresos derivaron de los precios de venta de leche, vacas de descarte, reemplazos y crías; otros ingresos del ganadero (cosecha de frutales, leña, madera) no se contabilizaron en el análisis. Los precios de los insumos se expresaron como precios en finca. Se hicieron análisis incorporando la mano de obra familiar y sin incorporarla como costo de oportunidad. Se incorporó incertidumbre en la variabilidad de precios, productividad y costos de producción en escenarios probables.

Se supuso que la inversión correspondió a los gastos de establecimiento de las mejoras propuestas en los modelos alternativos, requeridos en el primero y segundo año. Se utilizó una tasa de descuento de 5.5%. Los flujos de caja generados por la inversión se expresaron en términos constantes (Romero, 1998). Se calcularon indicadores financieros para el flujo neto

incremental entre los escenarios actual y alternativo de cada modelo.

El escenario actual (Tabla 1) constituyó los indicadores de base. En el escenario alternativo se propone mejorar la alimentación con pasturas mejoradas y un complemento balanceado con fuentes de proteína y energía. Para ello se propuso (Tabla 2) la siembra de *Brachiaria* sp. y de bancos forrajeros de caña (*Saccharum officinarum*) y cratylia (*Cratylia argentea*).

Las dietas del escenario alternativo se balancearon en función de la producción potencial esperada, de un peso promedio de los animales de 450 kg y del gasto de energía demandado para mantenimiento. Los requerimientos para producción y mantenimiento se estimaron utilizando el procedimiento recomendado por Combellas (1998).

Para estimar la cantidad de alimento se desarrolló un modelo de movimiento de ganado para los doce años, sin ampliar el área de pastoreo, manejo adecuado de las tasas de descarte de adultos y mantener los índices de mortalidad dentro de parámetros aceptables.

Se balanceó la dieta (Tabla 3) para suplir las necesidades de producción y mantenimiento para vacas de doble propósito. Las raciones fueron balanceadas y luego consultadas con los productores para determinar la viabilidad práctica, los insumos empleados se seleccionaron siguiendo el criterio de facilidad de consecución.

Tabla 2. Proyección de indicadores del escenario alternativo en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

	Sistema extensivo tradicional	Sistema intensivo convencional	Sistema eco-amigable
Pastos naturales (ha)	59.5	19.7	43.1
Pastos mejorados (ha)	10.0	40.4	20.7
Banco proteico (ha)	1.2	2.7	0.9
Banco energético (ha)	0.74	1.5	0.8
Hato (UA)	54	79	43
Vacas en producción	16	38	18
Dieta básica		Pasturas + sal mineralizada	
Suplementación época seca		Complemento balanceado de caña + Cratylia + melaza	
Promedio diario de leche (kg/vaca)	6	10	8
Producción media vaca/ lactancia (kg)	1620	2700	2160
Nacimientos (%)	75	95	75
Mortalidad de terneros (%)	4	4	4
Descarte de adultos (%)	15.2	27.7	25.8

Tabla 3 Dietas alternativas en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

Fuentes nutricionales	Sistema extensivo tradicional		Sistema intensivo convencional		Sistema eco-amigable	
	kg BF	kg MS	kg BF	kg MS	kg BF	kg MS
Sales	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Minerales	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Melaza	0.30	0.21	0.50	0.40	0.30	0.21
Cratylia	6.00	1.70	8.00	2.24	6.00	1.70
Caña	10.00	3.40	12.00	4.10	12.00	4.10
Pasto	35.00	7.70	36.00	7.92	35.00	7.70

Se balancearon los requerimientos de proteína, energía, Ca y P para mantenimiento y producción (Tabla 4) suponiendo una unidad animal (UA) de 450 kg. Se tomó como dieta de referencia la utilizada por Lobo y Acuña (2001), descartando la semolina e introduciendo la melaza, con la cual se obtuvieron rendimientos entre 5.5 y 6.0 kg diarios de leche por vaca en el Pacífico Central de Costa Rica. Los promedios de leche se registran en la Tabla 2. Si bien con las cantidades de energía y proteína sobrantes en el balance nutricional del escenario alternativo (Tabla 4) podrían producirse entre dos (SIC y SEA) y tres litros (SET) adicionales, los indicadores proyectados se estimaron por debajo, en virtud de efectos ambientales (consumo real de materia seca, estrés calórico, manejo precario, etc.). Se estimó en 4% la grasa en la leche.

Para mejorar los índices de productividad del hato en el tiempo, pero manteniendo una carga que no exceda la capacidad del área destinada a ganadería, se prevé una tasa de descarte anual de hembras adultas del 15% en el prototipo SET, 26% en el modelo SEA

Tabla 4. Balance nutricional en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

	EM (Mcal)	PC (g)	Ca (g)	P (g)	Ca/P
Prototipo SET					
Aporte	25.21	1421.81	80.60	34.41	2.34
Requerimiento	23.16	915.10	39.06	23.98	
Balance	2.05	506.71	41.54	10.43	
Prototipo SIC					
Aporte	28.22	1608.14	89.78	37.44	2.4
Requerimiento	28.12	1275.10	51.90	35.20	
Balance	0.10	333.04	37.88	2.24	
Prototipo SEA					
Aporte	26.09	1455.33	85.77	35.84	2.39
Requerimiento	25.64	1095.10	45.48	29.59	
Balance	0.45	360.23	40.29	6.25	

y del 28% en SIC, desde el supuesto que se logran los índices de natalidad y se mantienen bajos los parámetros de mortalidad de terneros.

Las mejoras en el sistema alimentario (Tabla 5) se basan en el establecimiento de bancos forrajeros de caña y *cratylia* y establecimiento de *Brachiaria* sp.

Análisis de sensibilidad

Se realizó un análisis de sensibilidad para los tres prototipos y se utilizaron como variables fluctuantes precio de la leche, precio del ganado en pie, costos de los insumos y de la mano de obra. La simulación de escenarios alternativos mediante la modificación de precios y costos de producción se hizo para resolver el interrogante: ¿en qué nivel de variación de los factores

Tabla 5. Mejoras introducidas en el sistema alimentario en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

Mejoras (ha)			
	SET	SIC	SEA
Pastos mejorados	9.0	14.5	0.0
Banco forrajero de proteína Cratylia	1.2	1.8	0.1
Banco energía caña	0.7	1.5	0.0

(incremento o decremento) los modelos pueden lograr beneficios financieros expresados en un VAN positivo y el grado de respuesta (sensibilidad) de los prototipos? La simulación de la variación de los factores se aumentó en pasos de 10% (desde 10% hasta 50%).

Análisis de riesgo de la inversión

Se usó la técnica de simulación Montecarlo para predecir el comportamiento del VAN. Para ello se corrieron dos simulaciones, una en un escenario probable y otra en un escenario pesimista. Como escenario probable se estimó que los precios de la leche y de la carne podrían desviarse en un $\pm 11\%$ respecto al precio de la situación actual, y un incremento o decremento de los costos de mano de obra e insumos de $\pm 11\%$ equivalentes al índice de inflación promedio en los últimos cinco años. Una vez estimado el riesgo de fluctuaciones en los precios de los productos y los costos de producción –esto es, estimando las probabilidades de ocurrencia– fue posible resumir ese riesgo por medio de una distribución de probabilidades (Gobbi, 2003).

En la simulación de la situación pesimista se supuso que los precios al productor podrían desviarse entre -50 % respecto al precio de la actual y aumentar los costos de mano de obra e insumos en + 50%; se usó una distribución de probabilidad triangular (mínimo; más probable; máximo) para predecir respuestas en el VAN.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de ingresos y costos

En el escenario actual el modelo SIC tuvo más costos por insumos, seguido de SET y SEA (Tabla 6). Los costos en el modelo SIC estuvieron representados por suplementos alimenticios (59%), principalmente el alimento balanceado (35%), frente a 15% en SET y 16% en SEA. Los herbicidas representaron proporción importante de los insumos en los tres prototipos, aunque es relevante la alta proporción en el modelo SET (48%; 15%; 43%, para SET, SIC y SEA respectivamente), lo cual se explica por la tradición en las ganaderías

Tabla 6. Estructura de costos del escenario actual sin mano de obra y con mano de obra en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

	SET	SIC	SEA
Sin mano de obra			
Costos operativos US\$/finca	1.528.2	6.425.7	3.229.4
Costo US\$/ha	21.9	99	46.1
Insumos US\$/ha	21.9	62.9	20.9
Mano de obra US\$/ha		36.1	25.2
Ingreso Bruto US\$/ha	139.0	564.5	177.4
Ingreso Neto US\$/ha	117.1	465.5	131.3
Con mano de obra			
Costos operativos US\$/finca	5.504.23	8.539.67	7.506.38
Costos US\$/ha	76.4	131.4	107.2
Insumos US\$/ha	21.2	62.9	20.9
Mano de obra US\$/ha	55.2	68.5	86.3
Ingreso Bruto US\$/ha	139.0	564.5	177.4
Ingreso Neto US\$/ha	62.6	433.1	70.2

extensivas de la zona de emplear altas cantidades del insumo para “habilitar potreros”. En el prototipo SIC en alta proporción se sustituyen por la chapea manual, al igual que en el modelo SEA.

El análisis de la mano de obra remunerada en SEA tuvo menores costos (US\$ 25.2/ha) pero mayor proporción de los costos totales (54.6% Vs 36.4% del modelo SIC). Tito (2004) encontró que con la incorporación de bancos forrajeros en una zona del trópico seco de Nicaragua el empleo de mano de obra en tres fincas ganaderas se incrementó entre 5.8% y 7 9.3%. La intensificación implica mayores requerimientos en dinero, más grandes necesidades de mano de obra y habilidades para el personal que realiza las labores (Sánchez, 2007).

Como en el modelo SET se emplea mano de obra familiar no remunerada, el 100% de los costos operativos está representado por insumos (Figura 1). Al incorporar la mano de obra familiar como costo de oportunidad en el prototipo SEA los costos ascienden a 80.5%. En SIC la proporción entre costos por insumos y mano de obra son casi similares. Los resultados confirman el planteamiento de Muchagata y Brown (1999), quienes resaltan que en los sistemas de doble propósito la participación de la mano de obra en la estructura de costos de producción puede superar el 60%.

Sánchez (2007) señala que la mano de obra puede ser una limitante para la adopción de un banco de forraje de leñosas. En general la tecnología de bancos forrajeros es intensiva en la demanda de mano de obra (López *et al.*, 2007).

El modelo SIC fue el de mayor beneficio financiero tanto como flujo neto como en ingreso neto (con mano de obra). Sin embargo, el prototipo SET presentó un

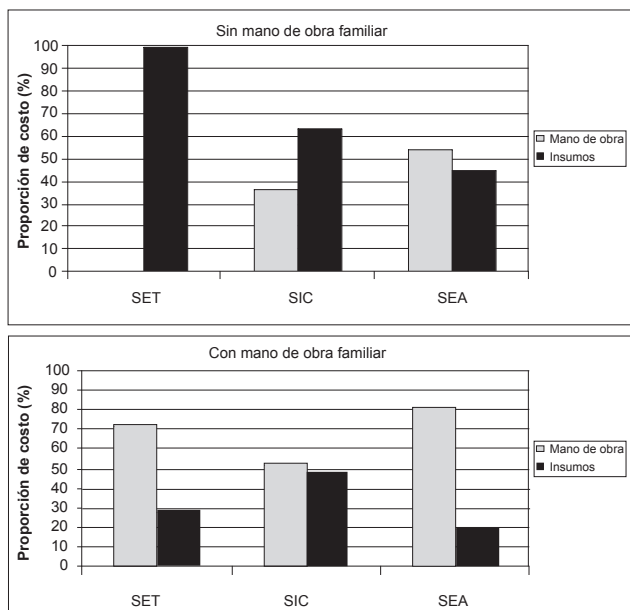


Figura 1. Proporción de costos operativos, sin mano de obra familiar y con mano de obra familiar en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

ingreso neto atractivo, especialmente cuando no se contabilizó la mano de obra familiar, lo cual constituye la base de la racionalidad económica de la ganadería extensiva, mas si se tiene en cuenta que los costos de mano de obra en los prototipos SET y SEA representan más de dos terceras partes (72.2% y 80.5%, respectivamente) y que era básicamente familiar. Al respecto, Ibrahim *et al.* (1998) resaltan el papel de la mano de obra familiar en la obtención de beneficios, pues su condición de insumo no pagado permite un incremento en la ganancia neta, tal como se confirmó en el estudio (Tabla 6). En SIC los costos por mano de obra llegaron a 52%, teniendo mayor peso los costos por insumos, razón por la cual al analizar el ingreso neto incremental (con mano de obra vs sin mano de obra) el margen de ganancia fue menor que en los otros dos prototipos (SET= 87%; SIC= 7.5%; SEA= 87%).

Análisis *ex ante* del escenario alternativo

En el escenario actual el prototipo SIC fue el más rentable; lo siguió SEA lo cual significa que con el uso de recursos locales, especialmente fuentes de energía y proteína forrajeras, el finquero puede alcanzar rentabilidad aceptable (Tabla 7).

El VAN indicó que la mejor respuesta se obtuvo en el prototipo SIC seguido del modelo SET. Nótese que el VAN incremental de los modelos SIC y SEA no difirió cuando se hicieron los análisis sin mano de obra y con ella. Esto se explica en que el incremento en mano de obra en el escenario alternativo estaba representado básicamente en mano de obra remunerada, de tal manera que los egresos por concepto de mano de obra familiar, como costo de oportunidad, constituyen la misma cantidad tanto en el escenario actual como en el alternativo. En el prototipo SET hubo pequeña diferencia (US\$51) en el VAN incremental cuando se hizo el análisis sin incorporar mano de obra; sin embargo, esta diferencia no fue significativa cuando se hizo la modelación incorporando riesgo.

Los análisis *ex ante*, con y sin mano de obra familiar sugieren una mejora en los beneficios financieros con adopción de un modelo alternativo de alimentación. En la situación alternativa el prototipo SIC develó rentabilidad más atractiva respecto a la situación actual al pasar de US \$ 4.590 a US \$5.562 (sin incluir mano de obra familiar en el análisis) o de US\$ 4.314 a US\$5.287 (incluyendo mano de obra familiar). Esto significa que con el modelo SIC se obtendría mayor impacto.

La introducción de especies leñosas en el sistema alimentario favoreció la rentabilidad incremental en los tres prototipos, lo cual concuerda con lo encontrado con Gobbi y Casasola (2003), quienes estimaron un VAN incremental positivo de US\$ 1.613 y una tasa de retorno a los recursos propios de la finca de 20%. Sin embargo, es de especial importancia el beneficio obtenido en los modelos SET y SIC, ya que esto ratifica los beneficios

Tabla 7. Valor actual neto de los escenarios actual y alternativo de los tres prototipos de fincas ganaderas en el Pacífico Central de Costa Rica.

Prototipos	Escenario actual sin M.O.	Escenario actual con M.O.	Escenario alternativo sin M.O.	Escenario alternativo con M.O.	Incremento neto sin M.O.	Incremento neto con M.O.
	VAN (US\$)					
SET	610	143	1.173	655	563	512
SIC	4.590	4.314	5.562	5.287	972	972
SEA	687	170	1.071	554	384	384

M.O.: mano de obra familiar

de sustituir sistemas tradicionales o intensivos convencionales por una dieta basada en recursos endógenos con arreglos silvopastoriles. Los beneficios incrementales obtenidos en el modelo SEA –sin incluir mano de obra familiar en el análisis– fueron los más bajos, probablemente porque en este prototipo ya se venían manejando con anterioridad dichos arreglos, por lo cual el impacto de las mejoras no fue tan significativo. No obstante, el pequeño incremento ratifica la bondad de la intensificación basada en sistemas silvopastoriles, principalmente bancos forrajeros.

La Roche (2006) indica que en fincas donde se implementaron bancos forrajeros el retorno de la inversión puede obtenerse a mediano plazo, además, la intensificación endógena puede complementarse en época seca a bajo costo y con poca demanda de mano de obra con el uso de gallinaza. No obstante, señala que 60% de los productores encuestados manifestaron que los costos de establecimiento y operación de bancos forrajeros eran una de las razones fundamentales para la no incorporación de estos arreglos en los sistemas de producción.

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad mostró valores positivos de VAN aun en condiciones de caída en los precios de la leche y la carne o incrementos en los costos de insumos y mano de obra (Figura 2). Se evidenció alta respuesta a los cambios en los precios de la leche en los tres modelos, expresada en el valor de la pendiente de la ecuación (SET = 717.9; SIC = 6168.9; SEA = 1.535.7). Esto indica alta elasticidad a los cambios en los precios de la leche, especialmente en el modelo SIC. La menor elasticidad a variaciones de precios en la carne se evidenció en las menores pendientes de la ecuación (SET = 670; SIC = 1.651.8; SEA = 708.93). La elasticidad en los precios de la leche y de la carne constituye un aspecto a considerar ante futuras fluctuaciones de precios derivadas del incremento en la oferta por eventuales importaciones de leche o carne según acuerdos bilaterales de libre comercio.

Por otra parte, la simulación evidenció que aumentando los costos de insumos y mano de obra en pasos de 10% (desde 10% hasta 50%) resultó en disminución lineal en los VAN. Sin embargo, las variaciones en

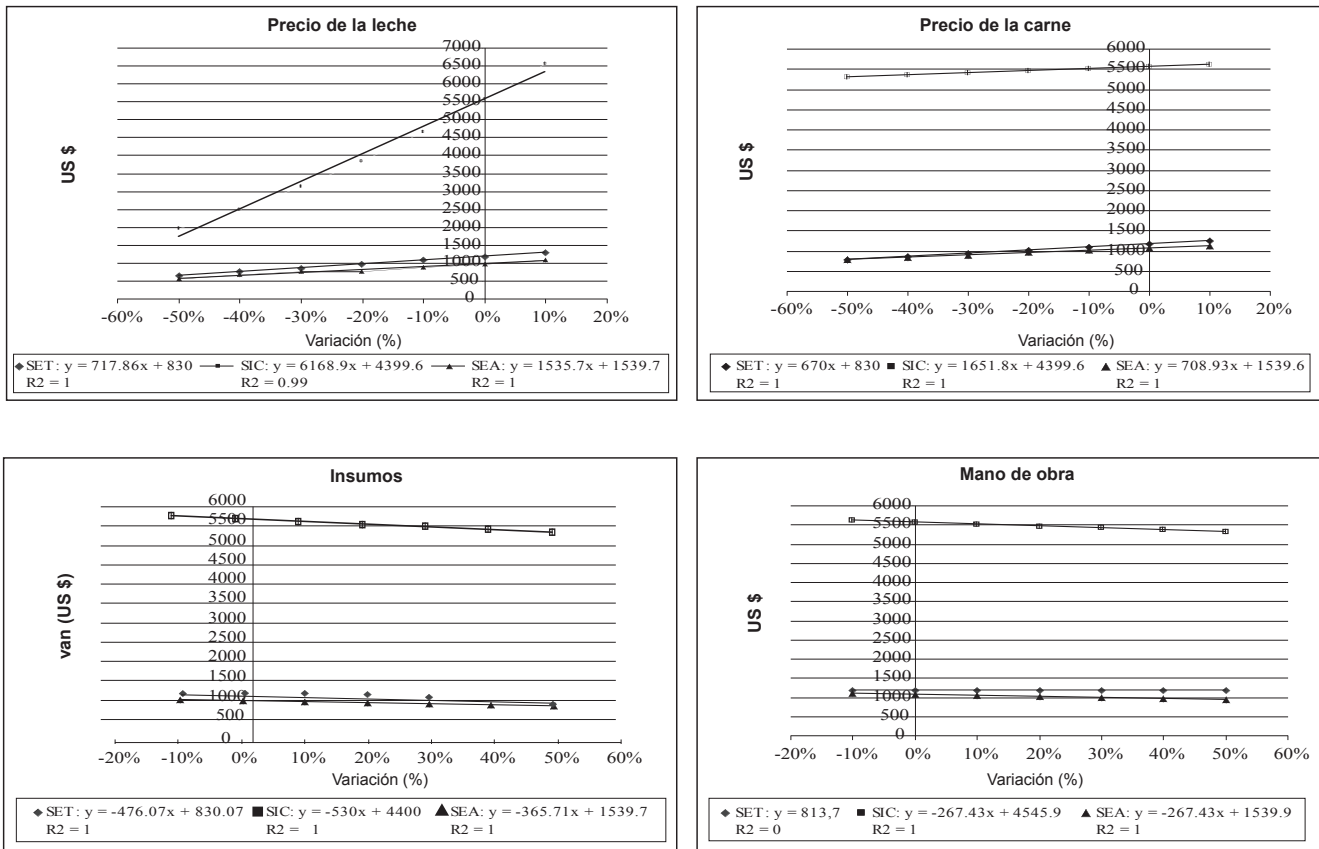


Figura 2. Elasticidad a fluctuaciones de precios y costos de producción en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica

los costos de insumos y mano de obra indicaron mayor inelasticidad expresada en los bajos valores de la pendiente de las ecuaciones, especialmente para las variaciones en los costos de los insumos del modelo SEA. La mano de obra presentó baja elasticidad en los modelos SIC y SEA e inelasticidad total en el caso de SET, por ausencia de remuneración monetaria en la finca (Figura 2, parte inferior). Este aspecto es importante en las fincas campesinas donde la mano de obra familiar no remunerada es la que hace que estos sistemas se mantengan produciendo a pesar de caídas bruscas de los precios en los productos agropecuarios (Mora-Delgado, 2004).

Análisis de riesgo de la inversión

Escenario probable

Cuando se incorporó el análisis de riesgo el mejor impacto de la mejora en los sistemas de alimentación, mediante la adopción de sistemas silvopastoriles, lo obtuvo el modelo SIC (US\$972), seguido del SET (US\$560) y por último el SEA (US\$381).

Sin embargo, la probabilidad de obtener VAN superiores al incremental es más ventajosa para los modelos SEA y SIC. La simulación sugiere que el modelo SEA fue el más beneficiado al implementar las mejoras, es decir, que aun con eventuales fluctuaciones de precios en leche y carne, e incrementos en costos de mano de obra y de insumos se podría superar el VAN incremental

esperado con probabilidad del 50% (Tabla 8). En otras palabras, en este prototipo se obtendría menor riesgo de disminuir la ganancia de la inversión respecto a los modelos SIC y SET, en los cuales la probabilidad de obtener un VAN mayor que el incremental en similares fluctuaciones fue de 43% y 39%, respectivamente. Si bien el modelo SIC es el que sería mas beneficiado con las mejoras en el sistema alimentario, este presentó menor probabilidad (43%) de obtener un VAN superior al incremental. En el modelo SET el cambio de su modelo de alimentación basado en pastoreo extensivo por el uso de recursos alimentarios mejorados se reflejó en mejora de la rentabilidad; sin embargo presentó menor probabilidad de superar el VAN incremental. Lo anterior ratifica los beneficios de adoptar prácticas alimentarias con recursos silvopastoriles en los tres modelos analizados, principalmente en los que en la situación actual no los tenían (SET y SIC).

Escenario pesimista

Un análisis de riesgo en condiciones pesimistas de caída de los precios de la leche y de la carne en pie de -50% y/o incrementos de hasta el 50% sobre los costos actuales, sugirió respuestas robustas en los tres prototipos al adoptar el modelo alternativo de alimentación. Solamente existe pequeña probabilidad de 0.3% de obtener rentabilidad negativa (VAN < 0) en el modelo SET y de 0.1% en el SIC. En el modelo SEA la probabilidad

Tabla 8. Simulaciones de escenarios probable y pesimista incorporando riesgo en tres prototipos de finca ganadera en el Pacífico Central de Costa Rica.

Simulaciones	Parámetros *	Valor función probabilística**	Escenario probable (a)			Escenario pesimista (b)		
			% sobre VAN esperado	Valor esperado (VAN)	Desvío	% VAN < 0	Valor esperado (VAN)	Desvío
Prototipo SET	Precio leche	[0.89;1.0;1.11]						
	Precio carne	[0.89;1.0;1.11]	39	560	39	0.3	204	86
	Mano de obra	[0.89;1.0;1.11]						
	Insumos	[0.89;1.0;1.11]						
Prototipo SIC	Precio leche	[0.89;1.0;1.11]						
	Precio carne	[0.89;1.0;1.11]	43	972	136	0.1	686	265
	Mano de obra	[0.89;1.0;1.11]						
	Insumos	[0.89;1.0;1.11]						
Prototipo SEA	Precio leche	[0.89;1.0;1.11]						
	Precio carne	[0.89;1.0;1.11]	50	381	21	0	215	47
	Mano de obra	[0.89;1.0;1.11]						
	Insumos	[0.89;1.0;1.11]						

* Precio base de litro de leche 0.27 US\$; mano de obra de US\$7/jornal; la base en el precio de la carne y del monto de insumos fue la cifra total de la estructura de costos.

** Variables modeladas con Risk Master, distribución triangular [valor mínimo, más probable, máximo].

de VAN negativo en las condiciones pesimistas fue cero (Tabla 8), lo cual implica un atractivo para la adopción de modelos alimentarios basados en la intensificación con bancos forrajeros y mejoramiento de pasturas.

CONCLUSIONES

El mejoramiento del sistema de alimentación mediante inversiones en pasturas y suplementación con bancos forrajeros de leñosas incidió positivamente en la obtención de beneficios financieros. Los ingresos evidencian que el modelo SIC es el que más beneficios financieros ofrece; sin embargo, es notable que el prototipo SET presentó un ingreso neto atractivo, especialmente cuando no se contabiliza la mano de obra familiar, más si se tiene en cuenta que los costos de mano de obra en los prototipos SET y SEA representaron más de dos terceras partes y que esta mano de obra era básicamente familiar.

El análisis *ex ante* sugirió que en los sistemas ganaderos extensivos tradicionales (SET) se podría obtener beneficio incremental considerable por el cambio de modelo alimentario, con baja probabilidad de riesgo (0.3%) de obtener valores negativos del VAN, aun bajo fluctuaciones pesimistas (-50%) de precios de la carne y la leche e incremento en los costos de producción. El beneficio financiero estimado para el modelo SIC ratificó que se puede hacer ganadería más rentable sustituyendo insumos externos por recursos producidos en la fincas.

El análisis de sensibilidad mostró alta respuesta a los cambios en los precios de la leche en los tres modelos, especialmente en el modelo SIC. La menor elasticidad a variaciones de precios en la carne se evidenció en las menores pendientes de la ecuación. Las variaciones en los costos de insumos y mano de obra indicaron mayor inelasticidad expresada en los bajos valores de la pendiente de las ecuaciones, especialmente para las variaciones en los costos de los insumos del modelo SEA.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas” (CATIE-GEF), financiador de la tesis de maestría de V. A. Holguín a partir de la cual se derivó este artículo. A Augusto Rojas, profesor de la Universidad de Costa Rica, por los valiosos aportes al estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Argel, P.; Hidalgo, C.; Lobo, M. 2000. Pasto Toledo (*Brachiaria brizantha* CIAT 26110). Gramínea con crecimiento vigoroso con amplio rango de adaptación a condiciones de trópico húmedo y subhúmedo. Consorcio Tropileche. Boletín Técnico. MAG, Costa Rica. 18 p.
- Argel, P.; Lascano, C. 1998. *Cratylia argentea*: una nueva leguminosa arbustiva para suelos ácidos en zonas subhúmedas tropicales. *En*: FAO. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 7p. Conferencia electrónica.
- Atkinson, P.; Hammersley, M. 1994. Ethnography and participant observation. *In*: Denzin, N.; Lincoln, Y. (eds). Handbook of qualitative research. Thousand Oaks : Sage. p 248-261.
- Brown, M. 1981. Presupuesto de fincas. Madrid: Banco Mundial-Tecnos. 142 p.
- Cerdas, R. 1977. Cambios en el valor nutritivo de los pastos jaragua (*Hyparrhenia rufa*, Ness Stapt) y estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) durante la época seca del trópico. Trabajo de Lic. (Zootecnia). San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 81p.
- Combellas, J. 1998. Alimentación de la vaca lechera de doble propósito y de sus crías. Caracas: Fundación Inlaca. 196 p.
- Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2000. Censo Agropecuario Nacional. Hojas de Excel de los cantones de Esparza, Puntarenas y Miramar (datos sin publicar).
- Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional. 2001. <http://www.imn.ac.cr/educa/clima/PCENTRAL>. Acceso: 30-10-2002.
- Franco, M. 1997. Evaluación de la calidad nutricional de *Cratylia argentea* como suplemento en el sistema de producción de doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 75 p.
- Gobbi, J.A. 2001. Evaluación socioeconómica. Proyecto Regional Integrated Silvopastoral Approaches to Ecosystems Management. Turrialba, C.R: GEF-CATIE. 200 p.
- Gobbi, J. 2003. La evaluación financiera de los sistemas silvopastoriles. Módulo aspectos socio-económicos de sistemas silvopastoriles. Curso internacional sobre ganadería y medio ambiente. Turrialba, C.R: CATIE .
- Gobbi, J.; Casasola, F. 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agrofor Am* 10 (39/40): 52-60.
- Holguin, V.; Ibrahim, M.; Mora, J.; Rojas, A. 2003. Caracterización de sistemas de manejo nutricional en ganaderías de doble propósito de la región Pacífico Central de Costa Rica. *Agrofor Am* 10 (39/40): 40-46.
- Holmann, F.; Estrada, R.D. 1997. Alternativas agropecuarias en la región Pacífico Central de Costa Rica; un modelo de simulación aplicable a sistemas de doble propósito. *In*: Lascano, C.; Holmam, F. (eds). Conceptos y metodologías de investigación en fincas con sistemas de producción animal de doble propósito. Cali, Colombia: CIAT. 200 p.
- Ibrahim, M.; Canto, G.; Camero, A. 1998. Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo. p15-39. *In*: Ibrahim, M.; Beer, J. (eds) Agroforestry prototypes for Belize. Turrialba, CR: CATIE-GTZ.
- La Roche, A. 2006. Caracterización de las estrategias de vida y tecnologías silvopastoriles de los hogares rurales ganaderos en Esparza, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, CR: CATIE.
- Lobo, M.; Acuña, V. 2001. Efecto de la suplementación con *Cratylia argentea* cv. veraniega fresca y ensilada sobre la producción de leche en vacas en sistemas de doble propósito en el trópico subhúmedo de Costa Rica. p 31-34. *En*: Holmann, F. y Lascano, C. (eds). Sistemas de alimentación con leguminosas para intensificar las fincas lecheras. Cali, Colombia: Tropileche-CIAT-ILRI .

18. López, M.; Pezo, D.; Mora, J.; Prins, C. 2007. El proceso de toma de decisiones en la adopción de bancos de proteína de *Gliricidia sepium* por productores de doble propósito en Rivas, Nicaragua. *Pastos Forrajes* 30 (1): 177-182.
19. Louman, B.; Quirós, D.; Nilson, M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 265 p. (Manual Técnico No. 46).
20. Marshall, C.; Rossman, G. 1995. Designing qualitative research, 2nd. ed. California: SAGE 178 p.
21. Mora-Delgado, J. 2004. Tecnología, conocimiento local y evaluación de escenarios en sistemas de cafcultura campesina en Puriscal, Costa Rica. Tesis PhD. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica. 249 p.
22. Muchagata, M.; Brown, K. 1999. Small farming systems in Amazonia: Livestock production and sustainability. A literature review and annotated bibliography. University of East Angolia. Appendix 8.
23. National Research Council (NRC) 1989. Nutrient requeriments of dairy cattle. Washington: National Academic Press
24. Romero, C. 1998. Evaluación financiera de inversiones agrarias. México: Mundi-Prensa. 78 p.
25. Sánchez, L.Y. 2007. Caracterización de la mano de obra en fincas ganaderas y rentabilidad de bancos forrajeros en Esparza, Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R: CATIE. 113 p.
26. Tito, M.R. 2004. Efectos de la incorporación de tecnologías silvopastoriles sobre la demanda de mano de obra y la rentabilidad de las fincas ganaderas de Muy, Nicaragua. Tesis M.Sc. Turrialba, C.R : CATIE. 120 p.

Guía abreviada para la redacción de manuscritos

Antes de redactar el manuscrito lea el documento "Instrucciones a los autores". ([http:// www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica)). Use papel tamaño carta, tinta negra, doble espacio y letras de fuentes no inferiores a 11 puntos, margine a 3 cm. Estructure el manuscrito en las siguientes secciones:

Preliminar: en la primera página escriba el título en la lengua de los autores y en otra lengua, la lista de autores, la afiliación institucional (departamento, facultad, universidad, dirección postal) y las abreviaturas de recibido (REC) y aceptado (ACCEPT). En la segunda página digite el RESUMEN y el ABSTRACT (220 palabras), las Palabras-clave y Key-words (3-5, según AGROVOC).

Cuerpo del artículo: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Bibliografía.

Escriba la lista de referencias bibliográficas en hoja aparte, numeradas. Sólo deberán aparecer las citadas en el texto (apellido de autor, año). Redáctelas según se ilustra a continuación:

Artículos de revistas

RESTREPO S., E. F.; VALLEJO C., F. A.; LOBO A., M. 2008. Fenología de la floración en tomate cultivado y especies silvestres relacionadas. *Acta Agron* (Palmira) 57 (2): 89-93

Libros

VALLEJO, F. A.; ESTRADA E. I. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 401p.

Complementarios: Tablas (una por página), títulos de Tablas, Figuras (una por página), leyendas de Figuras.

Guía de trámite de manuscritos

Envíe el artículo junto con la carta remitosa (Formato 1). El Comité Editorial asignará fecha de recibido (REC) cuando se ajuste a las normas básicas de la Revista.

Dos árbitros afiliados a una institución diferente de la de los autores calificarán el manuscrito como publicable (con correcciones menores o mayores) o no. Al recibir la versión final corregida el Comité Editorial fijará la fecha de ACEPTACIÓN.

Manual simplificado para a redação de manuscritos

Antes de redigir o manuscrito leia o documento "Instruções aos autores" ([http:// www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica](http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica)).

Use papel tamanho carta, tinta negra, espaço duplo e letras de fontes nao inferiores a 11 pontos, margem a 3cm. Estructure o manuscrito nas seguintes seções:

Preliminar: na primeira página escreva o título no idioma dos autores e em outro, a lista de autores, a filiação institucional (departamento, Faculdade, Universidade, endereço postal) e as abreviaturas de recebido (REC) e aceito (ACCEPT). Na segunda página digite o RESUMO e o ABSTRACT (220 palavras), as Palavras-chave e Key-words (3-5, segundo AGROVOC).

Corpo do artigo: Introdução, Materiais e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia.

Escreva a lista de referencias bibliográficas em folhas a parte, numeradas. Somente deverao aparecer as citadas no texto (sobrenome do autor, ano). Redigílas segundo se ilustra a seguir:

Artigos de revistas

RESTREPO S., E. F.; VALLEJO C., F. A.; LOBO A., M. 2008. Fenología de la floración en tomate cultivado y especies silvestres relacionadas. *Acta Agron* (Palmira) 57 (2): 89-93

Livros

VALLEJO, F. A.; ESTRADA E. I. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia. 401p.

Complementares: Tabelas (uma por página), títulos de Tabelas, Figuras (una por página), legendas de Figuras.

Manual de tramitação dos manuscritos

Envie o artigo junto com uma Carta de remissao (Modelo 1). O Comitê Editorial registrará a data do recebido (REC) quando se ajuste às normas básicas da Revista.

Dois revisores vinculados a uma instituição diferente da dos autores qualificarao o manuscrito como publicável (com poucas ou muitas correções) ou nao. Ao receber a versao final corrigida o Comitê Editorial fixará a data de ACEITAÇÃO.

SI LE INTERESA SEGUIR RECIBIENDO NUESTRA PUBLICACIÓN
O DESEA SUSCRIBIRSE POR PRIMERA VEZ,
SÍRVASE DESPRENDER LA HOJA Y DEVOLVER
DILIGENCIADO EL FORMULARIO QUE APARECE AL RESPALDO.

RECORTE POR ESTA LÍNEA; DOBLE POR LAS LÍNEAS PUNTEADAS, CIERRE CON COSEDORA Y ENVÍE POR CORREO

ACTA AGRONÓMICA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Apartado Aéreo 237
Palmira Valle - Colombia - S.A.

Pegue la
estampilla

(SOLAPA EXTERIOR)
Cierre con grapa



FORMATO DE SUSCRIPCIÓN O RENOVACIÓN

Acta Agronómica
Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
actaagronomica@palmira.unal.edu.co
Apartado Aéreo 237
Palmira Valle - Colombia - S.A.

Fecha _____

Me encuentro interesado en recibir o continuar recibiendo la revista ACTA AGRONÓMICA, para lo cual envío mis datos de referencia:

NOMBRE: _____			
PROFESIÓN: _____		CARGO: _____	
EMPRESA DONDE TRABAJA: _____			
DIRECCIÓN OFICINA: _____		TELÉFONO OF.: _____	CIUDAD: _____
DIRECCIÓN DE ENVÍO: _____			A.A. _____
CIUDAD: _____		PAÍS: _____	
SUSCRIPTOR ACTUAL: SÍ <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> DESEO SUSCRIBIRME POR 1 AÑO <input type="checkbox"/> 2 AÑOS <input type="checkbox"/>			
ESTAMOS INTERESADOS EN PAUTAR EN LA REVISTA: 1 PÁGINA <input type="checkbox"/> 1/2 PÁGINA <input type="checkbox"/> No. DE EDICIONES A PAUTAR <input type="checkbox"/>			

FIRMA _____

Tarifas:

\$80.000, suscripción anual para distribución en Colombia (4 revistas al año).
US\$50, suscripción anual más envío para despacho al exterior (4 revistas al año).

Forma de pago: Consignación a nombre de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Banco Popular
Cuenta Corriente No. 590-00064-2

Con el propósito de mantener la difusión de los resultados de la investigación, la Revista requiere el apoyo de los diversos actores del mundo de la agricultura y de la vida rural.