

HORTICULTURA

Análisis de caracteres relacionados con el color de la raíz engrosada en un cruzamiento de dos clones de *Ipomoea batatas* L. (Lam.)

C.M. Arizio¹; M.M. Manifesto¹ y H.R. Martí²

¹Instituto de Recursos Biológicos, CNIA-INTA. Las Cabañas y Los Reseros s/n, Villa Udondo, Castelar (1712) Buenos Aires, Argentina. ²INTA EEA San Pedro. carizio@cnia.inta.gov.ar

Recibido: 9/05/08

Aceptado: 18/11/08

Resumen

Arizio, C.M.; Manifesto, M.M. y Martí, H.R. 2009. Análisis de caracteres relacionados con el color de la raíz engrosada en un cruzamiento de dos clones de *Ipomoea batatas* L. (Lam.). Horticultura Argentina 28(65): 5-13.

El color es un atributo importante en las hortalizas al influir en la decisión de elección del consumidor, y algunos pigmentos asociados a esos colores les confieren propiedades funcionales. El objetivo de este trabajo fue analizar la existencia de efecto materno, y la ocurrencia de asociación entre los colores de piel y pulpa de la raíz engrosada en batata (*Ipomoea batatas* L. Lam.). Se observaron genotipos con valores de color superiores e inferiores a los progenitores. No se observó efecto de la dirección del cruzamiento, lo que indica ausencia de efecto ma-

terno en los parámetros analizados. Se observó dominancia incompleta de la piel "con pigmentos antociánicos" sobre la piel color blanco/crema, mientras que en la pulpa hubo dominancia incompleta de blanco/crema sobre naranja. Se observó asociación de los colores de piel y pulpa siendo la combinación más esperada "piel con antocianinas y pulpa blanco/crema" y la menos esperada "blanco/crema con naranja ya sea en la piel o en la pulpa". Este trabajo es parte del desarrollo de un mapa de ligamiento que permitirá la localización relativa de los genes involucrados en la síntesis de los pigmentos descriptos en la bibliografía en raíces tuberosas de batata.

Palabras claves adicionales: Herencia transgresiva, Antocianinas, Carotenos, Herencia materna, Hue, Cromat, Luminosidad.

Abstract

Arizio, C.M.; Manifesto, M.M. and Martí, H.R. 2009. Analysis of characters related with color of increased root in a crossbreeding of two clones of *Ipomoea batatas* L. (Lam.). Horticultura Argentina 28(65): 5-13.

Color is a major factor in consumer's (consumer's preference) buying choices, and pigments responsible for color have functional properties. The aim of this work were to determine the existence of a maternal effect, and whether there is association between skin and flesh color of the sweet potato (*Ipomoea batatas* L. Lam) tuberous root. There were genotypes with higher and lower values of color than their progenitors. The direction of the crosses did not affect color variables, what suggests that

there was not a maternal effect. Skin with anthocyanic pigments was incompletely dominant over white/cream skin, meanwhile white/cream flesh was incompletely dominant over orange flesh. Flesh and skin color were associated, being "skin with anthocyanins with white/cream flesh" the most frequent combination and "white/cream with orange skin or flesh" the less frequent. This work is part of the development of a linkage map which will allow the relative localization of reported genes involved in pigment synthesis in tuberous roots of sweetpotatoes.

Additional keywords: Transgressive heredity, Anthocyanins, Carotenes, Maternal heredity, Hue, Croma, Luminosity.

1. Introducción

El color es uno de los atributos más importantes tenidos en cuenta por los consumidores al adquirir frutas y hortalizas (Marsili, 1996). Los carotenoides y las antocianinas son los principales pigmentos reportados en la batata, y su importancia reside principalmente en sus propiedades funcionales.

Los carotenoides se encuentran ampliamente distribuidos en plantas y su estructura poliénica les permite capturar o inactivar radicales libres y oxígeno singulete. El β -caroteno es la principal fuente de pro vitamina A en la naturaleza y responsable de

la coloración naranja-amarilla. La concentración de β -caroteno se encuentra relacionada de manera lineal con el valor a^* del sistema CIELab (Takahata, 1993), que describe el color en forma objetiva. Además se halla altamente relacionado con el ángulo hue (h°), que describe el tono o matiz, en variedades que presentan un rango de color naranja entre alto y moderado (Simmons *et al.*, 2003).

Por otra parte, las antocianinas son pigmentos flavonoides responsables del color rojo y morado de la piel y pulpa de algunas cultivares de batata (Yoshinaga *et al.*, 1999) y son de gran interés por su importante ingesta diaria (180 a 215 mg·día⁻¹·habi-

tante⁻¹ en Estados Unidos) en relación a la de otros flavonoides (23 mg·día⁻¹·habitante⁻¹) (Hertog *et al.*, 1993). Este grupo de pigmentos también presenta efectos benéficos sobre la salud, habiéndose demostrado que tiene efecto antioxidante, antimutagénico, hepatoprotector, antihipertensivo y antihiperlipémico (Suda *et al.*, 2003).

El estudio de los caracteres de color resulta de gran interés para los programas de mejoramiento genético que tienen por objetivo obtener clones con atractivo color de piel y con altas propiedades funcionales. Sin embargo, existe poco conocimiento acerca de la genética de esta especie (Jones, 1965; Jones, 1967; Jones *et al.*, 1969; Shiotani & Kawase, 1987) y en particular acerca de la genética que rige la coloración de la batata (Hernández *et al.*, 1966), debido principalmente a que el mejoramiento en esta especie encuentra serias dificultades dado su sistema de incompatibilidad, autoincompatibilidad, escasa floración y su naturaleza poliploide ($2n = 6x = 90$). Además la mayoría de los caracteres con significancia económica-agronómica exhiben herencia cuantitativa (Collins *et al.*, 1999; Jones, 1986).

La determinación del tipo de ploidía resulta crítica para desarrollar apropiadas estrategias de mejoramiento. Desafortunadamente, la constitución genómica de muchos poliploides permanece sin conocerse, en especial aquellos que poseen un alto número de cromosomas. *Ipomoea batatas* ha sido caracterizado por diversos autores como un alopoliploide (Jones, 1965; Magoon *et al.*, 1970), autopoliploide (Nishiyama, 1975; Ukoskit & Thompson, 1997) y autoalopoliploide (Kriegner *et al.*, 2003), o sea un autopoliploide con apareamientos preferenciales durante meiosis. Pocos trabajos en citología han sido realizados en esta especie, el gran número de cromosomas y su pequeño tamaño explican la ausencia de mayor cantidad de investigaciones y la dificultad de determinar el tipo de ploidía. En estos trabajos, si bien se observa que la mayoría de los cromosomas se aparean en bivalentes durante la meiosis, algunos presentan apareamientos multivalentes (Ting & Kehr, 1953; Oracion *et al.*, 1990).

Cervantes-Flores *et al.* (2007) observaron que varios marcadores moleculares segregan de manera conjunta (*clusters*), evidenciando una supresión de la recombinación en determinadas regiones cromosómicas, lo que tendría una fuerte implicancia para el mejoramiento de esta especie, ya que muchos de los genes de interés pueden estar localizados en regiones que muy raramente recombinen (un claro ejemplo es el locus S de incompatibilidad en

esta especie (Tomita *et al.*, 2004). Esto afectaría a los programas de mejoramiento reduciendo la posibilidad de obtener determinados genotipos con características superiores, debido a que arrastrarían alelos no deseables (Tanskley *et al.*, 1992). También Cervantes-Flores *et al.* (2007) observaron la existencia de asociación de varios caracteres fenotípicos en diferentes poblaciones, y reportan como un ejemplo de ello la asociación del color de piel y pulpa de la raíz engrosada. En el mismo año, Lin *et al.* (2007) hallaron que en el cruzamiento de dos pares de clones de batata los colores de piel y pulpa estaban positivamente correlacionados. Los mismos autores determinaron que había efecto materno para peso de la parte aérea y peso de raíces en dos cruzamientos diferentes. Un solo trabajo analiza la segregación de color en esta especie (Hernández *et al.*, 1965), analizando las frecuencias de aparición de los diferentes colores de la pulpa en la población segregante. En él se concluye que la herencia del color de pulpa es un carácter cuantitativo controlado posiblemente por varios genes con efectos aditivos.

En el presente trabajo se plantea la hipótesis de que puede existir efecto materno y asociación piel/pulpa en la determinación del color de la batata. Por lo tanto los objetivos fueron determinar la existencia de efecto materno según la dirección del cruzamiento, y determinar la ocurrencia de asociación entre los colores de piel y pulpa de la raíz tuberosa entre dos clones de batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). Un mayor conocimiento acerca de estos efectos nos permitirá aumentar la eficiencia de los programas de mejoramiento.

2. Materiales y métodos

Se desarrolló una población de *Ipomoea batatas* segregante para el color de piel y pulpa de raíces tuberosas a partir de padres contrastantes para dichas características. Los padres fueron seleccionados de la colección de batatas del banco *in vitro* de INTA Castelar. Se utilizaron las entradas N°30 (SMA 43) que presenta piel y pulpa crema, abundante floración y es autocompatible, y la N°45 (BGC 45) de piel morada y pulpa amarilla con zonas naranja claro, de abundante floración y autoincompatible (Arizio *et al.*, 2007). Ambas entradas presentan entre sí un bajo nivel de similitud genética analizado con marcadores moleculares (Arizio, 2003). Se realizaron cruzamientos manuales recíprocos. Previo a la antesis se removieron las anteras

del padre 30, para evitar la autofecundación. Entre los 40 y 50 días de la fecundación se cosecharon las cápsulas y las semillas fueron escarificadas en ácido sulfúrico por 20 minutos y lavadas con abundante agua. Las semillas se sembraron en macetas en invernáculo. Cada individuo fue multiplicado por esqueje y trasplantado a campo conjuntamente con los progenitores. Se utilizó un diseño de bloques al azar con dos repeticiones (una planta por bloque). Las plantas fueron cultivadas siguiendo las recomendaciones para el nordeste de la provincia de Buenos Aires, y se cosecharon a los 120 días. El material fue lavado y almacenado a 15 °C de temperatura y 80 % de humedad relativa. Luego de un mes de almacenamiento se determinaron los valores de L, a* y b* de Hunter (Pomeranz & Meolan, 1987) de la piel y la pulpa con un colorímetro Minolta CR-300. Se midieron tres puntos en la piel y tres en la pulpa (corte transversal en el punto medio) en tres batatas en ambos bloques, obteniéndose un total de 18 datos por genotipo. A partir de a* y b* se calcularon los valores de C (saturación o intensidad) y h° (ángulo Hue) mediante las ecuaciones descritas por McGuire (1992). Se realizó el análisis de la varianza de dos formas. Por un lado se analizaron los clones (padres y progenies) como tratamientos, para determinar si había efecto del genotipo en las variables de color y calcular qué porcentaje de progenies diferían estadísticamente de los padres. Por otro lado, se analizaron los datos considerando como tratamientos a los progenitores y a la dirección del cruzamiento (30♀ x 45♂ o 45♀ x 30♂), para determinar si existe efecto materno en los parámetros de color. El análisis estadístico se realizó considerando batatas anidadas dentro de bloques. Se utilizó el procedimiento GLM de SAS. La significación estadística de las diferencias entre

promedios se determinó por la prueba de Duncan.

La población también se separó subjetivamente en clases según el color apreciado visualmente. Esto se realizó porque el ojo humano no es capaz de separar el color en las tres variables objetivas (L, C, y h°), por lo que la expresión del color subjetivo es una integración de esas variables. La medición objetiva promedia distintas tonalidades que se dan tanto en la pulpa como en la piel, mientras que mediante la vista se pueden distinguir esas diferencias. Las clases (subjetivas) para la piel fueron blanco/crema, naranja y antocianica (morado a rosado), mientras que para la pulpa las clases fueron naranja o blanco/crema (presencia vs. ausencia de color naranja). Genotipos de pulpa crema con manchas anaranjadas fueron considerados dentro del grupo de las naranjas. Se contabilizó el número de individuos por clase, y se examinó la existencia de asociación entre color de piel y de pulpa mediante la prueba de χ^2 (Ji cuadrado) (Sokal & Rohlf, 1969).

3. Resultados

Se realizaron 290 cruzamientos recíprocos, de los cuales 107 resultaron positivos (37 %). De las 130 semillas obtenidas (promedio de 1,2 semillas por cruzamiento) finalmente se trabajó sobre las 109 progenies que sobrevivieron (39 correspondieron al cruzamiento 45♀ x 30♂ y 70 al cruzamiento 30♀ x 45♂).

3.1 Análisis del color objetivo

En la piel, el clon utilizado como genotipo materno no afectó a ninguno de los parámetros analizados en los cruzamientos recíprocos, por lo que es esperable que el promedio de la descendencia no sea afectado por la dirección del cruzamiento (30♀

Tabla 1. Parámetros de color de piel y pulpa de los padres y su descendencia en un cruzamiento recíproco de dos clones de batata con colores contrastantes de piel y pulpa.

Genotipos	Piel			Pulpa		
	L	C	h°	L	C	h°
Padre 30	62,9 a	28,6 a	79,3 a	80,8 a	20,9 c	98,9 a
30♀ x 45♂	56,0 b	25,6 b	60,7 b	78,7 ab	26,2 b	89,5 b
45♀ x 30♂	52,7 b	24,4 bc	53,5 b	77,8 b	27,4 b	89,5 b
Padre 45	42,5 c	23,3 c	25,5 c	74,5 c	33,1 a	84,8 b
Media Padres	52,7	25,95	52,4	77,65	27,0	91,85
CV	12,3	13,4	27,8	5,1	27,4	13,2
R ² del modelo	0,09	0,03	0,09	0,02	0,02	0,01

Promedios seguidos por la misma letra dentro de cada columna no presentan diferencias significativas (Duncan, 5 %).

x 45♂ o 45♀ x 30♂). La descendencia presentó promedios para estos parámetros cercanos al promedio de los padres (Tabla 1).

El clon 30 presentó valores más altos que el clon 45 para los parámetros L, C y h°. El valor de h° para el clon 30 está dentro de la gama del amarillo, y el del clon 45 dentro de la gama del rojo. El análisis de variancia para L, C, y h° reveló la existencia de diferencias altamente significativas entre los genotipos (padres y descendencia) (Tabla 2). Para la mayoría de los parámetros hubo genotipos con valores significativamente ($\alpha = 0,05$) más altos o más bajos que el de alguno de los progenitores. Esto fue más evidente en la saturación (C), con un 56 % de los individuos por fuera del rango de los progenitores,

mientras que para L y h° se registro un 13 % de los individuos en esa condición (Figura 1).

Para la pulpa, tampoco se observó efecto del orden del uso como madre o padre de los genotipos progenitores sobre L, C, y h°. Para L y C el promedio de la descendencia presentó valores cercanos al promedio entre los padres, mientras que para h° ese valor estuvo desviado hacia el progenitor 45, no detectándose diferencias significativas entre el promedio de la descendencia y el del progenitor 45. Así como para la piel, hubo diferencias altamente significativas entre los genotipos para las tres variables de color (Tabla 2). Se registraron individuos que presentaron valores de L, C y h° fuera del rango de los padres. El 50 % de la descendencia presentó

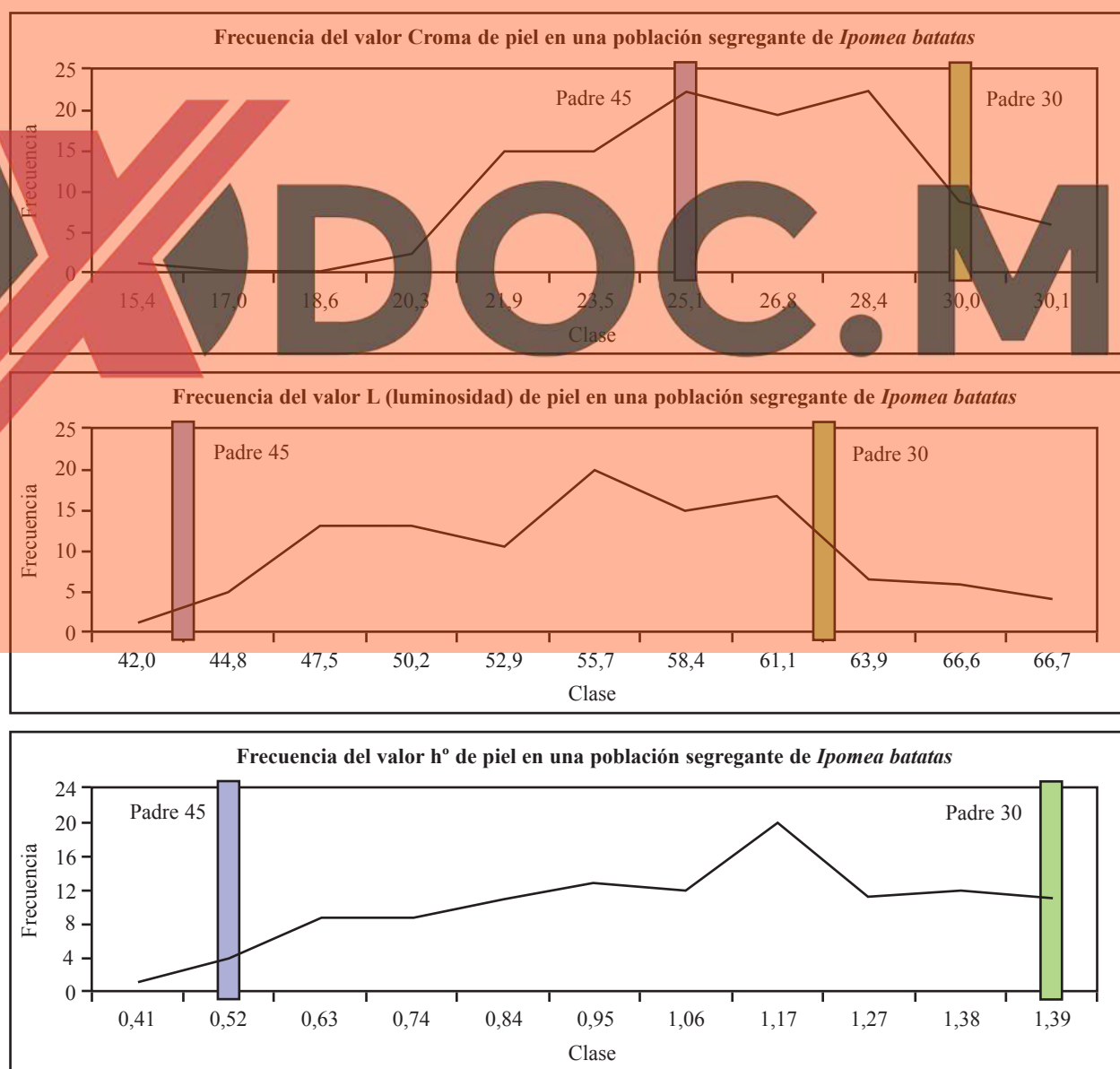


Figura 1. Frecuencia de distribución de las variables L (luminosidad), C (croma) y h° (ángulo hue) en piel de una población segregante de *Ipomoea batatas*. Se identifican en los mismos los valores de los parentales.

valores de h° por fuera de ese rango, mientras que para C y L el porcentaje de individuos bajo esa condición fue de 32 y 27, respectivamente (Figura 2).

3.2 Análisis de las frecuencias de color visual

La progenie obtenida presentó colores de piel antociánico (morado a rosado), naranja y blanco/crema (Tabla 3). Se observaron morados más intensos que el genotipo 45 y cremas más claros que el genotipo 30. El color más frecuente de la piel fue morado. Hubo un 64 % de genotipos con piel antociánica, 18 % con piel blanco/crema, y 18 % con piel naranja (Tabla 3).

Los colores observados en pulpa fueron blanco/crema y naranja. Las pulpas de algunos individuos presentaron colores que visualmente superan en intensidad a los observados en ambos progenitores.

En la pulpa, el color más frecuente fue crema. Solo se observaron dos genotipos de pulpa blanca. Un 62 % de los genotipos tuvo pulpa blanco/crema, mientras que el 38 % restante mostró pulpas que presentaban diferente intensidad del color naranja (Tabla 3).

Se determinó que existe asociación entre el color de la piel y el de la pulpa (Tabla 3). Entre los individuos con piel naranja, la mayoría (63 %) también tuvo color naranja en la pulpa, mientras que cuando la piel fue antociánica o blanco/crema, la mayoría de los genotipos tuvo pulpa blanco/crema sin inclusiones naranja. Esto se vio reflejado en los tests parciales de asociación. Cuando se consideraron sólo los individuos de piel antociánica o crema, no hubo asociación entre color de piel y pulpa, pero sí la hubo cuando se incluyeron los genotipos con piel naranja (Tabla 3).

La combinación más frecuente fue piel antociánica y pulpa crema, y en menor frecuencia piel blanco/crema y pulpa con naranja. Dentro de las pulpas de coloración naranja, apareció una gran variedad en cuanto a distribución e intensidad del color. Para los fines de este trabajo, estas variaciones no fueron analizadas.

4. Discusión

La distribución continua de los caracteres analizados confirma su carácter cuantitativo. Dada la naturaleza hexaploide de la batata, se espera una variación cuantitativa aún en aquellos caracteres de naturaleza cualitativa (Vilaró, 1989). Se observaron descendientes cuyos valores de L, C y h° superan a sus progenitores, lo que indica la existencia de he-

rencia transgresiva. Esto es importante para programas de mejoramiento, pues se pueden obtener clones de colores más intensos que los de los padres. La ausencia de diferencias significativas en las frecuencias de las progenies en los cruzamientos recíprocos sobre los parámetros de color indica la ausencia de un efecto materno, aportando un dato importante para programas de mejoramiento, pues no será necesario realizar el cruzamiento en una dirección determinada. Nuestros resultados coinciden con los presentados por Lin *et al.* (2007), quienes no observaron diferencias significativas entre los promedios para cruzamientos recíprocos en varios caracteres fenotípicos, incluyendo color de piel y pulpa. En un trabajo anterior se determinó que cuando se utilizaba el clon 45 como madre se obtenían valores significativamente más altos de L, C y h° (Arizio *et al.*, 2006).

Tabla 2. Análisis de Varianza del efecto del genotipo (progenitores y progenie) sobre las variables de color de la piel y la pulpa resultantes del cruzamiento de dos clones de batata.

Fuente	GL	CM	P > F
<i>L Piel CV = 5,1; R² = 0,84</i>			
Bloques	1	7,4	0,34
Batatas (bloques)	4	14,8	0,12
Genotipos	113	632,8	< 0,0001
<i>C Piel CV = 6,6; R² = 0,78</i>			
Bloques	1	1,82	0,42
Batatas (bloques)	4	1,71	0,65
Genotipos	113	136,7	< 0,0001
<i>h^o Piel CV = 9,6; R² = 0,90</i>			
Bloques	1	420,4	0,0002
Batatas (bloques)	4	7,7	0,90
Genotipos	113	3822,8	< 0,0001
<i>L Pulpa CV = 2,2; R² = 0,82</i>			
Bloques	1	55,8	< 0,0001
Batatas (bloques)	4	3,2	0,38
Genotipos	113	198,7	< 0,0001
<i>C Pulpa CV = 12,7; R² = 0,80</i>			
Bloques	1	9,6	0,36
Batatas (bloques)	4	25,7	0,06
Genotipos	113	643,2	< 0,0001
<i>h^o Pulpa CV = 3,2; R² = 0,95</i>			
Bloques	1	8,06	0,31
Batatas (bloques)	4	26,5	0,01
Genotipos	113	1894,0	< 0,0001

Esto podría deberse a una interacción genotipo ambiente. También puede haber ocurrido que el menor número de plantas analizadas en aquel trabajo (37 individuos) haya resultado en una muestra no representativa. Los colores de piel con pigmentos antocianicos (morado a rosado) son incompletamente dominantes sobre la piel de color crema. En la pulpa, se observa que la coloración crema es parcialmente dominante sobre naranja. Estos datos son coincidentes con los observados por Hernández *et al.* (1965), donde en los cruzamientos entre un genotipo de pulpa crema con tres genotipos con creciente concentración de carotenos se obtienen más del 80 % de progenies de color crema.

Esta dominancia parcial de pulpa blanco crema

sobre pulpa naranja aparentemente se contradice con el promedio de h° de la pulpa de la descendencia, que resultó más próximo al valor del padre con color naranja (progenitor 45). Sin embargo debe recordarse que el ojo humano no distingue esas tres variables, sino que las integra en una sola expresión, por lo que h° no puede asimilarse a la expresión subjetiva. Si se consideran las otras dos variables, se observa que el valor L de la descendencia estuvo más próximo al padre 30 (blanco/crema), mientras que para C el promedio de la descendencia fue equidistante del promedio de los progenitores (Tabla 1). Esos resultados sugieren que en un proceso de selección es conveniente combinar la medición objetiva con la apreciación visual del color.

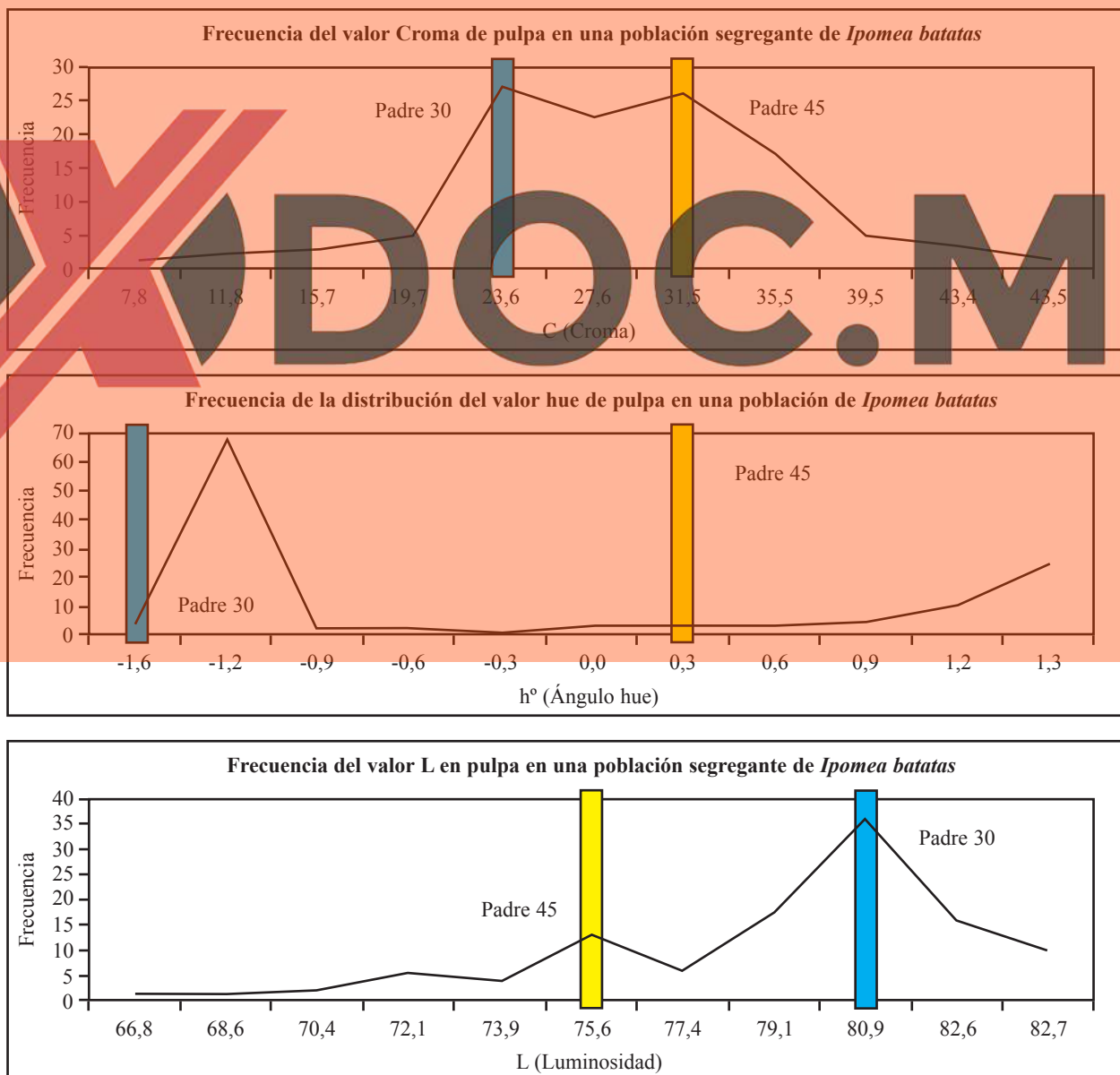


Figura 2. Frecuencia de distribución de las variables L (luminosidad), C (croma) y h° (ángulo hue) en pulpa de una población segregante de *Ipomea batatas*. Se identifican en los mismos los valores de los parentales.

Tabla 3. Frecuencia de clases de color de piel y pulpa y test de asociación en la descendencia del cruzamiento de dos clones de batata del banco de germoplasma del INTA con colores contrastantes de piel y pulpa.

Pulpa	Piel			Totales
	Antociánica	Naranja	Blanco/Crema	
Blanco/Crema	45	7	16	68
Naranja	25	12	4	41
Totales	70	19	20	109

Test de asociación color de piel vs. color de pulpa. General: $\chi^2 = 8,03$; $\chi^2_{0,05[2]} = 5,99$. Piel antociánica vs. piel blanco-crema: $\chi^2 = 1,76$; $\chi^2_{0,05[1]} = 3,84$. Piel antociánica vs. piel naranja: $\chi^2 = 4,63$; $\chi^2_{0,05[1]} = 3,84$. Piel blanco-crema vs. piel naranja: $\chi^2 = 29,99$; $\chi^2_{0,005[1]} = 7,879$

El carácter de hexaploide dificulta la interpretación de las frecuencias de color observadas. Los resultados indican que cuando se cruzan los clones 30 x 45, puede esperarse una mayoría de descendientes con piel con pigmentos antociánicos que con pieles de color naranja o blanco/crema; y un mayor número de clones con pulpa blanco/crema que con pulpa naranja. Dentro de los individuos de pieles con antocianinas o blanco/crema, habrá mayor número con pulpa blanco/crema que con pulpa naranja mientras que dentro de los individuos con piel naranja, habrá mayor número con pulpa de ese color que con pulpa blanco/crema. Las combinaciones de piel naranja y pulpa blanco/crema y viceversa son las menos esperadas. Hernández *et al.* (1966) proponen que la herencia del color de la pulpa es un carácter cuantitativo controlado por varios genes. Esto, sumado a la existencia de asociación entre el color visual de piel y pulpa, revela que la herencia del color responde a un complejo mecanismo.

Teniendo en cuenta que la ruta biosintética de los carotenoides, en particular para la síntesis de β -caroteno, es de cinco genes estructurales (Hirschbers, 1999; Baranska *et al.*, 2006; Howitt & Pogson, 2006) y que la ruta biosintética de las antocianinas es de seis genes (Durbin *et al.*, 2003; Lu & Rausher, 2003) estructurales, se puede advertir la complejidad para avanzar en el estudio de la segregación de estos caracteres. En *Ipomoea batatas* (L.) Lam. aún no se ha investigado la ruta metabólica de los carotenos, pero éstas suelen estar altamente conservadas entre especies, por lo que la información disponible en otras *ipomoeas*, e inclusive otras especies, sirve de base para comenzar un estudio en batata.

Para avanzar más en los aspectos genético/moleculares de la coloración en esta especie es necesario establecer la relación entre los genes involucrados en estos caracteres y su expresión fenotípica. Para

esto se planea la localización relativa de los genes relacionados con los principales pigmentos en un mapa de ligamiento y el análisis del contenido de pigmentos en la población obtenida con el objetivo principal de desarrollar marcadores funcionales que aporten una herramienta al programa de mejoramiento de esa especie.

5. Conclusiones

El orden en que se realiza el cruzamiento entre los clones 30 y 45 del banco de germoplasma del IRB Castelar no afecta a las variables de color L, C, y h°. Si bien el promedio de la descendencia se espera sea próximo al promedio de los progenitores, la existencia de herencia transgresiva hace que existan individuos con valores que superan a los de los padres. En la piel, el color con pigmentos antociánicos es parcialmente dominante sobre las otras tonalidades sin antocianinas, y en la pulpa la coloración blanco/crema es parcialmente dominante sobre la naranja. Los colores de piel y pulpa están asociados, siendo la combinación piel con antocianinas y pulpa blanco/crema la más esperada.

6. Bibliografía

- Arizio, C.M. 2003. Tesis de Licenciatura "Caracterización molecular de germoplasma de batata (*Ipomoea batatas* L. Lam.) mediante microsátélites". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.
- Arizio, C.M.; Hompanera, N.; Martí, H.R.; Maníffesto, M.M. 2007. Clasificación de entradas de *Ipomoea batatas* (L.) Lam. según grupos de incompatibilidad. 11° Congreso Nacional, Sociedad Uruguaya de Hortifruticultura. Resumen.
- Arizio, C.M.; Martí, H.M.; Hompanera, N. y Maníffesto, M.M. 2007. Caracterización molecular de germoplasma de batata (*Ipomoea batatas* L. Lam.) mediante microsátélites. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UBA.

- Manfesto, M.M. 2006. Efecto parental y heredabilidad de variables de color de piel y pulpa de tres clones de batata (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). XXV Congreso Argentino de Genética. Resumen
- Baranska, M.; Baranski, R.; Schulz, H. & Nothnagel, T. 2006. Tissue-specific accumulation of carotenoids in carrot roots. *Planta* 224: 1028-1037.
- Cervantes-Flores, J.C.; Yencho, G.C.; Kriegner, A.; Pecota, K.V.; Faulk, M.A.; Mwangi, R.O.M. & Sosinski, B.R. 2007. Development of a genetic linkage map and identification of homologous linkage Groups in sweetpotato using multiple-dose AFLP markers. *Molecular Breeding* (en prensa).
- Collins, A.; Milbourne, D.; Ramsay, L.; Meyer, R.; Chatot-Balandras, C.; Oberhagemann, P.; de Jong, W.; Gebhardt, C.; Bonnel, E. & Waugh, R. 1999. QTL for field resistance to late blight in potato are strongly correlated with maturity and vigour. *Molecular Breeding* 5:387-398.
- Durbin, L.M.; Lundy, E.K.; Morrell, L.P.; Torres-Martínez, L.C. & Clegg, T.M. 2003. Genes that determine flower color: the role of regulatory changes in the evolution of phenotypic adaptations. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 29: 507-518.
- Hernández, T.P.; Hernández, T.; Constantin, R.J. & Kakar, R.S. 1966. Improved techniques in breeding and inheritance of some of the characters in the sweet potato, *Ipomoea batatas* (L.). *Root Crops Symposium Breeding Techniques in Sweetpotatoes*. 31-40.
- Hernández, T.P.; Hernández, T.; Constantin, R. & Miller, J. 1965. Inheritance of and method of rating flesh color in *Ipomoea batatas*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 1965. 87:387-390.
- Hertog, M.G.L.; Hollman, P.C.H.; Katan, M.B. & Kromhout, D. 1993. Intake of potentially anticarcinogenic flavonoids and their determinants in adults in The Netherlands. *Nutrition Cancer* 20: 21-29.
- Hirschbers, J. 1999. Production of high-value compounds: carotenoids and vitamin E. *Current Opinion in Biotechnology* 10:186-191.
- Howitt, A.C. & Pogson, J.B. 2006. Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues. *Plant Cell and Environment* 29: 435-445.
- Jones, A. 1965. Cytological observations and fertility measurements of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Proceeding American Society Horticulture Science* 86: 527-537.
- Jones, A. 1967. Theoretical segregation ratios of qualitatively inherited characters for hexaploid sweetpotato (*Ipomoea batatas*). *Bulletin N°1368*. USDA Tech.
- Jones, A. 1986. Sweetpotato heritability estimates and their use in breeding. *HortScience*. 21: 172-175.
- Jones, A.; Steinbauer, C.E. & Pope, T.D. 1969. Quantitative inheritance on ten root traits in sweetpotatoes. *Journal of American Society for Horticultural Science* 94:271-275.
- Kriegner, A.; Cervantes, J.C.; Mwanza, R.O.M. & Zhang, D. 2003. A genetic linkage map of sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) based on AFLP markers. *Molecular Breeding* 11: 169-185.
- Lin, K.; Lai, Y.; Chang, K.; Chen, Y.; Hwang, S. & Lo, H. 2007. Improving breeding efficiency for quality and yield of sweet potato. *Botanical Studies* 48: 283-292.
- Lu, Y. & Rausher, D.M. 2003. Evolutionary rate variation in anthocyanin pathway genes. *Molecular Biology and Evolution*. Vol. 20 (11) 1844-1853.
- Magoon, M.L.; Krishnan, R. & Vijaya Bai, K. 1970. Cytological Evidence on the Origin of Sweet Potato. *Theoretical and Applied Genetics* 40: 360-366.
- Marsili, R. 1996. Food color: more than meets the eye. *Food Product Design* (on line). <http://www.foodproductdesign.com/archive/1996/1096QA.html> (3 Nov 2003).
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12):1254-1255.
- Nishiyama, I. 1975. Evolutionary autopolyploidy in the Sweet Potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam) and its progenitors. *Euphytica* 24: 197-208.
- Oracion, M.Z.; Niwa, K. & Shiotani, I. 1990. Cytological analysis of tetraploid hybrids between sweet potato and diploid *Ipomoea trifida* (H.B.K.) Don. *Theoretical and Applied Genetics* 80: 617-624.
- Pomeranz, Y. & Meolan, C.E. 1987. *Food Analysis, Theory and Practice*. 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Shiotani, I. & Kawase, T. 1987. Synthetic Hexaploids Derived from Wild Species related to Sweet Potato. *Japan Journal Breeding* 37: 367-376

- Simmons, A.H.; Kays, S.J.; Koehler, P.E. & Eitenmiller, R.R. 2003. Assessment of β -Carotene content in sweetpotato breeding lines in relation to dietary requirements. *Journal Food Composition and Analysis*. 6:336-345.
- Sokal, R.R. & Rohlf, F.J. 1969. *Biometry*. Freeman, San Francisco.
- Suda, I.; Oki, T.; Kobayashi, M.; Nishiba, M. & Furuta, S. 2003. Physiological functionality of purple-fleshed sweetpotatoes containing anthocyanins and their utilization in foods. *Japan Agricultural Res. Quarterly* 37:167-173.
- Takahata, Y. 1993. HPLC determination of beta-carotene content of sweetpotato cultivars and its relationship with color values. *Japan Journal Breeding* 43: 421-427.
- Tanksley, S.D.; Ganai, M.W.; Prince, J.P.; de Vicente, M.C.; Bonierbale, M.W.; Broun, P.; Fulton, T.M.; Giovannoni, J.J.; Grandillo, S.; Martin, G.B.; Messeguer, R.; Miller, J.C.; Miller, L.; Paterson, A.H.; Pineda, O.; Roder, M.S.; Wing, R.A.; Wu, W. & Young, N.D. 1992. High density molecular linkage maps of the tomato and potato genomes: biological inferences and practical applications. *Genetics* 132: 1141-1160.
- Ting, Y.C. & Kehr, E.A. 1953. Meiotic Studies in the Sweet Potato. *The Journal of Heredity*. 207-211.
- Tomita, R.N.; Suzuki, G.; Yoshida, K.; Yano, Y.; Tsuchiya, T.; Kakeda, K.; Mukai, Y. & Koyama, Y. 2004. Molecular characterization of a 313-kb genomic region containing the self-incompatibility Locus of *Ipomoea trifida*, a diploid relative of sweet Potato. *Breeding Science* 54: 165-175.
- Ukoskit, K. & Thompson, P.G. 1997. Autopolyploidy versus Allopolyploidy and low-density Randomly Amplified Polymorphic DNA Linkage Maps of Sweetpotato. *Journal of American Society for Horticultural Science*. 122 (6): 822-828.
- Vilaró, F. 1989. Mejoramiento genético de batata. Primer curso internacional sobre cultivo de batata. INTA - CIP. San Pedro, Argentina.
- Yoshinaga, M.; Yamakawa, O. & Nakatani, M. 1999. Genotypic diversity of anthocyanins content and composition in purple-fleshed sweetpotato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Breeding Science* 49(1), 43-47.