

IDENTIFICACION Y ANALISIS DE LA VARIABILIDAD MORFOLOGICA DE 59 CULTIVARES DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja* Juz. et Buk.)

Identification and morphological variability analysis of 59 creole potato cultivars (*Solanum phureja* Juz. et Buk.)

Guiliano A. Martin¹, Diana S. Bonilla C.¹, Gustavo A. Ligarreto M.¹ y Diego A. Fajardo¹

RESUMEN

La identificación de la diversidad morfológica de 59 cultivares de *Solanum phureja* Juz. et Buk. Se realizó mediante los descriptores estandarizados por el CIP (Centro Internacional de la Papa) en 1994. Los datos se tomaron a partir de los cultivares establecidos en los centros de investigación Tibaitatá y San Jorge, ubicados en los municipios de Mosquera y Soacha respectivamente; los datos fueron sometidos a análisis simples y multivariados tales como: correlación, componentes principales, análisis cluster y análisis de escalamiento multidimensional. Los primeros 10 componentes principales expresaron el 76% de la variabilidad total, mientras el análisis cluster y de escalamiento multidimensional discriminaron los cultivares en ocho grupos. Los análisis multivariados mostraron que las variables más importantes para la caracterización e identificación de los grupos son: V25 forma general del tubérculo, V26 formas raras del tubérculo, V18 color primario de la piel del tubérculo, V20 color secundario de la piel del tubérculo, V34 grado de floración y V9 pigmentación del pistilo.

Palabras claves: Variabilidad genética, *Solanum phureja*, escalamiento multidimensional.

SUMMARY

The goal of this research was to identify the morphological diversity of 59 genotypes of *Solanum phureja* Juz. et Buk. According to the descriptors of the CIP (International Potato Center) the data were evaluated in two research centers of Corpoica (Mosquera) and ICA (Soacha) villages. The data was analyzed through simple and multivariate statistics such as: correlation, principal components, cluster, and multidimensional analyses. The first ten principal components give 76% of the total variability. The cluster analysis and multidimensional scaling refereed eight genotypes groups. The multivariate analysis showed the most important variables for the characterization and identification, which were (V25 tuber's general shapes), V26 (tuber's races shapes), V18 (tuber's skin primary color), V20 (tuber's skin secondary color), V34 (flowering level) and V9 (pistil pigmentation).

Key words: Genetic variability, *Solanum phureja*, multidimensional scaling

INTRODUCCION

La papa posee los mayores recursos genéticos conocidos para un cultivo, unas 200 especies silvestres con gran diversidad de caracteres y con la ventaja de poder incorporar dicho germoplasma en cultivares, mediante cruzamientos o manipulaciones genéticas. Por otra parte, la riqueza enorme del germoplasma cultivado o primitivo de los Andes está representada por siete especies cultivadas en una serie poliploide ($2n=24; 36; 48; 60$), la cual incluye unos 4000 cultivares diferentes conservados por el CIP con la característica de ser cercanos a los cultivares modernos, los cuales se pueden cruzar con facilidad (Estrada, 2000).

La especie *Solanum phureja* Juz. et Buk., es una papa diploide que se distribuye geográficamente, desde el norte de Bolivia hasta el sur-occidente venezolano, con un centro de diversidad genética al sur de Colombia en el departamento de Nariño y el norte del Ecuador.

La papa criolla como alimento, ofrece a la dieta del consumidor un excelente valor nutricional de vitaminas A, B, y C, niacina, tiamina, carbohidratos y minerales como el sodio, potasio, calcio, hierro, magnesio y fósforo, aporte nutricional importante en la dieta diaria (Horton, 1992).

Colombia es el primer productor de papa criolla en Latinoamérica, con un buen mercado interno en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y Cundinamarca. En la actualidad existe el interés de ampliar la frontera agrícola de la especie y sustituir parcialmente algunos cultivos de clima frío en los departamentos de Boyacá y Cundinamarca e, igualmente, se están abriendo las puertas al procesamiento industrial del tubérculo como papas fritas y conservas, y se empieza a incursionar en los mercados europeos, con presentaciones enlatadas y en vidrio (Pino, 1995; Corabastos, 1996).

Los recursos genéticos de la papa criolla, existentes en la colección central colombiana, constituyen un gran potencial de rendimiento que puede ayudar a solucionar las deficiencias de alimentos para la creciente población. De la misma manera, el germoplasma se debe conservar evitando pérdidas de variabilidad y diversidad genética. El objetivo de esta investigación fue estimar la variabilidad genética de 59 cultivares de *Solanum phureja* Juz. et Buk., con base en la aplicación de descriptores morfológicos.

¹ Investigadores Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología Agrícola, Corpoica, A.A. 240142 Las Palmas, Bogotá, Colombia.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en el Centro de Investigación Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) localizado en Mosquera (Cundinamarca) a 2.650 msnm con una temperatura promedio de 13 °C y precipitación pluvial anual promedio de 750 mm. La Estación Experimental San Jorge del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) segundo lugar de estudio se encuentra localizada en el municipio de Soacha (Cundinamarca) a 3.000 msnm con una temperatura promedio de 9°C y precipitación pluvial de 1.600 mm por año.

Durante el segundo semestre de 1996, se sembraron en campo 59 colectas de papa criolla (*S. phureja*) de la colección central colombiana (Cuadro 1). Las parcelas las conformaron surcos de cuatro metros de largo con 10 plantas, con distancia entre surcos de un metro y entre plantas de 40 cm, para cada uno de los ambientes. Los ajustes de fertilización se realizaron de acuerdo con los análisis de suelos. La caracterización de las colectas se realizó con base en los descriptores propuestos por el CIP (1994). Los caracteres con datos relativos a colores se registraron de acuerdo con la tabla de colores Munsell para tejidos vegetales (Munsell, 1996)

En el Cuadro 2, se relacionan las 31 variables con sus respectivos valores de los descriptores, los cuales se midieron sobre la colección en estudio. Al iniciar el período de floración se tomaron los datos de cinco plantas por accesión de las variables cuantitativas v15, v16 y v17 relacionadas con la forma de la hoja.

Los datos de todas las variables se analizaron por estadísticas simples con promedio de variables cuantitativas y multivariados de componentes principales. Los caracteres cualitativos se transformaron a variables cuantitativas, mediante rangos sugeridos por Eskridge (1995) y se procesaron con el procedimiento rank (SAS versión 6.10, 1996). El análisis por componentes principales contribuyó a la selección de aquellos componentes cuyo valor característico fue superior a uno, donde a partir de estos componentes y sus vectores asociados, se seleccionaron las variables más sobresalientes por sus altos coeficientes.

Otro de los análisis realizados fue escalamiento multidimensional, en el cual se buscó seleccionar el número de variables eficientes en el estudio. Se estimó mediante el cálculo de bondad de ajuste o stress uno y los valores característicos de los componentes uno y dos con las variables de mayor peso, valores característicos superiores a 0,50. Este procedimiento se realizó en el programa de computación NT-SYS versión 1.7 (1989).

Cuadro 1. Colectas de papa (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) del banco de germoplasma de CORPOICA utilizados en el estudio.

Accesión	Procedencia	Accesión	Procedencia
1-Uva	Nariño	40-Soliman	Sin dato
2-Chaucha Crespa Blanca	Nariño	42-Criolla Rosada	Boyacá
3-Borrega Amarilla	Nariño	45-Chaucha	Nariño
4-Chaucha Colorada	Nariño	46-Chaucha Romesa	Nariño
5-Mambera	Nariño	47-Chaucha Carilla R.	Nariño
6-Chaucha Ratona	Nariño	49-Chaucha Negra	Nariño
7-Borrega Blanca	Nariño	51-Luki ^{1/}	Bolivia
8-Chaucha Mambera	Nariño	52-S.N.	Sin dato
10-Borrega Amarilla	Nariño	53-S.N.	U.V. USA
11-Mambera	Nariño	54-S.N.	Nariño
12-Borrega Amarilla	Nariño	57-Guayaba	Caldas
13-Chaucha Ratona	Nariño	60-S.N.	Bolivia
14-Borrega Blanca	Nariño	63-Pepina Amarilla	Santander
16-Yema de Huevo	Nariño	64-Chaucha	Nariño
17-Ratona	Nariño	65-Chaucha Ratona	Nariño
20-Yema de Huevo	Nariño	66-Chaucha	Nariño
21-Algodona	Nariño	68-Careta	Cauca
22-Borrega	Nariño	70-S.N.	Cauca
23-Naranjilla	Nariño	72-Criolla Maravilla	Boyacá
24-Ratona Roja	Nariño	73-Criolla	Boyacá
25-Borrega Blanca	Nariño	74-S.N.	Boyacá
26-Uva	Nariño	75-Criolla Negra	Valle
27-Ratona Chinqueña	Nariño	77-S.N.	Aldana
28-Chaucha Botella Amarilla	Nariño	78-Chaucha Negra	Cauca
30-Borrega Negra	Nariño	79-Chaucha Ojona	Cauca
31-Chaucha Morada	Nariño	81-Ch. Colorada-Redon.	Valle
32-Algodona	Nariño	83-Silviana	Quindio
35-Puenda	Nariño	85-Mambera	Cauca
36-S.N.FDR.3	CIP-Lima	87- Turma de perro ^{2/}	Quindio
37-S.N.FDR:34	CIP-Lima		

^{1/} *Solanum curtilobum* (Hawkes), ^{2/} *Solanum estradae* (López). (CORPOICA, 2000).

Cuadro 2. Variables cuantitativas evaluadas en 59 colectas de *Solanum phureja* Juz. et Buk.

VARIABLE	ESCALA DE EVALUACION
V15 No. folíolos laterales	Número de pares
V16 No. interhojuelas entre folíolos	Número de pares
V17 No. interhojuelas sobre peciolulo	Número de pares
V11 Habito de la planta	1.Erecto 2.Semi-erecto 3.Decumbente 4.Postrado 5.Semi-arrosetado 6.Arrosetado.
V12 Color del tallo	1.Verde 2. Verde con pocas manchas 3.Verde con muchas manchas 4.Pigm. con abundante verde 5.Pigm. con poco verde 6.Rojizo 7.Morado. 0.Ausente 1.Recto 2.Ondulado 3.Dentado
V13 Forma de alas del tallo	0.Sin botones 1.Aborte de botones 3.Floración escasa 5.Moderada 7.Profusa.
V34 Grado de floración	1.Verde 2.Sólo articul. Pigmento 3.Liger. pigm. a lo largo 4.Liger. pigm. a lo largo y en articul. 5.Pigm. sobre la artic. 6. Pigm. debajo de la arttic. 7.Mayor/te pigm. y artic. verde 8.Completamente pigmentado.
V6 Color del pedicelo	1.Verde 2.verde con pocas manchas 3.Verde con abund. manchas 4.Pigm. con abund. verde 5.Pigm. con poco verde 6. Rojizo 7. Morado.
V10 Color del cáliz	1.Estrella 2.Semi-estrella 5.Pentagon. 7.Rotácea 9. Muy rotada
V7 Forma de la corola	1.Blanco 2.Rojo-rosado 3.Rojo-morado 4.Celeste 5.Azul-morado 6.Lila 7.Morado 8.Violeta.
V2 Color primario de la flor	0.Ausente 1.Pálido 2.Intermedio 3.Oscuro.
V3 Intensidad color primario flor	0.Ausente 1.Blanco 2.Rojo-rosado 3.Rojo-morado 4.Celeste 5.Azul-morado 6.Lila 7.Morado 8.Violeta.
V4 Color secundario de la flor	1.Acúmen blanco-haz 2.Acúmen blanco-envez 3..Acúmen blanco-ambos 4.En la estrella 5.Bandas en el haz 6.Bandas en el envez 7.Bandas en ambas caras 8.Manchas salpicadas 9.En muy pocos puntos.
V5 Distribución del color 2º flor	0. Sin antocianinas 1.Rayas pigm. 2.Manchas pigm. en ápice 3. Rayas y manchas pigm. 4.Anteras rojo-marron.
V8 Pigmentación anteras	0.Ausente 1.Estigma pigm.(PS) 2.Ovario pigm. (PO) 3.Pigm.en la pared interna del ovario (POW) 4.PS+PO 5.PS+POW 5.PO+POW 7.PS+PO+POW 8.Otro.
V9 Pigmentación pistilo	1.Verde 2.Verde puntos blancos 3.Verde bandas blancas 4. Abundan. puntos blancos 5. Verde áres pigm. 6.Verde bandas pigm. 7. Pigmentado
V31 Color de la baya	1.Globoso 2.Globoso mucrón terminal 3.Ovoide 4.Ovoide con mucrón term. 5.Cónico 6.Cónico alargado 7.Piriforme.
V32 Forma de la baya	1.Blanco crema 2.Amarillo 3.Naranja 4.Marrón 5.Rosado. 6.Rojo 7.Rojo-morado 8.Morado 9.Negruzco.
V18 Color primario piel .tubérculo	0. Ausente 1.pálido 2.Intermedio 3.Oscuro
V19 Intensidad color prim. piel tuber.	0.Ausente 1.Blanco 2.Amarillo 3.Naranja 4.Marrón 5.Rosado 6.Rojo 7.Rojo-morado 8.Morado 9.Negruzco
V20 Color secund. piel tubérculo	1.En ojos 2.En cejas 3.Alrededor ojos 4.Manchas dispersas 5.Como anteojos 6.Manchas salpicadas 7.Pocos puntos.
V21 Distrib. color secund. piel tuber.	1.Blanco 2.Crema 3. Amarillo claro 4.Amarillo 5.Amarillo intenso 6.Rojo 7.Morado 8. Violeta.
V22 Color primario carne tubérculo	0.Ausente 1.Blanco 2.Crema 3.Amarillo claro 4.Amarillo 5.Amarillo intenso 6.Rojo 7.Morado 8. Violeta.
V23 Color secund. carne tubérculo	0.Ausente 1.Pocas manchas 2.Areas 3.Anillo vascular angosto 4.Anillo vasc. Amplio 5.A nillo vasc. y médula 6.Todo menos médula 7.Otro (salpicado).
V24 Distrib. color 2º carne .tuber.	1.Comprimido 2.Redondo 3.Ovalado 4.Obovado 5.Eliptico 6.Oblongo 7.Oblongo-alargado 8. Alargado.
V25 Forma general tubérculo	0.Ausente 1.Aplanado 2.Clavado 3.Reniforme 4.Fusiforme 5.Falcado 6.Enroscado 7.Digitado 8.Concertinado 9. Tuberosado.
V26 Formas raras	1.Sobresaliente 3.Superficial 5.Medio 7.Profundo 9.Muy profundo
V27 Profundidad de los ojos	1.Blanco verdoso 2.Rosado 3.Rojo 4.Morado 5.Violeta
V28 Color primario del brote	0.Ausente 1.Blanco-verdoso 2.Rosado 3.Rojo 4.Morado 5.Violeta
V29 Color secundario del brote	0.Ausente 1.En la base 2.En el ápice 3.Pocas manchas a lo largo 4.Muchas manchas a lo largo.
V30 Distrib. color secund. del brote	

Cuadro 3. Estadísticas simples de caracteres cualitativos y cuantitativos de 59 colectas de (*Solanum phureja* Juz. et Buk.) evaluadas en dos ambientes de siembra.

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Moda ó promedio ¹	C.V. (%)
V34 Grado de floración	1	7	7	35,85
V6 Color pedicelo	2	8	4	39,15
V10 Color de cáliz	2	7	5	28,32
V7 Forma de la corola	3	5	3	18,23
V2 Color primario de la flor	1	8	7	18,82
V3 Intensidad color primario flor	1	3	2	29,30
V4 Color secundario de la flor	0	8	7	65,36
V5 Distribución color secundario flor	1	7	6	37,86
V8 Pigmentación de la antera	0	3	0	213,36
V9 Pigmentación del pistilo	0	5	0	161,41
V11 Hábito de la planta	1	3	2	28,95
V12 Color del tallo	1	7	2	64,25
V13 Forma alas del tallo	0	3	1	52,74
V15 Número de folíolos laterales	2,8	6	4,1	16,95
V16 Número de interh. entre folíolos	0	3,8	1,39	59,33
V17 Número interh. sobre peciolulos	0	1	0,09	249,32
V31 Color de la baya	0	7	5	41,63
V32 Forma de la baya	1	7	5	34,80
V18 Color primario de piel tubérculo	1	9	2	57,68
V19 Intensid. color 1° piel tubérculo	1	3	3	31,33
V20 Color secundario piel tubérculo	0	9	0	164,25
V21 Dist. color secund piel tubérculo	0	7	0	118,94
V22 Color primario carne tubérculo	1	5	2	45,34
V23 Color secundar. carne tubérculo	0	8	0	73,60
V24 Distrib. color 2° carne tubérculo	0	7	3	68,58
V25 Forma general del tubérculo	1	8	2	60,45
V26 Formas raras del tubérculo	0	8	0	129,29
V27 Profundidad de los ojos	3	9	7	33,18
V28 Color primario del brote	1	5	1	61,68
V29 Color secundario del brote	0	5	1	101,32
V30 Dist. color secundario del brote	0	3	2	72,69

¹ Moda para descriptores cualitativos y promedio para variables cuantitativas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción de la colección por variables

Los promedios, modas, valores mínimo y máximo, de las 31 variables muestran que existe un alto grado de variación en las 59 colectas de papa criolla, donde el carácter más variable fue V17 (número de interhojuelas sobre peciolulos) con C.V. de 249,3% y la variable más estable V15 (número de folíolos laterales) con un 17% de coeficiente de variabilidad; otras variables importantes de la flor y tubérculos presentaron altos coeficientes de variación como V8 (pigmentación de la antera) con 213,36%, V20 (color secundario de la piel del tubérculo) con 164,25%, V9 (Pigmentación del pistilo) con 161,41% y V26 (formas raras del tubérculo) con 121,29%, V21 (distribución del color secundario de la piel del tubérculo) con 118,94%, y V29 (color secundario del brote) con 35,85% (Cuadro 3).

El alto grado de variación de los caracteres puede ser debido a una alta variabilidad genética al interior de la colección y/o al efecto ambiental sobre el genotipo para algunas características evaluadas, lo cual se confirma con la descripción de los grupos genéticos por variables morfológicas. Lo anterior a su vez indica, que existe variación posible de medir a través de los análisis multivariados de agrupamientos por componentes principales y escalamiento multidimensional.

En cada uno de los ambientes se encontró alto grado de asociación entre las variables. Los coeficientes de correlación de ma-

yor peso en el ambiente de Tibaitatá los describen las variables V6 y V10 (color del pedicelo y color del cáliz, respectivamente), con $r = 0,84$; V15 y V16 (número de folíolos laterales y número de interhojuelas entre folíolos, respectivamente), con $r=0,74$, seguida, en el ambiente de San Jorge por las variables V4 y V5 (color secundario de la flor y distribución del color secundario de la flor, respectivamente), con $r = 0,82$; V15 y V16 (número de folíolos laterales y número de interhojuelas entre folíolos, respectivamente), con $r=0,76$; todos los valores « r » presentaron diferencias altamente significativas. Por la alta asociación entre las variables se aplicaron análisis multivariados.

Con el objetivo de reducir información redundante se eliminó la variable V16 (número de interhojuelas entre folíolos) la cual presentó para los dos ambientes, alta correlación con el número de folíolos laterales.

Descripción de la colección por grupos de variables morfológicas

En el Cuadro 4, se observa como los primeros 10 componentes expresan para las 30 variables de las 59 colectas, el 76% de la variabilidad total, según el criterio que existe para seleccionar el número de componentes a partir de aquellos valores propios (λ) que sean mayores a 1. El valor característico del primer componente es 4,51 mientras que los valores de los componentes seleccionados llegan hasta 2,3.

Cada valor característico presenta un vector propio asociado, el cual contiene coeficientes que representan a los caracte-

res, de tal forma que la magnitud de éstos permite relacionar las variables de mayor peso sintetizando la mayor variabilidad residual contenida en los datos (Pla, 1986). Las variables en su orden son: V18, V12, V26, V25, V6, V21, V20, V29, V28, V34, V7, V17, V24, V9, 19, y V11 ubicadas en sus respectivos componentes con el valor acumulado, como se observa en el Cuadro 5. La varianza del primer componente principal será la mayor y cada uno de los siguientes componentes tendrá una varianza menor hasta que el último componente sea el que posee menor varianza.

De acuerdo con el número de variables relacionadas por el órgano de la planta, fueron de gran importancia las variables relacionadas con el tubérculo y el tallo, mientras que en un segundo plano encontramos las componentes principales relacionadas con características de la flor.

Con los coeficientes de los 10 primeros componentes principales asociados a cada aceción, se realizó el cálculo de las distancias euclidianas estandarizadas agrupadas por el método UPGMA (Sneath and Sokal, 1973) obteniendo como resultado el dendograma de los 59 genotipos (Figura 1).

El dendograma resultante representa 76% de la varianza total e incluye las 31 variables. Teniendo en cuenta las distancias euclidianas estandarizadas menores a 0,97 unidades se identificaron siete grupos generales.

Grupo 1. Constituido por el cultivar: 42- Criolla rosada, con una distancia 1,23 unidades taxonómicas, siendo genéticamente,

el más lejano en relación con los demás grupos de cultivares. Es una planta con hábito decumbente, tallo pigmentado con poco verde, forma de la corola pentagonal (los otros seis grupos presentan corola en semi-estrella), sin pigmentación en el pistilo, color primario de la piel del tubérculo rojo morado, color secundario de la piel del tubérculo amarillo distribuido en forma de anteojos, forma general redonda a ovalada y color primario del brote morado.

Grupo 2. Constituido por los genotipos: 12-Borrega amarilla, 35-Puenda, 7-Borrega blanca, 14-Borrega blanca, 36-S.N.-Lima, 60-S.N.Bolivia, con una distancia de 0,938 unidades taxonómicas entre sí. En este grupo se encuentran plantas con hábito semi-erecto, color del tallo verde con pocas manchas, floración escasa, sin pigmentación en el pistilo, color primario de la piel del tubérculo blanco crema, intensidad pálida, color secundario de la piel del tubérculo morado, distribución del color secundario de la piel en manchas dispersas, forma general del tubérculo alargada y forma rara concertinada, color primario del brote violeta.

Grupo 3. Constituido por los genotipos: 49-Chaucha negra, 74-S.N.Boyacá, 81-Chaucha colorada redonda, 32 Algodona, con una distancia de 0,908 unidades taxonómicas entre sí. En el grupo se encuentran plantas de hábito semi-erecto a decumbente, con color del tallo morado, pedicelos pigmentados, sin pigmentación en el pistilo, color primario de la piel del tubérculo negruzco, rojo morado, color secundario blanco crema distribuido en manchas dispersas,

Cuadro 4. Componentes principales para caracteres morfológicos de *Solanum phureja* Juz. et Buk.

Componente	Valor característico (λ) I/	Diferencia	Proporción %	Acumulado %
1	4,51	1,03	15,0	15,0
2	3,48	0,34	12,0	27,0
3	3,14	0,27	10,0	37,0
4	2,87	0,76	9,0	47,0
5	2,1	0,47	7,0	53,0
6	1,6	0,27	5,0	59,0
7	1,36	0,09	5,0	64,0
8	1,27	0,03	4,0	68,0
9	1,24	0,14	4,0	72,0
10	1,09	0,17	3,7	76,0
11	0,93	0,13	3,0	79,0
12	0,8	0,03	2,7	82,0
13	0,77	0,06	2,6	84,0
14	0,71	0,06	2,4	87,0
15	0,65	0,06	2,2	89,0
16	0,6	0,012	2,0	91,0
17	0,48	0,07	1,6	92,0
18	0,41	0,03	1,4	94,0
19	0,38	0,03	1,3	95,0
20	0,35	0,09	1,2	96,0
21	0,26	0,05	0,9	97,0
22	0,22	0,05	0,7	97,7
23	0,17	0,02	0,6	98,0
24	0,14	0,03	0,5	98,7
25	0,11	0,01	0,4	99,0
26	0,09	0,02	0,3	99,4
27	0,07	0,02	0,2	99,6
28	0,05	0,008	0,16	99,8
29	0,04	0,02	0,1	99,9
30	0,02		0,07	100,0

¹¹ Se seleccionaron los valores característicos $\lambda \geq 1$

Cuadro 5. Selección de variables de mayor peso en los vectores asociados a los primeros 10 componentes principales.

Variable	Vectores característicos									
	Comp.1	Comp.2	Comp.3	Comp.4	Comp.5	Comp.6	Comp.7	Comp.8	Comp.9	Comp.10
V.18	0,31	-0,2	0,04	-0,18	-0,13	0,08	0,17	-0,19	-0,06	0,23
V.12	0,32	-0,07	0,14	-0,29	0,01	0,05	-0,1	-0,07	-0,005	-0,05
V.26	-0,11	0,43	0,07	-0,15	0,003	0,005	-0,03	-0,04	0,03	0,09
V.25	-0,18	0,41	0,04	-0,14	0,04	0,03	-0,05	-0,04	0,07	0,1
V.6	0,2	-0,03	0,42	-0,007	0,13	0,14	-0,06	0,02	0,15	-0,05
V.21	0,19	0,17	0,06	0,41	0,07	-0,14	0,26	-0,006	-0,08	-0,06
V.20	0,17	0,2	0,06	0,43	0,08	-0,16	0,15	0,05	0,005	-0,11
V.29	0,05	0,18	-0,19	0,06	0,48	0,009	-0,27	-0,19	-0,02	0,07
V.28	0,16	0,12	0,03	-0,02	-0,48	-0,1	0,13	0,08	0,17	0,18
V.34	-0,02	0,11	-0,08	-0,05	0,02	0,5	0,08	-0,02	-0,25	-0,1
V.7	0,17	0,05	0,03	0,11	0,14	-0,16	0,52	0,11	-0,13	0,1
V.17	0,01	0,13	0,26	-0,23	0,19	-0,13	0,14	0,44	-0,04	-0,05
V.24	0,18	-0,02	-0,29	-0,02	0,14	0,16	-0,01	0,44	0,25	-0,03
V.9	0,19	0,05	-0,2	-0,14	-0,05	0,06	-0,04	0,32	-0,4	-0,1
V.19	0,19	-0,21	0,01	0,002	0,2	-0,002	0,16	-0,17	0,13	0,42
V.11	0,07	0,08	0,007	0,17	-0,08	0,36	0,18	-0,12	0,22	-0,41

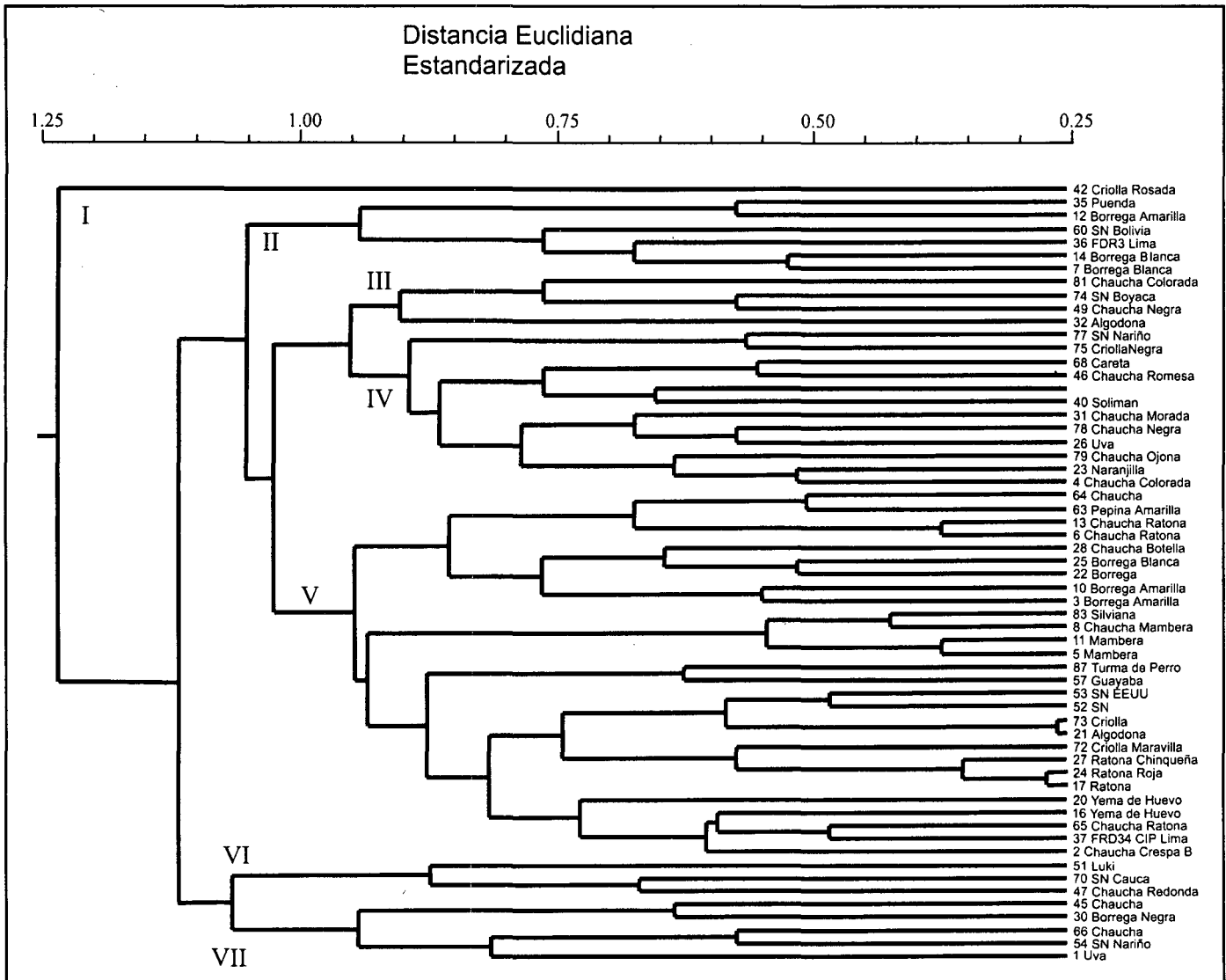
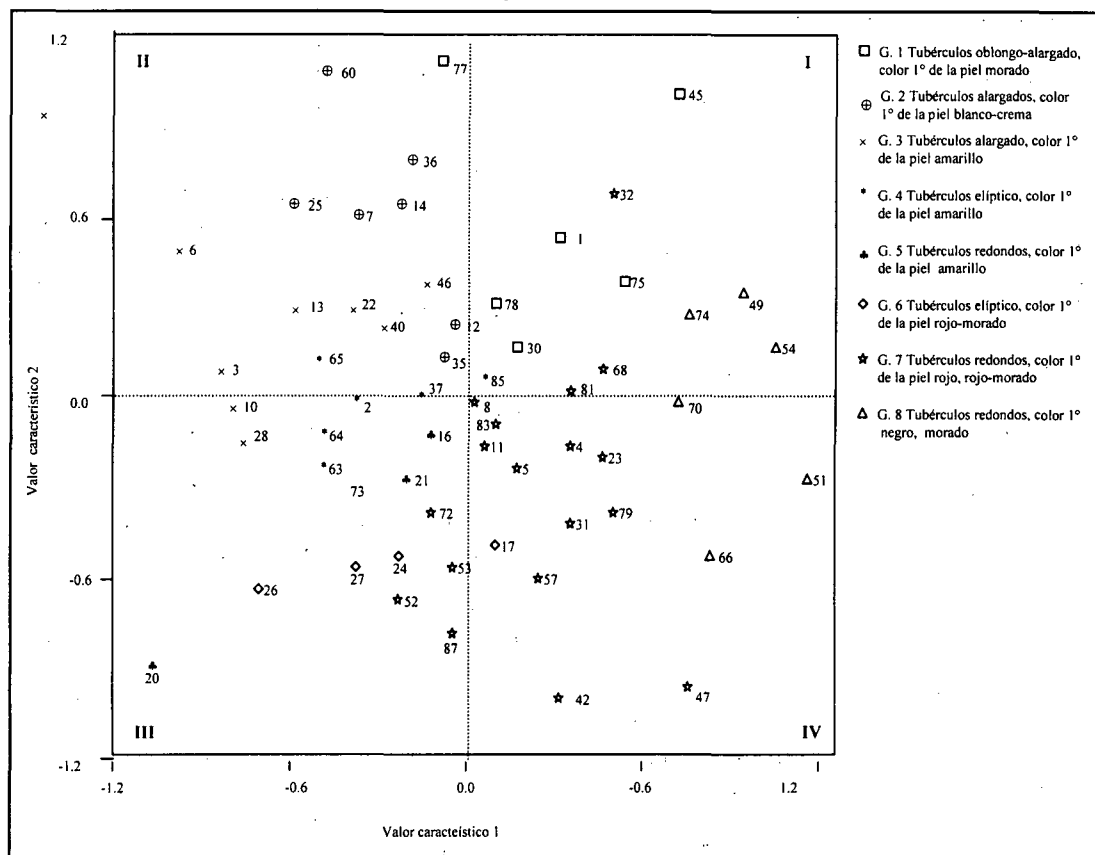


Figura 1. Dendrograma de 59 colectas de *Solanum phureja* Juz. et Buk.

Figura 2. Colecta de *Solanum phureja* Juz. et Buk. representadas mediante escalamiento multidimensional.

distribución del color secundario de la carne en anillo vascular y médula, forma general redonda, formas raras ausentes, color primario del brote blanco verdoso y color secundario violeta.

Grupo 4. Constituido por genotipos: 4-Chaucha colorada, 23-Naranjilla, 46-Chaucha romesa, 68-Careta, 26-Uva, 78-Chaucha negra, 75-Criolla negra, 77-S.N.-Nariño, 79-Chaucha ojona, 40-Soliman, 85-Mambera, 31-Chaucha morada, con una distancia de 0,8956 unidades taxonómica entre sí. El grupo se caracteriza por tener plantas con hábito semi-erecto, color del tallo verde con pocas manchas, color del pedicelo ligeramente pigmentado a lo largo, pigmentación del pistilo presente en el estigma y pared interna del ovario, color primario de la piel rojo, color secundario amarillo, distribuido en forma de 23 manchas dispersas, la distribución del color secundario de la carne en anillo vascular angosto o anillo vascular y médula, forma general redonda, formas raras ausentes, color primario y secundario del brote blanco verdoso.

Grupo 5. Constituido por 28 genotipos que poseen una distancia entre 0,555 y 0,964 unidades taxonómica entre sí, en este grupo se encuentran plantas con hábito semi-erecto, color de tallo verde, pedicelo ligeramente pigmentado a lo largo, pigmentación del pistilo ausente, piel del tubérculo amarillo, con intensidad oscura, sin color secundario, distribución del color secundario de la carne del tubérculo en anillo vascular angosto, forma general redonda, formas raras ausentes y color primario del brote blanco verdoso.

Cluster 6. Constituido por las siguientes colectas: 47-Chaucha redonda, 70-S.N.-Cauca, 51-Luki, con una distancia de 0,878 unidades taxonómicas entre sí y distante del grupo 7 a 1,06 unidades. En este grupo se encuentran plantas con hábito decumbente, color del tallo pigmentado con poco verde, grado de floración esca-

sa, pedicelo completamente pigmentado, presenta pigmentación del pistilo en el estigma, color primario de la piel del tubérculo negruzco, color secundario de la piel ausente a blanco crema y con distribución en forma de cejas, distribución del color secundario carne en anillo vascular angosto o anillo vascular y médula, forma general redonda, color primario del brote morado, color secundario del brote ausente.

Cluster 7. Constituido por las siguientes colectas: 54-S.N.-Nariño, 66-Chaucha, 30-Borrega negra, 45-Chaucha, 1-Uva, con una distancia 0,954 unidades taxonómicas entre sí. Se encuentran plantas con hábito semi-erecto, color del tallo morado, grado de floración profusa, color del pedicelo completamente pigmentado, sin pigmentación en el pistilo, color primario de la piel del tubérculo morado, sin color secundario de la piel, distribución del color secundario de la carne en anillo vascular angosto, forma general oblongo alargado y forma rara concertinada, color primario y secundario blanco verdoso.

El análisis de escalamiento multidimensional se realizó sobre las 31 variables, y se presentó un valor de bondad de ajuste o estrés 1 de 0,29 de la correlación entre las variables en la configuración espacial y en una función monótonica (esta función asume que si el coeficiente de regresión incrementa entonces la variable de respuesta incrementa o permanece constante). El grado de bondad de ajuste fue aceptable para una representación espacial, pues los valores pequeños en el estrés, son más eficientes para el número de dimensiones a graficar (Manly, 1994). Las variables más importantes en el análisis fueron V13, V25, V26, V18, V8, V9, V34, V30, V32, V3, V20, y 22 las cuales presentaron valores característicos superiores a 0,5.

Las variables de mayor importancia en los análisis de componentes principales y de escalamiento multi-dimensional, fueron

las referentes al tubérculo, como órgano de la planta con mayor aporte en la discriminación de los diferentes genotipos de la colección de papa criolla.

Por otra parte, al realizar el análisis con las distintas colectas se lograron diferenciar ocho grupos de colectas, a partir del cálculo de la matriz de distancias euclidianas con valores de bondad de ajuste de 0,27; valor aceptable para la representación de las colectas en dos dimensiones con base a los valores característicos 1 y 2 (Figura 2).

La representación gráfica de las colectas presenta en los cuadrantes I y IV tubérculos con forma general redondo-elípticos, y color primario de la piel del tubérculo, rojo, rojo-morado, morado o negro y en los cuadrantes II y III, tubérculos en su mayoría alargados, oblongo-alargados, algunos pocos redondos, con color de la piel del tubérculo blanco, crema, amarillo, y en forma general, cada grupo corresponde a unas características muy específicas en cuanto a forma general del tubérculo y color primario de la piel del tubérculo.

En general, los genotipos fueron agrupados en el análisis de componentes principales y análisis de escalamiento multidimensional por dos variables de peso V25 forma general del tubérculo y variable V18 color primario de la piel del tubérculo.

El análisis de escalamiento multidimensional representó los grupos genéticos posibles de 59 genotipos evaluados con un 100% de la variabilidad genética total, mientras que el análisis de componentes principales expresó el 76% de esta variabilidad. La relación existente entre el análisis de escalamiento multidimensional y el análisis por componentes principales es que ambas técnicas no necesitan de un modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de acuerdo con la similitud de las accesiones.

La identificación y análisis de la variabilidad morfológica de los 59 cultivares de papa criolla *Solanum phureja* Juz et Buk. evidenció la existencia de alta variabilidad genética representada en ocho grupos con características típicas. Dentro de las características morfológicas evaluadas se destacaron como variables importantes, V25 forma general del tubérculo, V26 formas raras del tubérculo, V18 color primario de la piel del tubérculo, V20 color secundario de la piel del tubérculo, V34 grado de floración y V9 pigmentación del pistilo.

Los genotipos sobresalientes por sus caracteres fueron: 51-Luki, 70-S.N.-Cauca, 32-Algodona, 74-S.N.-Boyacá, 54-S.N.-Nariño, 49-Chaucha negra 66 Chaucha, con forma general redonda color primario de la piel morado; 60-S.N.-Bolivia, 36-S.N. CIP-Lima, 14-Borrega blanca, 7-Borrega blanca, 25-Borrega blanca, 12-Borrega amarilla, 35-Puenda, que presentan forma general del tubérculo alargada, color primario de la piel del tubérculo blanco-crema, color secundario de la piel morado; 16-Yema de huevo, 21-Algodona, 73-Criolla, 20-Yema de huevo, los cuales presentan forma general

del tubérculo redonda, color primario de la piel del tubérculo amarillo y sin color secundario de la piel.

Para el mercado, se considera importante conocer nuevas variedades de papa criolla, ya que hasta hoy sólo es comercializada la variedad Yema de huevo; nuevas variedades de papa criolla con formas redondeadas, de color de la piel amarillo o rojo, pueden innovar en un mercado competitivo creciente. Se debe tener en cuenta la evaluación de la calidad industrial de los genotipos que presentaron forma general del tubérculo redondeada y profundidad superficial de los ojos tales como las colectas: 16-Yema de huevo, 21-Algodona, 73-Criolla y 20 Yema de huevo, 8- Chaucha mambra, 52-S.N., 53-S.N.-U.V. USA, 54-S.N. -Nariño, y 72-Criolla Maravilla.

LITERATURA CITADA

- CIP. Descriptores de papa. Lima, Perú. 20 pp. 1994.
- CORABASTOS. Hablemos de papa criolla. En: Agricultura al día, Santafé de Bogotá. Septiembre, p. 11. 1986.
- CORPOICA. Datos de pasaporte de la colección central colombiana de papa (CCC). vol. 2-5. 2100 pp. 2000.
- CHAPMAN, C. Principles of germplasm Evaluation In: Scientific management of germplasm: Characterization, Evaluation and Enhancement IBPGR Training courses: Lecture Series 2, p 55-63. 1981.
- ESTRADA, N. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. PROINPA / CID / CIP. La paz, Bolivia. 372 pp. 2000.
- ESKRIDGE, K.M. Statistical analysis of disease reaction data using nonparametric methods. HortScience 30(3): 478-481. 1995.
- HORTON, D. E. La papa verdadero cultivo mundial. En: Revista Papa. No. 6. p. 4 - 9. 1992
- MANLY, B. F.J. Multivariate statistical methods. A primer. London: Chapman and Hall. 215pp. 1994.
- MUNSELL, A.R. Munserll book of color. New York: Kallmargen, Newborg, 2 vols. 1996.
- PINO, M. Proceso de industrialización de papa criolla precocida congelada. En: Revista Papa. No. 13, p. 15-24. 1995.
- PLA, L. Análisis multivariado: Métodos de componentes principales. Washigton: OEA. Serie de matemática, No. 27, 94 pp. 1986.
- SAS. Procedures Guide Release 6.10 Edition. SAS, Institute Inc. Cary N.C., U.S.A. 1003 pp. 1996.
- SNEATH, H. A. y R. R., SOKAL. Numerical taxonomy. Freeman and Company, San Francisco, USA. 573 pp. 1973.
- TORREGROZA C. M. Fundamentos del mejoramiento genético de las plantas cultivadas. ICA / UN. 257 pp. 1989.