

CLASIFICACION DE GERMOPLASMA DE PAPA (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) POR PARAMETROS DE CALIDAD PARA LA INDUSTRIA DE PASABOCAS

Classification of potato germoplasm (*Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*) by quality parameters for industry process

Javier Huertas¹ y Gustavo Adolfo Ligarreto²

RESUMEN

Debido a la gran variabilidad existente en Colombia de la especie *Solanum tuberosum* L., es indispensable realizar procesos de mejoramiento genético para no desaprovechar este gran recurso. De la Colección Central Colombiana de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* se tomaron 82 variedades, con el fin de determinar en ellas diversas variables relacionadas con su capacidad para procesamiento en la industria de pasabocas. Haciendo uso del análisis de correlación y estadística multivariada (componentes principales y análisis de conglomerados), se identificaron accesiones de papa con capacidad de ser utilizadas como progenitoras en la obtención de genotipos con características deseables para la industria de papa frita.

Palabras claves: *Solanum tuberosum*, calidad industrial, papa frita, variabilidad genética.

SUMMARY

With the great existent variability in Colombia of the specie *Solanum tuberosum* L. it is indispensable to carry out processes of genetic improvement for not wasting this great resource. Eighty-two varieties of the Colombian Central Collection of *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* were used for determining variables related with its processing capacity in the food industry. Making use of the correlation analysis and multivariate statistics (Principal components and cluster analysis) potato accessions were identified because of their high capacity of being used as progenitors in obtaining genotypes with desirable traits for the fried potato industry.

Key words: *Solanum tuberosum*, industrial quality, fried potato, genetic variability.

INTRODUCCION

La papa, por ser un alimento altamente energético, posee una adaptabilidad amplia a diversas condiciones de cultivo y, por aportar una buena relación entre proteínas y calorías, junto con su proteína de excelente calidad nutricional, se ha ido involucrando poco a poco, en las costumbres alimenticias de

todos los pueblos y, en la actualidad se encuentra distribuida, tanto en producción, como en consumo para la mayoría de los países (Estrada, 1996).

A medida que ha avanzado la capacidad tecnológica de nuestra sociedad, los diversos procesos se ven en la necesidad de tener mayor competitividad ante los mercados. La industria procesadora de papa debe ir a la par con lo anteriormente mencionado. Por esto, los diversos industriales nacionales del sector exigen a sus proveedores una calidad específica en las materias primas, con lo cual se pretende tener mayor calidad de producto y aumentar la presencia en el mercado.

La industria de pasabocas fritos ha exigido características muy particulares de papa con fines industriales, pero en el país no se han desarrollado especies comerciales que satisfagan totalmente al productor. Por esto, en Colombia entidades, como Corpoica y la Universidad Nacional de Colombia, están utilizando el gran potencial genético de papa que el país posee, junto con los avances de la ciencia para obtener variedades mejoradas de papa que tengan las condiciones establecidas por la industria.

Al realizar este estudio en la Colección Central Colombiana de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* se propuso obtener datos de caracterización de acuerdo con parámetros industriales, con los cuales se tendrá información para proponer progenitores a un mejoramiento genético de papa o, si la variedad lo permite, entregarlas al agricultor como variables comerciales siempre y cuando cumpla los requisitos de la industria procesadora de papa.

El gran vuelco que ha dado el consumo de papa a partir de la primera guerra mundial revela la notable participación de los productos procesados a partir de este tubérculo. Las principales formas de procesamiento de papa son: en hojuelas o "chips", prefrita en tiras o "french fries", deshidratada, enlatada y en la obtención de almidón (Hernández 1992).

Uno de los grandes inconvenientes que se ha presentado para el mejoramiento de papa con fines industriales es una aparente incongruencia entre los objetivos de los investigadores físico-biológicos y los de los diferentes productores y consumidores. Hasta el momento, la investigación no ha desarrollado variedades de papa que cumplan con las necesidades estrictas que solicitan los procesadores, para poder estandarizar sus procesos (Rodríguez y Rodríguez, 1992).

¹ Investigador, Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología Vegetal, Corpoica, C.I. Tibaitatá.

² Profesor Asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, A.A. 14490 Bogotá, Colombia.

Como caracteres importantes para la industria, se tiene en cuenta la forma, el tamaño, resistencia a enfermedades, color de la pulpa y de la piel, profundidad de los ojos del tubérculo y sabor y textura. Además de las anteriores, se deben tener en cuenta también, otros factores que van a determinar fuertemente la calidad y rendimiento en la industria de procesados: materia seca y su composición.

Según Pineda (1996), los requisitos para que una papa pueda ser aceptada para procesamiento de chips y de french fries son los siguientes: para chips: tubérculos uniformes, redondos y ligeramente ovalados, con tamaño medio (40 o más milímetros de diámetros ecuatorial), piel clara con ausencia de pigmentos, peso específico superior a 1,085 y materia seca superior al 21%, azúcares reductores menores del 0,2% del peso fresco y estado general del tubérculo bueno.

Para french fries: tubérculos tamaño grande, con diámetro superior a 45 mm, cuerpo del tubérculo alargado, mínimo de 90 mm, gravedad específica de 1,080, azúcares reductores menores del 0,25% y estado general del tubérculo bueno.

La materia seca en la papa depende de la variedad, influida por prácticas del cultivo. Usualmente, se determina por la gravedad específica, siendo un método rápido y fácil (Smith y Talburt, 1975). La composición de la materia seca de la papa presenta, en su mayoría carbohidratos, siendo el almidón el que se encuentra en mayor proporción, con aproximadamente el 70% de la materia seca del tubérculo. Los demás carbohidratos se encuentran en forma de sacarosa y de azúcares reductores, como la glucosa (Woolfe, 1987).

El rendimiento de la papa se presenta a partir de la materia seca. Para Smith y Talburt (1975), por cada incremento del 0,005 en la gravedad específica de la papa fresca, el procesador ha de obtener un incremento de una libra o más de producto final a partir de 100 libras de papa fresca.

La papa, cuando posee altos niveles de azúcares reductores, generan coloraciones oscuras a temperaturas mayores a 55°C, debido a la reacción de Maillard entre los azúcares reductores y los grupos amino libres de proteínas (Dale y Mackay, 1966). Por esto, para Giraldo y Vargas (1977), la variable de mayor relevancia en la selección de papas para procesamiento en productos fritos debe ser el contenido de los azúcares reductores del tubérculo, ya que definen el color final del producto, evaluado por medio de cartas de la potato Chip/Snack Food Association.

Dos factores primordiales afectan el contenido de azúcares reductores en la papa almacenada: la variedad y la temperatura de almacenamiento. Se ha comprobado que los tubérculos con una gravedad específica baja tiende a acumular mayor contenido de azúcares reductores y lo mismo sucede con la frescura del tubérculo, ya que, al ser más fresco, su nivel de azúcar es más bajo. Se dice, también, que los tubérculos de menor tamaño almacenan mayor cantidad de azúcar que aquellos de mayor tamaño (Smith y Talburt, 1975).

De igual manera, se ha evidenciado que los tubérculos almacenados a temperaturas inferiores de 8°C presentan incrementos en el contenido de glucosa, siendo considerable este aumento por debajo de los 4°C. Por esto, el almacenamiento de la papa debe ser a temperaturas mayores de 8°C (Smith y Talburt, 1975). También si la cosecha se retrasa por tiempo frío (inferior a 4°C) el contenido de azúcares se puede incrementar (Gómez y Ramírez, 2001).

En Colombia, las variedades con tubérculos deseables para la industria de papa frita que se encuentran en el mercado no poseen los niveles adecuados de las variables exigidas por el procesador, por consiguiente hay gran dificultad para poder obtener productos fritos de papa con excelente calidad (Caviedes, 1981 citado por Cufiño y Pedraza, 1990).

MATERIALES Y METODOS

La Colección Central Colombiana de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* fue sembrada en la estación experimental San Jorge del Instituto Colombiano Agropecuario - ICA, ubicada a 3000 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación pluvial de 760 mm y una temperatura media anual de 11°C. La cosecha del material se realizó a los seis meses de siembra y se almacenó a 12°C.

Materiales

Se caracterizaron 82 variedades de *Solanum tuberosum* subsp. *Tuberosum*; las muestras se tomaron de los tubérculos sanos y con tamaño uniforme y, para el efecto, se sacaron al azar 10 tubérculos de cada variedad a los cuales se les midieron los descriptores morfológicos.

Métodos

En la descripción morfológica del tubérculo se hizo uso de los descriptores estandarizados para la especie por el Centro Internacional de la Papa, CIP (Huaman, 1994), (Cuadro 1).

Peso específico. El método utilizado para esta medida es usar la diferencia entre los pesos en aire y en agua del tubérculo. Se utilizaron dos medidas, cada una de ellas con tres tubérculos diferentes en cada variedad. El valor final es el resultado del promedio de las mediciones. La forma de calcular este valor, de acuerdo a Smith y Talburt (1975), es:

$$\text{Peso Específico} = \frac{\text{Peso en Aire}}{\text{Peso en Aire} - \text{Peso en Agua}}$$

Materia seca. Se realizaron dos repeticiones, cada una de ellas usando un tubérculo de cada variedad. Este método consiste en secar un tubérculo sometiéndolo a una temperatura de 70°C hasta peso constante, expresando el resultado en porcentaje.

Azúcares reductores. En este análisis se realizaron dos repeticiones, tomando como material para analizar la papa previamente seca y molida, del cual se tomó 1 g de este material y se aplicó el método cuantitativo para extracción de azúcares reductores, según la prueba de Nelson, tal como lo describe Gutiérrez (1994).

Prueba de fritura. Las hojuelas de la parte central del tubérculo de las diferentes variedades, se sometieron a fritura, consistentes en tajadas de un espesor de 1,8 mm, cortadas mecánicamente. Las hojuelas se fritaron en una mezcla de aceites comestibles vegetales a una temperatura de 180°C durante tres minutos y, después de este proceso se evaluó el color final del chip, haciendo uso de la tabla de color Agtron de la Potato Chip/Snack Food Association.

Los datos obtenidos en la presente investigación se trabajaron con estadística simple y con estadística multivariada. Al hacer uso de esta última técnica, no se requiere formulación de un

Cuadro 1. Variables que describen al tubérculo y a la papa procesada.

	VARIABLES	UNIDADES/ESCALAS
V1	Peso del tubérculo	g
V2	Diámetro longitudinal	cm
V3	Diámetro ecuatorial 1	cm
V4	Diámetro ecuatorial 2	cm
V5*	Forma general	1.Comprimido, 2.Redondo, 3.Ovalado, 4. Obovado, 5.Elíptico, 6.Oblongo, 7.Oblongo-alargado, 8. Alargado.
V6*	Profundidad de los ojos	1.Sobresaliente, 3.Superficial, 5.Medio, 7.Profundo, 9.Muy profundo.
V7*	Color primario de la piel	1.Blanco crema, 2. Amarillo, 3.Naranja, 4.Marrón, 5.Rosado, 6.Rojo, 7.Rojo-morado, 8.Morado, 9.Negruzco.
V8*	Intens. color primario de la piel	0.Ausente, 1.Pálido, 2.Intermedio, 3. Oscuro.
V9*	Color secundario de la piel	0.Ausente, 1.Blanco, 2.Amarillo, 3.Naranja, 4.Marrón, 5.Rosado, 6.Rojo, 7.Rojo-morado, 8.<morado, 9.Negruzco.
V10*	Distrib. color secund. de la piel	1.En ojos, 2.En cejas, 3.Alrededor ojos, 4.Manchas dispersas, 5.Como anteojos, 6.Manchas salpicadas, 7.Pocos puntos.
V11*	Color primario de la pulpa	1.Blanco, 2.Crema, 3.Amarillo claro, 4.Amarillo, 5.Amarillo intenso, 6.Rojo, 7.Morado, 8.Violeta
V12*	Color secundario de la pulpa	0.Ausente, 1.Blanco, 2.Crema, 3.Amarillo claro, 4.Amarillo, 5.Amarillo intenso, 6.Rojo, 7. Morado, 8.Violeta.
V13*	Distrib. color secund. de la pulpa	0.Ausente, 1.Pocas manchas, 2.Areas, 3.Anillo vascular angosto, 4.Anillo vasc. amplio 5. Anillo vasc. y médula, 6.Todo menos médula, 7. Otro (salpicado).
V14	Peso específico	g
V15	Azúcares reductores	%
V16	Materia seca	%
V17**	Grado de fritura	1.Blanco crema, 2.Crema, 3.Crema con naranja, 4. Naranja con crema, 5.Marrón.

* Variables determinadas a partir de los descriptores del CIP

** Variable determinada a partir de la tabla de colorimetría Agtron

modelo estadístico para explicar la estructura probabilística de los errores (Pla, 1986). Haciendo uso del paquete estadístico SAS versión 6.0, se obtuvo de cada una de las variables: promedio o dato más frecuente, valor mínimo y máximo, desviación estándar, coeficiente de variación y análisis de correlación entre las variables. Para el procesamiento de datos de esta investigación, se utilizó un análisis de ordenamiento (componentes principales) y una técnica de agrupamiento (análisis clúster).

Los componentes principales permitieron transformar las variables originales en unas nuevas, las cuales no se encuentran correlacionadas entre sí y se interpretan independientemente (Pla, 1986). A partir de los coeficientes de los componentes principales obtenidos y usando el paquete estadístico NTSYS 1.70 se agruparon 82 variedades en un dendograma con el fin de ver el grado de similitud entre ellas, usando la distancia Euclidiana Estandarizada. Según Crisci (1983), la ecuación que define este coeficiente es:

$$T.D. \approx \left(\sum_{i \approx 1}^n (x_{ij} - x_{ik})^2 \right)^{0.5},$$

donde:

X_{ij} : Valor del carácter i en la variedad j

X_{jk} : Valor del carácter i en la variedad k

n : número de caracteres

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 2, se puede observar que el germoplasma utilizado de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* presenta un rango muy amplio en la variable peso fresco del tubérculo, con un promedio beneficioso para el procesamiento. Para esta variable, se encuentra la mayor desviación estándar de todas las del estudio.

En el caso de los diversos diámetros medidos en los tubérculos, se encuentra que el diámetro longitudinal es el que más varía, ya que posee una desviación estándar alta, junto con su coeficiente de variación. Con los diámetros ecuatoriales, se evidencia un valor promedio de 4,25 cm para el diámetro ecuatorial 1 y de 5,35 cm para el diámetro ecuatorial 2, lo cual indica el potencial tan alto de procesamiento de este material para chips.

Cuadro 2. Resultados de la estadística simple para las variables evaluadas.

Variables	Mínimo	Máximo	Promedio o moda	Desv. estándar	Coef. Variación (%)
Peso del tubérculo (g) V1	35,19	198,76	104,70	41,61	39,74
Diámetro longitudinal (cm) V2	3,92	9,35	6,84	1,25	18,31
Diámetro ecuatorial 1 (cm) V3	2,35	5,75	4,25	0,68	15,95
Diámetro ecuatorial 2 (cm) V4	3,46	7,08	5,36	0,87	16,23
Forma general V5	1	9	1	2,54	83,93
Profundidad de ojos V6	1	9	3	2,26	51,47
Color primario piel V7	2	8	2	2,06	67,02
Intensidad color prim. piel V8	1	3	2	0,47	23,26
Color secundario piel V9	0	8	0	2,22	150,31
Distribución color sec. piel V10	0	7	0	2,11	147,77
Color primario pulpa V11	1	5	2	0,95	36,50
Color secundario pulpa V12	0	8	0	2,23	87,44
Dist. Color secundario pulpa V13	0	6	0	1,97	100,42
Peso específico V14	1,5	1,13	1,08	0,02	1,66
Azúcares reductores (%) V15	0,001	1,918	0,10	0,25	245,39
Materia seca (%) V16	14,60	29,78	23,59	3,96	16,77
Grado de fritura V17	1	5	3	0,97	28,49

El porcentaje de materia seca presenta buen promedio, similar al peso específico, estos datos son benéficos para la elaboración de hojuelas (Pineda, 1996). El porcentaje de azúcares reductores de la papa se encuentra con un valor mínimo de 0,001% y un valor máximo de 1,918%. Este último dato se presentó en un sólo material, (Elenita (56)), el cual está muy por encima del general de las mediciones y de los estándares. El promedio general de esta variable es demasiado alto y no puede ser considerado como característico en toda la población estudiada.

En las variables cualitativas del tubérculo, se encuentran que predomina en la colección: forma general comprimida, ojos superficiales, color primario de la piel amarillo intermedio con ausencia de color secundario, color primario de la pulpa crema sin color secundario.

En la variable de profundidad de ojos, se evidenció la totalidad de los estados posibles para esta medición y, en los colores de la piel, se observó una amplia gama en los tubérculos de la colección.

En los colores secundarios de la pulpa, por lo general, la escala de tonalidades se encuentra en los amarillos, presentándose sólo tres variedades con tonalidades rojizas. Todo lo contrario sucede en los colores de la pulpa, ya que predomina un color primario de la pulpa entre crema y amarillo claro.

Para la forma general del tubérculo, se observa que, en la colección en mención, predominan las categorías del tubérculo comprimido, tubérculo oblongo alargado y tubérculo elíptico. Sólo, un material presentó una forma rara.

Estos datos son bastante favorables al estudio, ya que, al relacionar todos los resultados se encuentra un buen potencial de procesamiento de acuerdo con las exigencias que requiere la industria según aspectos morfológicos (Pineda, 1996).

El grado de fritura, se midió en 75 variedades, en las otras siete el material fue limitado, y no pudo ser evaluado este parámetro. En la mediciones se presentó toda la escala de colores Agron, descrita por la potato /Snack Food Association, siendo el dato más frecuente el correspondiente al grado 3 (Cuadros 1 y 2).

Al observar la matriz de correlación, se nota la presencia de estructuras de asociación entre las variables, lo cual se amerita hacer uso de técnicas multivariadas para la colección en estudio. De esta matriz se observan seis correlaciones sobresalientes dentro del conjunto de datos, las cuales se pueden observar en el Cuadro 3.

En el análisis de correlación, se observa una gran afinidad ($r=0,87$ y $r=0,94$) entre el peso seco del tubérculo con los diámetros ecuatoriales, siendo un poco mayor la correlación con el diámetro ecuatorial 2 y, también existe una relación alta del orden de 0,92, entre ambos diámetros ecuatoriales.

Para el peso específico y la materia seca se presenta una correlación positiva no tan alta como las anteriores, pero que es necesario mencionar ya que ambas variables están indicando rendimiento del tubérculo. La medición de sólo una de estas variables para determinar el rendimiento del tubérculo no es muy exacta y, por esto, se tomaron ambas mediciones (Talbut y Smith, 1975).

También, se encuentran dos pares de variables con una correlación significativa, la variable de color secundario de la piel con distribución de color secundario de la misma ($r=0,73$) y el color secundario de la pulpa con la distribución del color secundario en la misma (pulpa), la cual posee un coeficiente de correlación 0,70. Las demás variables tienen correlaciones entre sí menores al promedio.

Cuadro 3. Matriz de correlación de Person para las variables en estudio.

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17
V1	1,00																
V2	0,17	1,00															
V3	0,87	0,52	1,00														
V4	0,94	0,68	0,92	1,00													
V5	0,15	0,44	-0,17	-0,02	1,00												
V6	0,13	-0,14	0,28	0,25	-0,25	1,00											
V7	0,17	-0,05	0,17	0,14	-0,03	0,03	1,00										
V8	-0,26	-0,30	-0,19	-0,21	-0,21	0,06	0,34	1,00									
V9	0,36	0,16	0,40	0,34	0,00	0,06	0,28	-0,07	1,00								
V10	0,32	0,17	0,29	0,30	0,04	0,10	0,48	0,05	0,73	1,00							
V11	-0,18	0,02	0,20	-0,16	-0,07	-0,01	-0,28	-0,17	-0,34	-0,35	1,00						
V12	-0,03	-0,07	0,01	-0,03	0,05	0,18	0,15	0,25	-0,01	-0,04	-0,07	1,00					
V13	-0,14	-0,09	-0,14	-0,11	0,15	0,80	0,05	0,15	-0,21	-0,17	0,02	0,70	1,00				
V14	0,19	0,36	0,01	0,10	0,05	-0,21	0,27	-0,01	0,08	0,11	0,04	-0,06	-0,03	1,00			
V15	-0,12	-0,25	-0,08	-0,16	-0,13	-0,18	-0,14	0,01	-0,12	-0,17	-0,02	-0,14	-0,14	-0,10	1,00		
V16	0,08	0,27	-0,11	0,00	0,00	-0,11	0,20	0,07	-0,22	0,02	0,16	-0,06	0,02	0,79	-0,13	1,00	
V17	0,05	-0,02	0,09	0,04	0,21	0,03	-0,02	-0,10	-0,10	-0,07	-0,15	0,08	0,16	-0,24	0,22	-0,19	1,00

Promedio de 82 observaciones

En el análisis de componentes principales, se tomaron, las 16 primeras variables, excepto el grado de fritura, la cual sólo se evaluó en 75 variedades. A partir de la matriz de correlación entre

las variables y, con el uso de un modelo matricial para obtenerlos (Pla, 1986), se consiguió un total de 16 componentes principales, los cuales se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores característicos y variabilidad de los componentes principales.

Componente Principal	Valor característico (I)	Diferencia valor característico	Variabilidad (%)	Variabilidad acumulada (%)
1	4,11	1,90	25,67	25,67
2	2,21	0,12	13,78	39,45
3	2,08	0,24	13,01	52,46
4	1,84	0,45	11,52	63,98
5	1,40	0,35	8,72	72,70
6	1,04	0,26	6,49	79,19
7	0,77	0,14	4,84	84,03
8	0,63	0,06	3,96	87,99
9	0,57	0,09	3,58	91,57
10	0,48	0,21	3,03	94,60
11	0,27	0,05	1,70	96,30
12	0,22	0,04	1,40	97,70
13	0,18	0,07	1,12	98,82
14	0,12	0,07	0,72	99,54
15	0,05	0,02	0,30	99,84
16	0,03		0,16	100,00

Tomando como referencia en los componentes principales el valor característico de cada uno de ellos, se hace evidente que, solamente, los seis primeros poseen un valor superior a uno 1^3 , lo cual es el criterio para escoger los componentes principales o nuevas variables que son importantes para el análisis del conjunto de datos (Pla, 1986), ya que explican la mayor variabilidad del conjunto original de datos: 79,19%.

Al hacer uso de los vectores característicos asociados a los seis componentes principales importantes y, al seleccionar las variables con un valor superior al promedio en cada uno de los componentes principales, se establece que de las 16 variables originales, solamente, tres de ellas no aportan una variabilidad significativa a la población (Cuadro 5).

En el primer componente principal, esta representado por las variables de peso fresco del tubérculo y los tres diferentes diámetros; en el segundo componente principal, las variables de color en la pulpa del tubérculo, la intensidad del color de piel y la profundidad de ojos están explicadas en éste.

El tercer componente principal esta explicado por el peso específico y la materia seca del tubérculo. Para los otros tres componentes principales, existe, sólo, una variable en cada uno de ellos, así: el cuarto esta explicando la distribución del color secundario en la pulpa; el quinto explica la forma general del tubérculo; y el sexto componente esta influido por el porcentaje de azúcares reductores (glucosa).

Las variables de materia seca, peso específico, forma general del tubérculo, colores de la pulpa del mismo y porcentaje de azúcares reductores son aquéllas que están aportando bastante información en sus respectivos componentes principales. Estas

variables, por su importancia, se encuentran resaltadas en reportes de otras investigaciones (Pineda, 1996).

Al realizar los análisis de conglomerados, los 82 individuos se agruparon en un dendograma, tal como se puede apreciar en la Figura 1, en donde se observa que los individuos que están más cerca del cero poseen mayor similitud entre si.

Para poder agruparlos, se estableció, en la distancia 3,04, la línea de corte, de la cual resultaron ocho grupos y uno de ellos con subdivisión y, los grupos quedaron como se muestra en el cuadro 6.

Características de los grupos

GRUPO 1. Compuesto por 15 individuos, predominando en ellos un peso de 65,49 g del tubérculo fresco, con una forma general comprimida y diámetros medios. Este grupo posee ojos sobresalientes y su pulpa es de color crema, representado por el número 2 en el descriptor del CIP con ausencia de color secundario en la pulpa. Posee buen peso específico, junto con la materia seca. El porcentaje de azúcares reductores posee un valor de 0,254 %, el cual es alto para procesamiento industrial (Pineda, 1996). Este grupo no es muy apto con fines industriales, ya que el porcentaje de glucosa del tubérculo es alto y el diámetro ecuatorial uno está por debajo del valor de referencia, 40 mm.

Las variedades Hianda 32 (37) y Rosada (75) poseen buen color para fritura 1,5 y 2,5, respectivamente, pero sus diámetros ecuatoriales uno están un poco bajos. El material Caiceda careta (76), en la prueba de fritura arrojó un excelente color y este material puede ser utilizable para mejoramiento genético, ya que presenta, también, las características adecuadas para procesamiento.

Cuadro 5. Vectores característicos para los seis primeros componentes principales.

Componente Variable	1	2	3	4	5	6
V1	0,46	-0,08	-0,09	0,14	0,04	0,17
V2	0,37	-0,32	0,05	0,21	-0,14	0,07
V3	0,42	0,10	-0,21	0,10	0,21	0,16
V4	0,45	0,00	-0,15	0,15	0,16	0,12
V5	0,06	-0,21	0,10	0,19	-0,67	-0,02
V6	0,07	0,32	-0,13	0,22	0,37	-0,35
V7	0,16	0,26	0,39	-0,17	0,02	0,11
V8	-0,12	0,33	0,29	-0,08	0,17	0,28
V9	0,29	0,23	0,05	-0,29	-0,18	-0,23
V10	0,28	0,26	0,15	-0,32	-0,19	-0,25
V11	-0,14	-0,31	-0,06	0,20	0,29	-0,31
V12	-0,04	0,33	0,23	0,47	-0,09	0,15
V13	-0,10	0,22	0,23	0,54	-0,10	0,08
V14	0,13	-0,31	0,49	-0,07	0,19	0,09
V15	-0,12	-0,05	-0,19	-0,22	0,06	0,69
V16	0,07	-0,30	0,50	-0,03	0,30	-0,04

Cuadro 6. Comportamiento (promedio o moda) por variables en cada grupo obtenido en el análisis de agrupamiento.

Variable \ Grupo	1	2A	2B	3	4	5	6	7	8
No. Individuos	15	8	14	9	14	10	8	3	1
V1 (g)	65,49	70,57	122,95	111,97	104,70	128,25	161,55	41,58	143,75
V2 (cm)	5,62	6,18	6,77	6,77	8,04	6,93	8,43	5,09	6,83
V3 (cm)	3,73	3,70	4,75	4,53	3,88	4,82	4,83	3,12	5,12
V4 (cm)	4,61	4,74	5,83	5,68	5,09	6,01	6,33	3,77	5,84
V5	1	7	1	1	5	1	7	1	2
V6	1	3	7	5	3	7	1	5	3
V8	2	2	2	3	2	2	2	2	2
V11	2	3	3	2	4	2	1	2	2
V12	0	4	4	4	0	0	0	3	0
V13	0	3	3	3	0	0	0	3	0
V14	1,08	1,06	1,07	1,09	1,10	1,08	1,09	1,10	1,07
V15 (%)	0,25	0,06	0,07	0,05	0,02	0,03	0,02	0,05	1,92
V16 (%)	22,39	20,77	20,98	24,91	27,69	23,26	22,89	29,78	21,57
V17	3,5	4,5	5	2,5	3	3	3	3	5

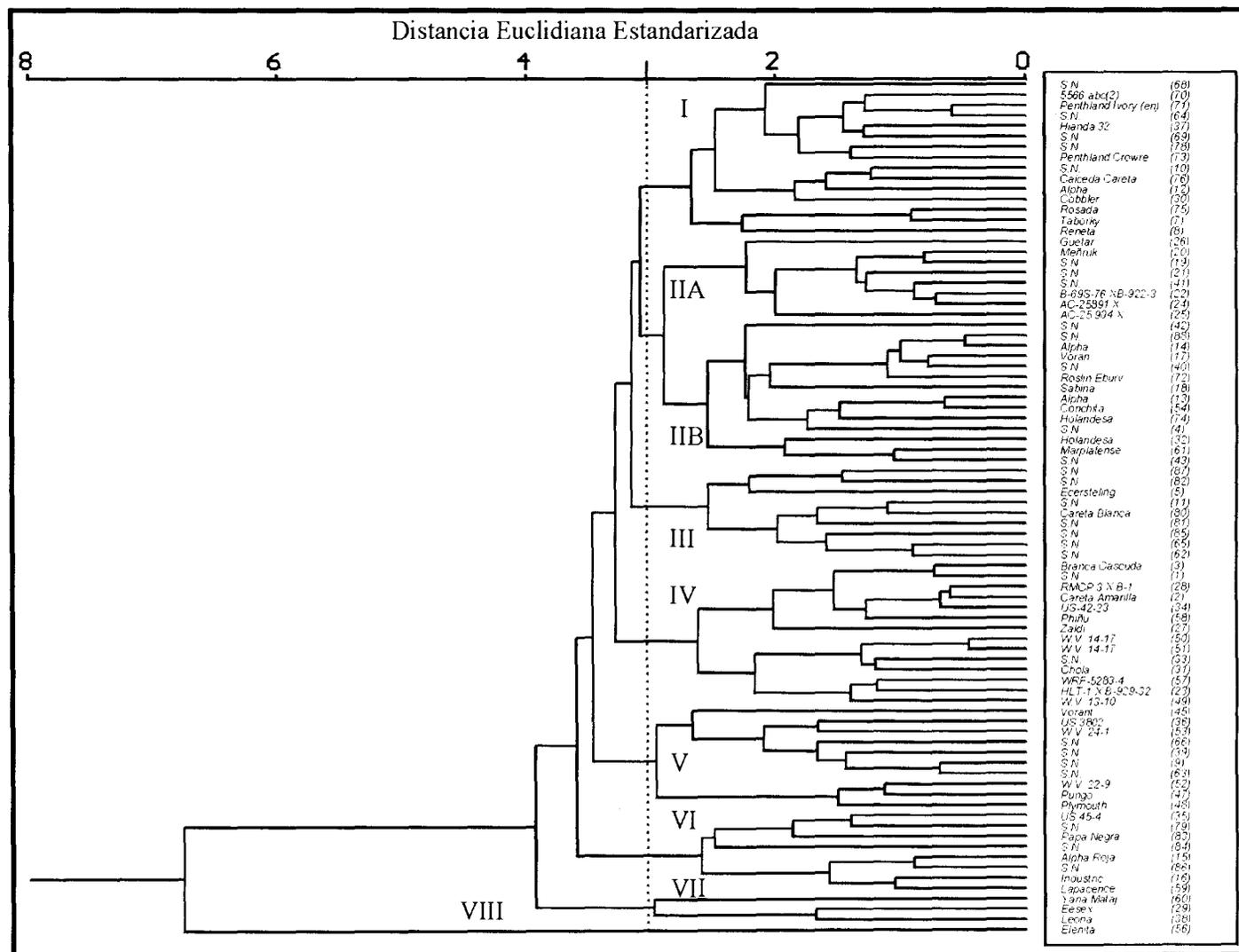


Figura 1. Dendrograma con 82 variedades de la Colección Central Colombiana de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum*

GRUPO 2. Esta compuesto por 22 individuos y se subdividió en dos subgrupos, quedando de la siguiente manera : Grupo 2A, compuesto por ocho materiales, los cuales presentan un peso en fresco de 70,57 g, un diámetro longitudinal de 6,19 cm, el diámetro ecuatorial uno, de 3,70 cm y un diámetro ecuatorial dos de 4,74 cm ; la forma del tubérculo es oblonga alargada con ojos superficiales y su color en la piel es amarillo claro, con color secundario amarillo distribuido en un anillo vascular angosto. Sus azúcares reductores son aceptables para la industria, pero presenta un color café cuando se someten a fritura, con un dato más frecuente de 4,5 en la carta Agtron. Poseen buenas características de peso específico y materia seca. Grupo 2B, con 14 materiales posee un peso en fresco superior a 120 g, con un diámetro longitudinal similar al anterior subgrupo y diámetros ecuatoriales superiores a los exigidos por la industria. Su forma general es comprimida con ojos profundos. Los colores de la pulpa son iguales a los del grupo 2A. En lo referente al peso específico, materia seca y porcentaje de azúcares reductores se observa el mismo comportamiento que en el subgrupo anterior. El color de fritura es de 5 en la escala Agtron.

GRUPO 3. Con nueve variedades, posee un peso fresco de 111,97 g. Los diámetros del tubérculo son adecuados para la industria, tiene una forma general comprimida con ojos medios. Posee un color crema en la pulpa junto con un secundario amarillo claro distribuido en un anillo vascular angosto. El peso específico y materia seca son buenos, los azúcares reductores de este grupo generan un color de fritura apto para procesamiento, el cual está 2,5 según la escala Agtron. De este grupo sobresalen varios materiales : los materiales 11; 65 y 81 que no tienen nombre y los materiales Ecersteling (5) y Careta blanca (80), los cuales pueden ser usados por el fitomejorador o por el industrial para procesamiento.

GRUPO 4. Sus 14 individuos presentan las siguientes características : Peso fresco de 104,70 g, un alto diámetro longitudinal (8,04 cm) y diámetros ecuatoriales uno y dos de 3,88 cm y 5,09 cm respectivamente. La forma general es elíptica (no es utilizable en la industria), con ojos medios. Tiene un color de pulpa amarillo sin presencia de colores secundarios. Posee un buen nivel de materia seca y el color generado por sus azúcares reductores es un poco alto para la industria, color 3 en la escala de color Agtron.

GRUPO 5. Son 10 los materiales involucrados en este grupo. Su peso en fresco es el segundo más elevado de la totalidad de los grupos, tiene un diámetro longitudinal de 6,93 cm y diámetro ecuatorial uno y dos de 4,82 cm y 6,01 cm, respectivamente. La forma general del grupo es comprimida con ojos profundos, el cual no es útil en la industria, con un color de la pulpa crema sin colores secundarios. La materia seca, junto con el peso específico son muy buenos, mientras que los azúcares reductores generan un color de fritura elevado para la industria. De este grupo sobresalen los materiales Vorant (45) y US. 3802 (36), siendo factibles de usarse en mejoramiento genético o industrialmente (Pineda, 1996).

GRUPO 6. Este grupo, con ocho individuos, posee el mayor peso en fresco, con un valor de 161,55 g. De igual manera, sus individuos son los que tienen tubérculos más grandes, tanto en diámetro longitudinal, como ecuatorial; con una forma general oblonga alargada con ojos sobresalientes. Presentan el mejor color de pulpa para fritura, blanco con ausencia de otros colores, pero el color de fritura es un poco inapropiado para fritura. Las varia-

bles de materia seca y peso específico son bastante buenas para fines industriales. El material US. 45-4 (35) sobresale por sus buenas condiciones de procesamiento.

GRUPO 7. Sus tres variedades son las más pequeñas en peso fresco, 41,58 g, junto con el tamaño longitudinal 5.09 cm y sus diámetros ecuatoriales 3,12 cm, para el uno y 3,77 cm, para el dos. Tiene una forma comprimida con ojos medios y su color de pulpa es crema con presencia de amarillo claro distribuido en un anillo vascular angosto. Tienen el mayor promedio en el porcentaje de materia seca 29,78 % y sus azúcares reductores son del orden de 0,05 %, que dan un color de fritura de orden 3 en la escala Agtron.

GRUPO 8. En éste grupo sólo hay un individuo, con un peso fresco de 143,75 g y diámetros adecuados para la industria. La forma general del tubérculo es redonda, con ojos superficiales. Tiene un color de pulpa crema sin color secundario. Tiene buen nivel de materia seca y peso específico alto para ser industrializado (1,09). Característica que lo descarta para la industrialización.

A partir de los datos antes expuestos, se logra hacer evidente la clasificación que se hizo de estos materiales en 8 ocho grupos diferentes, los cuales poseen un grado de similaridad entre sí de acuerdo con la de variables manejadas en esta investigación. De igual manera se comprueba que existe gran variabilidad entre el germoplasma objeto de este estudio, puesto que la colección de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* no había sido caracterizada de acuerdo con variables industriales.

En este primer estudio de este tipo para la colección en mención, se ha presentado toda la escala de color Agtron para Chips, encontrando variedades con condiciones de procesamiento óptimas bajo este aspecto, como otras que, al tener unos colores muy oscuros, pueden ser utilizadas para otros fines con muy buenos resultados.

A partir del desarrollo de componentes principales, se logró establecer que casi todas las variables que se postularon al iniciar la investigación son importantes para caracterizar la colección de *Solanum tuberosum* subsp. *tuberosum* desde el punto de vista industrial, descartando, solamente, aquellas relacionadas con la piel del tubérculo, a excepción de la intensidad del color primario de ésta.

De la técnica multivariada de conglomerados se dedujo un total de ocho grupos diferentes, cada uno de ellos con similitudes en sus características, de los cuales, solamente el grupo 3 con la mayoría de sus individuos pueden ser usados en mejoramiento genético o para fines industriales. Estos materiales son : Ecersteling (5), Careta blanca (80) y los materiales 11; 65 y 81 que no poseen nombre. Los materiales de otros grupos que pueden ser usados como progenitores en mejoramiento genético o para ser liberados como variedades en la industria de pasabocas son: Caiceda careta (76), US. 3802 (36), Hianda 32 (37), Vorant (45) y US. 45-4 (35).

Como variables importantes en la selección de papa para procesamiento se tienen: la forma general y tamaño del tubérculo, junto con sus sólidos totales y azúcares reductores. La industria establece, como la variable más influyente en una toma de decisión, a los azúcares reductores, puesto que son ellos los que determinan directamente la calidad sensorial del producto procesado. Según los resultados de esta investigación, pueden existir materiales con niveles adecuados de azúcares reductores para procesar, pero en prueba de fritura no se presentan colores aceptables en la industria. Por esto, es aconsejable realizar am-

bas pruebas para determinar cuales variedades pueden ser aptas, con toda certeza, para obtener productos fritos a partir de papa de excelente calidad.

LITERATURA CITADA

- CRISCI, J. y M. LOPEZ. Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., p. 110. 1983
- CUFUÑO, J. y J. PEDRAZA. Prueba y selección de clones de papa (*Solanum tuberosum* L) por su resistencia a *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary y sus características para papa frita. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, p.100. 1990
- DALE, M. y G. MACKAY. Herencia de la calidad de mesa y procesamiento. Instituto Escocés de Investigación de Cultivos. Invergorite, UK. p. 20. 1996
- ESTRADA, N. Importancia económica y nutricional de la papa y sus recursos genéticos. Revista papa. No. 14. FEDEPAPA. Santafé de Bogotá, p. 16-25. 1996
- GIRALDO, C. y L. VARGAS. Entrevista personal en Comestibles Margarita y Productos Andru. Bogotá, 1997.
- GOMEZ, I.E. y J. M. RAMIREZ. Manejo post-cosecha y comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.). NRI, SENA y DFID. Armenia, Quindío, Colombia. Editorial Fudesco. p. 122. 2000
- GUTIERREZ, M. Métodos avanzados en fisiología vegetal experimental. Colegio de postgrados en ciencias agrícolas. Instituto de recursos Naturales, Programa de Botánica. Texcoco, México, p., 29-42. 1994
- HUAMAN, Z. Botánica sistemática y morfología de la papa. Centro Internacional de la Papa. Lima, Perú. p.22. 1986
- PLA, L. Análisis multivariado : Método de componentes principales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C., p. 94. 1986
- PINEDA, R. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la papa en Colombia. Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. FEDEPAPA, Bogotá, Colombia. p. 70-77. 1996.
- RODRIGUEZ, A. y P. RODRIGUEZ. Algunos aspectos de la industrialización de papa en Colombia. Revista papa No. 5, FEDEPAPA, p. 4-9. 1992
- SMITH, O. y W. TALBURT. Potato processing. Avi Publishing Company. Westport, USA. 1975.
- WOOLFE, J. The potato in the human diet. IPC Cambrid Press. Lima, Perú. 1987