

ESTADO NUTRICIONAL DE ARBOLES DE MANZANO 'ANNA' DURANTE LA ESTACION DE CRECIMIENTO EN LOS ALTIPLANOS COLOMBIANOS.

I. CONTENIDO DE ELEMENTOS MINERALES

Nutritional status of 'Anna' apple trees during the growing season in the Colombian highlands.
I. Mineral nutrients content

Fánor Casierra-Posada¹, Luis Fernando Cortés², Jaime Ramírez² y Hugo Castro Franco³

S U M M A R Y

Nutritional status may influence markedly the productivity of 'Anna' apple trees through effect of nutrient elements complex on development and fruit growth. Majority of nutrient elements influence on growth and productivity direct or indirectly as consequences of their sharing in physiological processes. The monthly nutrient contents of 'Anna' apple trees in leaves and fruits that grow under acid soil in the Colombian highlands was evaluated from 16 days after full bloom to the harvest time. The nutrient contents in shoots were evaluated both before (at defoliation time) and after (at the harvest time) the season. Iron and copper contents in shoots were higher after than before the season. On the contrary, the content of the remaining minerals were higher before than after the season. Nitrogen, boron, magnesium, phosphorus and sulfur increased their foliar levels from 16 to 46 days after full bloom, but declined after 46 days after full bloom to the harvest time. Contents of foliar calcium, manganese, and copper were progressively higher as the season advanced. Potassium, iron, sodium and zinc contents in leaves were oscillatory along the season. Fruit content of nitrogen, potassium, magnesium, phosphorus and sulfur were progressively lower from 46 days after full bloom to the harvest time. On the other hand, calcium, iron and copper increased their levels in fruits as the season advanced. Boron and sodium contents in fruits were oscillatory along the season. This paper provides information about the nutritional status of 'Anna' apple trees cultivated in the Colombian highlands and the effect of mineral content in leaves and shoots on mineral content in fruits.

KEY WORDS: *Malus domestica* Borkh., nutrient elements, foliar analysis.

R E S U M E N

El estado nutricional influye significativamente sobre la productividad de los árboles de manzano 'Anna' mediante el efecto del complejo de nutrientes sobre

el desarrollo y crecimiento de la fruta. La mayoría de los elementos nutritivos influyen directa o indirectamente sobre el crecimiento y la productividad como consecuencia de sus efectos sobre procesos fisiológicos. Desde 16 días después de plena floración hasta la época de cosecha se evaluó mensualmente el contenido nutricional en hojas y frutos de árboles de manzano 'Anna' cultivados en suelos ácidos en los altiplanos colombianos. El contenido de nutrientes en ramas se analizó antes (al momento de la defoliación) y al final (al momento de la cosecha) de la estación. La concentración de hierro y cobre fue mayor al final que al inicio de la temporada en la cual se realizó el estudio; de lo contrario, el resto de los minerales analizados en este tejido estaban más concentrados al principio que al final de la temporada. La concentración de nitrógeno, boro, magnesio, fósforo y azufre en las hojas presentó un incremento de los 16 a los 46 días después de plena floración (ddpf) y luego presentó un descenso hasta los 139 ddpf. El contenido de calcio, manganeso y cobre en las hojas sufrió un incremento gradual durante el periodo de tiempo analizado. Por último, se encontró una oscilación en los valores de la concentración de potasio, hierro, sodio y zinc en las hojas durante la temporada de crecimiento analizada. El contenido de nitrógeno, potasio, magnesio, fósforo, azufre, manganeso y zinc se redujo en los frutos entre 46 y 139 ddpf. Por el contrario, el calcio, el hierro y el cobre mostraron un incremento en la concentración a lo largo de la temporada. El boro y el sodio presentaron una tendencia oscilatoria en los frutos durante el tiempo en que se realizó el estudio. Este artículo ofrece información acerca del estado nutricional de árboles de manzano 'Anna' cultivados en los altiplanos colombianos, así como del efecto del contenido de minerales en hojas y ramas sobre la concentración de elementos en frutos.

PALABRAS CLAVE: *Malus domestica* Borkh., elementos nutritivos, análisis foliar.

ABREVIATURAS. ddpf: días después de plena floración.

- Fecha de recepción 12 de febrero de 2002
- Aceptado para publicación 25 de marzo de 2003

¹ Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Docente UPTC-FACIAT. Apartado Aéreo 661, Tunja – Boyacá / Colombia. E-mail: fanor@gmx.net

² Ingeniero agrónomo UPTC - Tunja

³ I. A., M.Sc., Profesor asociado en el Programa de Ingeniería Agronómica UPTC.

INTRODUCCION

El manejo eficiente de la fertilización es uno de los muchos factores que influyen sobre la producción del manzano 'Anna' manejado mediante la técnica de cosechas continuas, dado que los elementos nutritivos involucrados en el normal desarrollo de los árboles deben estar disponibles en el momento preciso (CASIERRA-POSADA, 1993; FISCHER y LÜDDERS, 1995), pues esta variedad de manzano presenta un período de 120 días entre plena floración y cosecha, el cual es bastante corto en comparación con otras variedades. Esta propiedad le confiere al manzano 'Anna' la posibilidad de ser manejado para obtener dos cosechas en un período de 12 a 14 meses (CASIERRA-POSADA et al., 2002). Por lo tanto, el estudio de la dinámica de los elementos nutritivos en los árboles de manzano 'Anna' representa una herramienta fundamental para lograr un manejo racional y eficiente de la fertilización con miras a una alta producción de fruta de buena calidad, con un mínimo de agotamiento de los árboles por el uso de técnicas para la obtención de cosechas forzadas.

Adicional a la dinámica que pueden presentar los elementos nutritivos en los tejidos durante la temporada de desarrollo de los frutales caducifolios, se presentan antagonismos entre N y K, N y B, P y Cu, K y Mg, Cu y Fe, y por último, cal y oligoelementos con excepción del molibdeno. Por otro lado, se presentan sinergismos entre NO₃ y Mg, Mg y P, y K y Fe (CONTRERAS, 1986).

La concentración de nutrientes en las hojas del manzano cambia con la edad de ellas. Algunos nutrientes como el N, P, y K disminuyen con el avance de la temporada de crecimiento, mientras que otros como el Ca y el Mg, por el contrario, se incrementan. Otra fuente de variación para la concentración de los elementos nutritivos en las hojas es la especie, pues el duraznero requiere una concentración más elevada de nitrógeno que el manzano, para lograr un desarrollo óptimo. Los requerimientos nutricionales de los frutales cambian con la localidad; es así que las plantas que crecen en el hemisferio sur requieren niveles mayores de nitrógeno, que aquellos que crecen en el norte (FAUST, 1989).

Es de conocimiento general que la concentración de nutrientes en las hojas varía con la posición de la hoja en la rama, lo cual no es más que un reflejo de su edad. Hay un incremento general en la concentración de Mg del extremo proximal al distal de la rama (FAUST, 1989).

En cuanto al contenido de nutrientes en tejidos de manzano, los frutos, sin incluir los microelementos, contienen 65% de potasio, 23% de nitrógeno, 5% de fósforo y sólo 7% de magnesio y calcio (NICHOL y MACK, 1964). Por otro lado, en ramas de manzano, la concentración de calcio es mayor, y que el contenido de potasio y fósforo es menor que en los frutos (MASON y WHITFIELD, 1960).

Con respecto a la movilización de los elementos nutritivos en tejidos de manzano, aproximadamente la mitad

del contenido total de nitrógeno de las hojas de 'Golden Delicious' se moviliza a la madera antes de la caída de las hojas. En las ramas, el nitrógeno se almacena en la corteza en forma proteica y sólo un poco se acumula como arginina. Desde abril hasta finales de junio, el nitrógeno se moviliza de nuevo hacia las yemas florales en brotación, hojas y ramas nuevas, posiblemente en forma de asparagina (FABY y NAUMANN, 1987). Entre la cosecha y la caída normal de hojas, el 50% del nitrógeno, el 58% del fósforo, el 12% del potasio y el 1% del calcio presentes al momento de la cosecha se transportan de las hojas a los órganos de reserva; lo que es un ejemplo de los cambios en la concentración de los elementos nutritivos en los tejidos de acuerdo con la fase de desarrollo de los árboles (FABY y NAUMANN, 1987a).

El objetivo del presente trabajo fue hacer un seguimiento periódico de la concentración de los elementos minerales en las ramas, hojas y frutos del manzano 'Anna' cultivado en un suelo ácido en el altiplano colombiano, así como discutir el efecto de la concentración de los nutrientes en las hojas sobre su contenido en los frutos. De esta manera es posible hacer un diagnóstico más preciso del estado nutricional de los árboles, para luego programar con mayor eficiencia las labores de fertilización edáfica y foliar en esta variedad de manzano en condiciones similares a aquellas en las que se realizó el estudio.

MATERIALES Y METODOS

Localidad y material vegetal. En el estudio se utilizaron 21 árboles de siete años de manzano 'Anna' (Golden Delicious x Adassim Red) sobre patrón MM106, plantados a una distancia de 2 x 3,5 m, en la granja „Tunguavita” en Paipa (Boyacá) / Colombia, propiedad de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, ubicada a una altura de 2470 msnm. La localidad presenta 13,8 °C de temperatura en promedio y 74% de humedad relativa, con régimen bimodal de lluvias que aportan 835 mm de precipitación promedio al año.

El análisis del suelo donde se encontraban los árboles arrojó el siguiente resultado: Textura: franco-arenosa; Carbono orgánico: 2,4%; Nitrógeno total: 0,16%; Fósforo (Bray II): 89 ppm; pH: 4,9; Conductividad eléctrica: 0,93 ds/m; potasio: 1,08 Meq/100 gr.; calcio: 7,48 Meq/100 gr.; magnesio: 1,27 Meq/100 gr.; Sodio: 0,12 Meq/100 gr.; Aluminio: 0,57 Meq/100 gr.; Azufre: 58 ppm; Hierro: 239 ppm; Manganeso: 24 ppm; Cobre: 3,3 ppm; Zinc: 6,4 ppm; Boro: 0,65 ppm. La profundidad de muestreo fue de 30-35 cm., dado que según DIAZ y ROMO (1988) a esa profundidad se encuentra la mayor concentración de raíces.

Metodología. La unidad experimental estuvo representada por siete árboles y se realizaron tres replicaciones, para un total de 21 árboles. Los árboles fueron manejados según la técnica para la obtención de cosechas continuas (Rest Aviodance Technique) descrita por CASIERRA-POSADA (1993) y FISCHER y LÜDDERS (1995). Cada

planta fue fertilizada con 65 gr. de urea, 53 gr. de fosfato diamónico, 237 gr. de nitrato de potasio, 100 gr. de roca magnésica y 40 gr. de Microcoljap 102-R (COLJAP, Colombia). La fertilización se realizó al suelo, después de la cosecha, según la metodología propuesta por ICA (1992). El suministro de riego se hizo de acuerdo con los parámetros propuestos por CASTRO (1993). La defoliación se hizo manualmente tres semanas después de la cosecha. La poda consistió en eliminar un tercio del crecimiento de la temporada pasada. Una semana después de la poda se realizó la aplicación de Dormex (BASF) 1,5%, como compensador de frío, suplementado con Triona (BASF) 3% e Inex (Cosmoagro) 3,0%.

Toma y análisis de muestras. El muestreo de ramas se efectuó sólo en dos ocasiones durante todo el estudio; se tomó una muestra en el momento de la defoliación y otra al momento de la cosecha. Se tomaron muestras de la parte media de ramas que habían crecido en la temporada anterior.

Las muestras de hojas se tomaron a los 16, 46, 81, 109 y 139 días después de plena floración, para lo cual se recolectaron hojas ubicadas en el tercio medio las ramas que estaban a su vez en el tercio medio del árbol.

Las muestras de frutos se tomaron a los 46, 81, 109 y 139 días después de plena floración, teniendo en cuenta el mismo procedimiento seguido para la toma de muestras de hojas.

Las muestras de tejidos de cada unidad experimental (siete árboles) se redujeron a cenizas en una mufla a 675 °C y se mezclaron para el análisis de minerales, el cual se realizó mediante espectrofotometría de absorción atómica en cenizas, en las instalaciones de COLJAP (Bogotá). El nitrógeno se analizó mediante el método Kehlidal.

Análisis estadístico. Cada unidad experimental se replicó tres veces. Con la información obtenida en el ensayo se realizó un análisis parcial de correlación. Los

coeficientes de correlación (r), y su significancia (* = significativo al 5%; n.s. = no significativo) se calcularon para la concentración de cada elemento mineral en hojas y frutos, con la ayuda de la aplicación SPSS (8.0).

RESULTADOS Y DISCUSION

Para una mejor comprensión de los resultados, éstos se presentan inicialmente en términos generales, agrupados de acuerdo con la dinámica de los elementos durante el estudio, y posteriormente se presentan los resultados y discusión para cada elemento analizado, con sus respectivas figuras. Por otro lado, en el presente texto se discuten únicamente los resultados para cada elemento analizado de manera individual. En un artículo posterior se hará la discusión de las relaciones nutricionales y de la interacción entre los elementos nutritivos.

Los resultados de la concentración de elementos minerales en **ramas** de la temporada anterior, antes de la temporada de crecimiento (al momento de la defoliación) y de las ramas de la temporada en curso, al final de la temporada (al momento de la cosecha) muestran que sólo la concentración de hierro y cobre fue mayor al final que al inicio de la temporada en la cual se realizó el estudio; el resto de los minerales analizados en este tejido están más concentrados al principio de la temporada que al final, como lo muestra la tabla 1. Los contenidos de nitrógeno, calcio y magnesio al tiempo de la cosecha presentaron valores inferiores a los encontrados por CASIERRA-POSADA y LÜDDRES (2001) para la misma época en manzano “Golden Delicious”, pero la concentración de potasio presentó valores similares en ambos reportes. De acuerdo con este resultado se confirma la necesidad de establecer parámetros de comparación locales para determinar los niveles normales de la concentración de elementos nutritivos, pues según FAUST (1989), son múltiples las fuentes de variación que influyen en el estado nutricional de los árboles frutales caducifolios.

Tabla 1: Concentración de minerales en las ramas del manzano ‘Anna’ al comienzo y final de la temporada en los altiplanos colombianos.

	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	B
	%						ppm					
Al defoliar	0,78	0,104	0,66	0,96	0,16	0,05	74,32	54,91	43,44	7,05	91,2	36,66
A la cosecha	0,56	0,96	0,58	0,73	0,09	0,03	87,83	24,59	34,42	11,76	8,8	26,66

Los valores corresponden a los promedios de las replicaciones.

La concentración de nitrógeno, boro, magnesio, fósforo y azufre en las **hojas** presenta un incremento de los 16 a los 46 ddpf y luego presenta un descenso hasta los 139 ddpf. El contenido de calcio, manganeso y cobre en las hojas sufrió un incremento gradual durante el periodo de tiempo analizado. Por último, se encontró una oscila-

ción en los valores de la concentración de potasio, hierro, sodio y zinc en las hojas durante la temporada de crecimiento analizada.

El contenido de nitrógeno, potasio, magnesio, fósforo, azufre, manganeso y zinc se reduce en los **frutos**

entre los 46 y 139 ddpf. Por el contrario, el calcio, el hierro y el cobre muestran un incremento en la concentración a lo largo de la temporada. Los valores para los contenidos de boro y sodio presentaron una tendencia oscilatoria en los frutos durante el tiempo en que se realizó el estudio.

Para la época de brotación y plena floración, algunos minerales tomados por las raíces sumados a los transportados desde los órganos de reserva no son suficientes para cubrir los requerimientos del vegetal; lo cual sucedió en el presente estudio si se observan los contenidos de nitrógeno, boro, magnesio, calcio, cobre, y sodio registrados en hojas 16 ddpf, pues se encuentran por debajo del nivel normal reportado para manzano, lo cual fue reportado también por MASON y WHITFIELD (1960) y FABY y NAUMANN (1987a). Posteriormente, la gran mayoría de los elementos minerales analizados en las el tejido foliar, con excepción del potasio y el hierro, presentaron un incremento abrupto en su concentración entre 16 y 46 ddpf, como consecuencia de la movilización de los nutrientes que habían sido almacenados en la madera de reserva al final de la última temporada de crecimiento y que en la nueva temporada migran hacia las hojas y frutos, órganos que actúan como vertedero. Por otro lado, los órganos vertedero se enriquecen también en elementos minerales con la toma de iones mediante las raíces, a partir de la solución del suelo.

A continuación se discuten los resultados obtenidos en el ensayo para cada uno de los elementos analizados.

Nitrógeno. Como lo muestra la figura 1, entre 46 y 139 ddpf la concentración de nitrógeno en las hojas sufrió una reducción, al igual que sucedió en el ensayo realizado por DIAZ y ROMO (1988). Se encontró una correlación parcial negativa ($r = -0,9601^*$), significativa a nivel de 5% entre el contenido de nitrógeno en las hojas y en los frutos; lo que indica que mientras se incrementaba el contenido de nitrógeno en las hojas, disminuía su concentración en los frutos y viceversa, entre 46 y 139 ddpf; a pesar de lo cual, se mantuvo una relación muy estrecha entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados. El incremento en el contenido de nitrógeno en las hojas, entre 16 y 46 ddpf de debió posiblemente al transporte del elemento desde los órganos de reserva hacia los nuevos órganos en crecimiento. Según FABY y NAUMANN (1987), la concentración de nitrógeno es mayor una semana después de plena floración que la cantidad de nitrógeno requerido para la nueva brotación. Por otro lado, se presentó un descenso en el contenido de nitrógeno en los frutos entre 16 y 109 días, causado posiblemente por la dilución del contenido de nitrógeno en los frutos en relación con el contenido de otros elementos. El contenido de nitrógeno en frutos de manzano ‘Anna’ al momento de la cosecha fue casi el doble del reportado por CASIERRA-POSADA y LÜDDERS (2001) para „Golden Delicious” para la misma época, a pesar de que en ambos ensayos se presentaron pocas diferencias en cuanto al contenido de nitrógeno en las hojas alrededor de 81 ddpf.

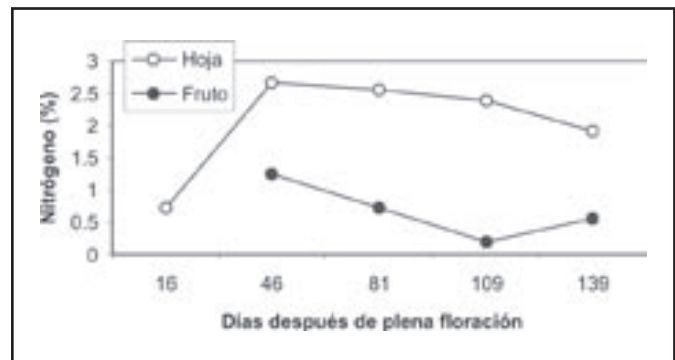


Figura 1. Cambios estacionales en el contenido de nitrógeno en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

Fósforo. El contenido de fósforo en el tejido foliar presentó un aumento entre 16 y 46 ddpf y luego se redujo a un valor cercano a 0,2 % y se mantuvo alrededor de esta concentración hasta el momento de la cosecha (fig. 2). Se encontró una correlación parcial positiva ($r = 0,9924^*$), significativa a nivel de 5%, entre el contenido de fósforo en las hojas y en los frutos; de tal manera que mientras se incrementaba el contenido de fósforo en las hojas, se incrementaba también su concentración en los frutos y viceversa, entre 46 y 139 ddpf. Como en el caso anterior, el coeficiente de correlación señala que se presentó una relación muy estrecha entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados. Los contenidos de este elemento en los frutos estuvieron por debajo de los valores reportados por FAUST et al. (1967), citados por FAUST (1989); sin embargo, es claro que los contenidos de elementos en tejidos presentan diferencias varietales y también pueden ser afectados por las condiciones en las que esté establecida la plantación.

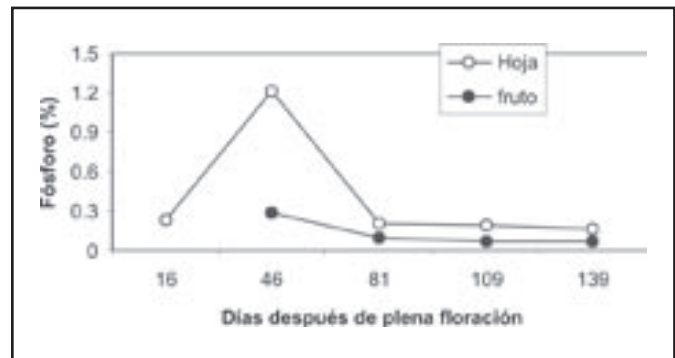


Figura 2. Cambios estacionales en el contenido de fósforo en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

Potasio. Se encontró una correlación parcial negativa ($r = -0,4821$ n.s.), entre el contenido de potasio en las hojas y en los frutos. Esto implica que los contenidos del elemento en las hojas y en los frutos presentaron tendencias contrarias, entre 46 y 139 ddpf (fig. 3). El valor bajo del coeficiente de correlación indica que se presentó

una relación escasa entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados. En las hojas este elemento estuvo por encima del rango reportado por FAUST (1989), quien manifiesta que un contenido del elemento entre 1,5 y 1,8 % en materia seca se considera adecuado para el normal transcurrir de los procesos fisiológicos con los cuales el potasio está relacionado. A pesar de que HANSEN (1980), citado por FAUST (1989), encontró que los árboles de manzano en fructificación acumulan más potasio y biomasa en los frutos que aquellos a los que se les retiran los frutos, pues los frutos poseen una gran propiedad vertedero; en el presente ensayo, el contenido de potasio en los frutos disminuyó gradualmente a partir de los 46 ddpf, debido posiblemente al efecto de dilución con otros elementos que se habían acumulado en los frutos a lo largo de la temporada de crecimiento; a pesar de esto, al momento de la cosecha, el contenido de potasio en frutos en el presente ensayo fue casi el doble del reportado por CASIERRA-POSADA y LÜDDERS (2001) para „Golden Delicious”.

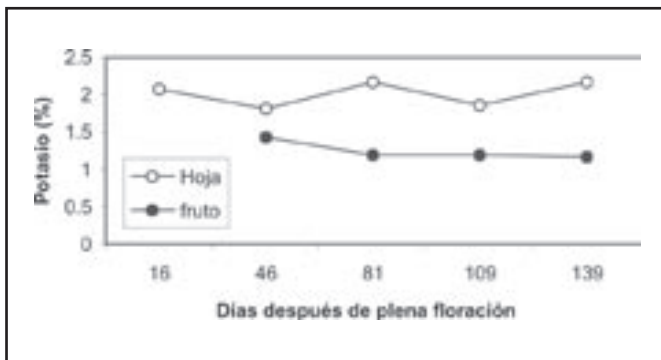


Figura 3. Cambios estacionales en el contenido de potasio en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

Azufre. Se encontró una correlación parcial positiva ($r = 0,9626^*$), significativa a nivel de 5%, entre el contenido de azufre en las hojas y en los frutos; lo que indica que los contenidos del elemento en hojas y frutos presentaron la misma tendencia descendente, entre 46 y 139 ddpf (fig. 4). El valor alto del coeficiente de correlación indica que se presentó una relación muy estrecha entre las concentraciones de este elemento en tejido foliar y en frutos. El contenido de azufre en tejido foliar entre 81 y 139 ddpf se mantuvo dentro de los márgenes normales, al igual que la relación N/S para este lapso de tiempo. BENSON et al. (1963), citado por FAUST (1989) recomiendan tomar las hojas del extremo distal de la rama para determinar el contenido de azufre, en lugar de tomar las hojas del tercio medio, dado que en este sitio, la concentración de azufre es mayor que en el extremo distal. Salvo que se pretenda hacer un análisis específico para azufre, el muestreo de tejidos de partes diferentes de la rama, para analizar el contenido de elementos, resultaría dispendioso.

Boro. El contenido de este elemento en tejido foliar se mantuvo dentro del rango normal entre 81 y 139 ddpf (fig. 5). Se encontró una correlación parcial negativa

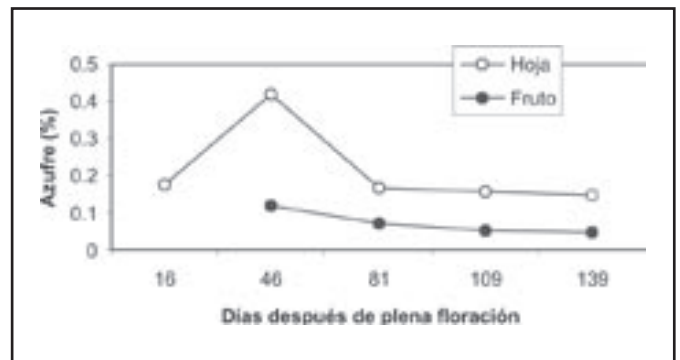


Figura 4. Cambios estacionales en el contenido de azufre en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

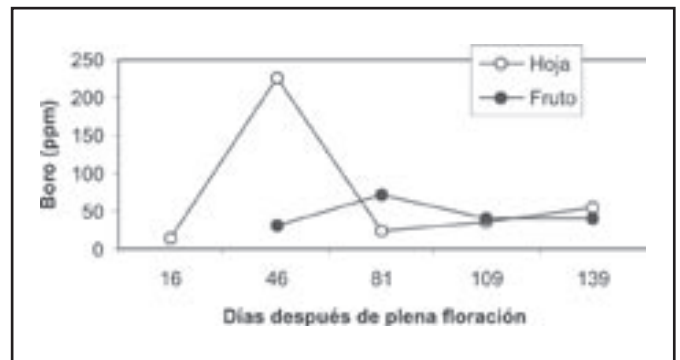


Figura 5. Cambios estacionales en el contenido de boro en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

($r = -0,9145$ n.s.), entre el contenido de boro en las hojas y en los frutos; lo que muestra que mientras se incrementaba el contenido del elemento en las hojas, se reducía su concentración en los frutos y viceversa, entre 46 y 139 ddpf. El valor alto del coeficiente de correlación indica que se presentó una relación muy estrecha entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados, a pesar de que no hubo significancia al nivel de 5%. Van GOOR y van LUNE (1980) citados por FAUST (1989) encontraron una relación directa entre la acumulación de boro en frutos y su crecimiento, además reportan un descenso en el valor de la relación Concentración de boro en los frutos / Concentración de boro en las hojas con respecto al tiempo después de plena floración y luego el valor de la relación permanece constante a partir de 25 ddpf. En el presente estudio, por el contrario, se presentó un descenso en el contenido de boro en frutos a partir de 81 ddpf; además, la curva para la relación Concentración de boro en frutos / Concentración de boro en hojas tuvo la misma tendencia descendente reportada por van GOOR y van LUNE (1980), pero continuó descendiendo hasta la época de cosecha, como consecuencia del incremento del contenido de boro en las hojas y el descenso de la cantidad de este elemento en los frutos, a partir de 81 ddpf.

Calcio. La acumulación de calcio en hojas y frutos continuó durante toda la temporada de crecimiento (fig. 6), debido a que este elemento se transporta con el flujo de

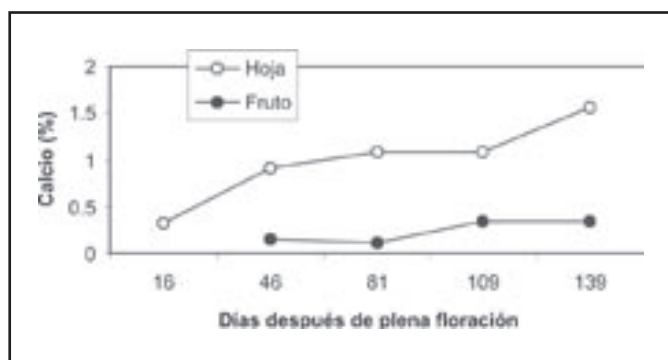


Figura 6. Cambios estacionales en el contenido de calcio en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

agua a través del xilema, pero es poco móvil a través del floema, además, el flujo de calcio en la columna de agua requerida por la transpiración, es mayor hacia las hojas diferenciadas que hacia los ápices en crecimiento y hacia los frutos. Es esta la razón por la cual, la concentración de calcio en las hojas puede inducir a errores en cuanto a un buen suministro del elemento en los frutos. En el desarrollo del presente ensayo no se observó síntoma alguno de deficiencia de calcio, a pesar de que la concentración del elemento estuvo ligeramente por debajo de los rangos normales recomendados por FAUST (1989), quien reporta que si la concentración de calcio en las hojas excede 0,8-1,0 % del peso seco, es suficiente para los procesos relacionados con el crecimiento, pero es necesaria una concentración alrededor de 2 % en hojas para asegurar un suministro suficiente del elemento a los frutos. La importancia del calcio en los frutos ha sido ampliamente discutida (SCHULZ, 1996 y SCHÖNBERG y NÁFE, 2000) y radica básicamente en la aparición de desórdenes fisiológicos de la fruta en poscosecha cuando la fruta se almacena por un periodo prolongado. Los frutos del manzano ‘Anna’ son altamente percederos en comparación con otras variedades de manzano, así que difícilmente podrían almacenarse por un tiempo superior a tres semanas; de tal manera que una concentración de calcio por debajo de los estándares reportados para otras variedades serían permisibles en manzana ‘Anna’, dado que no habría tiempo para que aparezcan los desórdenes de poscosecha asociados con niveles insuficientes de calcio en frutos. Con respecto al análisis estadístico, se encontró una correlación parcial negativa ($r = -0,4536$ n.s.), entre el contenido de calcio en las hojas y en los frutos; índice de que mientras se incrementaba el contenido de fósforo en las hojas, se reducía su concentración en los frutos y viceversa, entre 46 y 139 ddpf. El bajo coeficiente de correlación indica que se presentó poca relación entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados.

Magnesio. Se encontró una correlación parcial positiva ($r = 0,9176$ n.s.), entre el contenido de magnesio en las hojas y en los frutos; de tal manera que mientras se incrementaba el contenido del elemento en las hojas, se incrementaba también su concentración en los frutos y viceversa, entre 46 y 139 ddpf (fig. 7). El alto valor

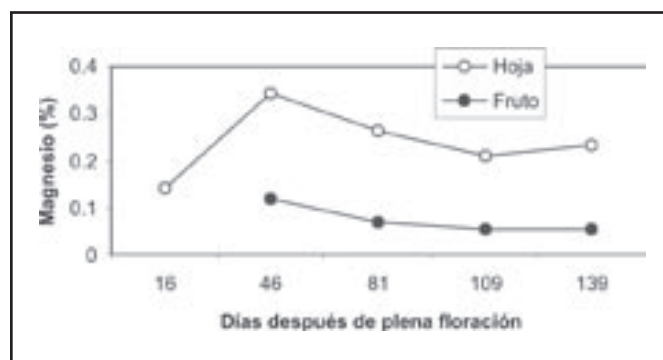


Figura 7. Cambios estacionales en el contenido de magnesio en hojas y frutos de manzano ‘Anna’ en los altiplanos colombianos.

obtenido para el coeficiente de correlación indica que se presentó una relación muy estrecha entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados, a pesar de que no hubo significancia. El contenido de magnesio en hojas estuvo por debajo del rango normal recomendado por FAUST (1989), el cual debe estar en el orden de 0,3-0,5% en materia seca. Si se toma como parámetro de referencia que el contenido de calcio en las hojas debe ser cinco veces el contenido de magnesio en frutos, este elemento en los frutos analizados en este estudio a los 139 ddpf contenían sólo 16% de la cantidad de magnesio que deberían contener; a pesar de lo cual no se presentaron síntomas visibles de deficiencia de magnesio en el tejido foliar. La baja concentración del elemento en hojas y frutos pudo ser la consecuencia de un suministro elevado de calcio y potasio; sin embargo, el contenido de magnesio al momento de la cosecha, al igual que para el potasio, fue superior al valor reportado por CASIERRA-POSADA y LÜDDERS (2001) para “Golden Delicious”.

Hierro. Al contrario de la información reportada por DIAZ y ROMO (1988), quienes encontraron un ascenso en la concentración de hierro en las hojas hasta 120 ddpf y luego la concentración de este elemento decreció hasta 270 ddpf; en el presente ensayo, se presentó la tendencia contraria, hubo un descenso en la concentración de hierro hasta la mitad de la temporada y luego la concentración del elemento se incrementó en las hojas hasta el momento de la cosecha (fig. 8). En los frutos, el contenido de hierro presentó una tendencia ascendente durante toda la temporada. Se encontró un valor bastante bajo ($r = 0,2631$ n.s.) para el coeficiente de correlación entre el contenido de hierro en las hojas y los frutos con respecto al tiempo después de plena floración.

Manganeso. Se encontró una correlación parcial negativa ($r = -0,7800$ n.s.), entre el contenido de manganeso en las hojas y en los frutos. El valor del coeficiente de correlación es bastante aceptable, lo cual es un índice de que se presentó una relación estrecha entre las concentraciones de este elemento en ambos tejidos analizados, a pesar de que no hubo significancia. El contenido de manganeso en el tejido foliar se mantuvo dentro de los parámetros aceptables durante toda la temporada, y se presentó una

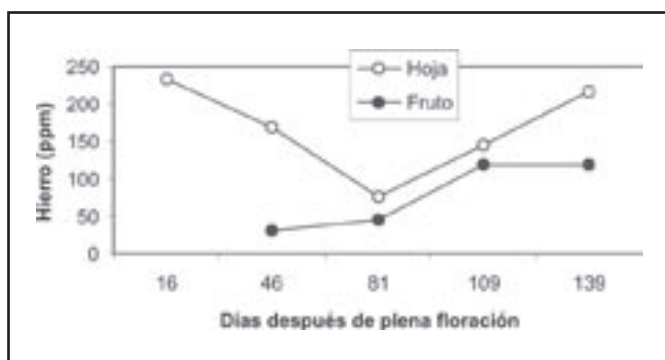


Figura 8. Cambios estacionales en el contenido de hierro en hojas y frutos de manzano 'Anna' en los altiplanos colombianos.

tendencia ascendente en el contenido de manganeso en hojas a lo largo de la temporada (fig. 9). DIAZ y ROMO (1988) encontraron un ascenso en el contenido de manganeso en hojas hasta 120 ddpf y luego la concentración del elemento se redujo. La diferencia entre sus resultados y los reportados en el presente trabajo, se deben posiblemente a que la disponibilidad del manganeso es un factor dependiente del pH del suelo. Mientras que DIAZ y ROMO (1988) realizaron su ensayo en condiciones alcalinas (pH 7,7), el presente trabajo fue realizado en un suelo ácido (pH 4,9), lo que implica que el manganeso en condiciones ácidas está disponible en alto grado, lo que pudo resultar en una acumulación del manganeso en las hojas durante toda la temporada de crecimiento. A pesar del incremento gradual del contenido de manganeso en las hojas durante toda la temporada, se presentó un descenso en la concentración del elemento en los frutos, posiblemente por dilución, como ha sido ya discutido para otros elementos nutritivos.

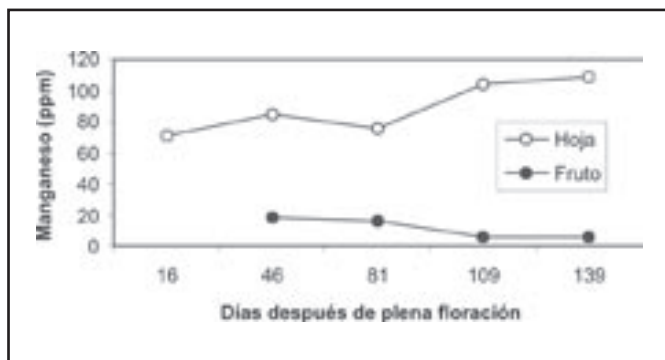


Figura 9. Cambios estacionales en el contenido de manganeso en hojas y frutos de manzano 'Anna' en los altiplanos colombianos.

Zinc. Se encontró un valor bajo ($r = 0,4953$ n.s.) para el coeficiente de correlación entre el contenido de zinc en las hojas y los frutos con respecto al tiempo después de plena floración. La concentración de este elemento en hojas estuvo por encima del rango normal a los 46 y a los 109 ddpf (fig. 10), en los muestreos restantes estuvo en rangos normales. DIAZ y ROMO (1988) reportan tam-

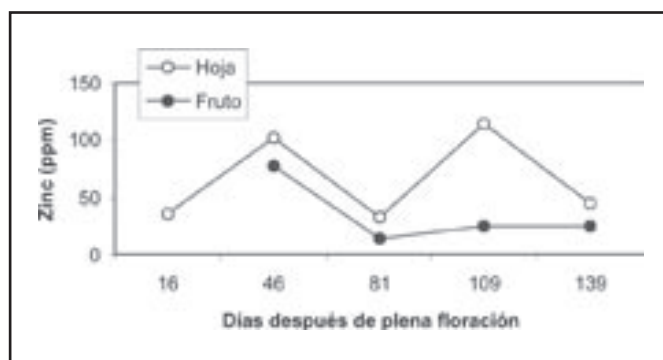


Figura 10. Cambios estacionales en el contenido de zinc en hojas y frutos de manzano 'Anna' en los altiplanos colombianos.

bién una tendencia ondulatoria en el contenido de zinc en hojas de manzano 'Anna', pero los contenidos del elemento en el tejido foliar estuvieron dentro de los rangos normales, lo cual puede explicarse con el pH del suelo en el que ellos realizaron el ensayo, al igual que para en caso del manganeso.

Cobre. Se encontró un valor bajo ($r = -0,4362$ n.s.) para el coeficiente de correlación entre el contenido de cobre en las hojas y los frutos con respecto al tiempo después de plena floración. El contenido de cobre tanto en hojas como en frutos se presentó en concentraciones excesivas a partir de 81 ddpf (fig. 11). Una explicación lógica para este hecho son las aplicaciones de productos a base de cobre como sulfato, óxido y oxiclورو de cobre, los cuales se utilizan como defoliantes y protectantes en concentraciones de 1 a 2%, 1 a 1,5% y 1,5 a 2,5% respectivamente, al final de la temporada de crecimiento. Aparentemente el cobre sólo induce una intoxicación del tejido foliar y provoca su caída; sin embargo, cierta cantidad del cobre aplicado puede pasar a la corteza, la cual juega un importante papel, más que la madera, como órgano acumulador de sustancias de reserva al final de la temporada y como donante de las mismas a partir de la nueva brotación, como lo discuten FABY y NAUMANN (1987); por otro lado, el cobre aplicado a los árboles puede acumularse en las raíces, como lo reportan IWASAKI et al. (1990), y luego ser transportado a los

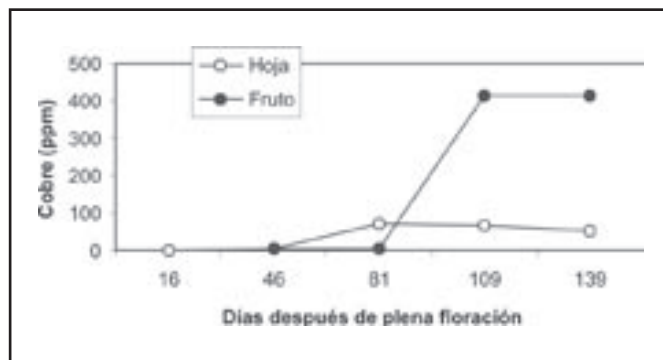


Figura 11. Cambios estacionales en el contenido de cobre en hojas y frutos de manzano 'Anna' en los altiplanos colombianos.

órganos vertedero. Es así que las aplicaciones de cobre tienen como consecuencia una acumulación de este elemento en las hojas y frutos representando un riesgo para el metabolismo y la longevidad del vegetal. A pesar de que el exceso de cobre puede tener como consecuencia una deficiencia de hierro, los niveles de hierro en tejido foliar estuvieron dentro de las márgenes normales.

Sodio. El contenido de sodio en el tejido foliar presentó una tendencia muy similar a la reportada por DIAZ y ROMO (1988) y se mantuvo dentro de los parámetros normales (fig. 12). En los frutos se presentó una reducción fuerte de la concentración de sodio entre 81 y 109 ddpf. El hecho de que las concentraciones de sodio en los tejidos analizados se encuentren dentro de los rangos normales de debe posiblemente a que en el suelo donde estaban plantados los árboles, la concentración de sodio reportada en el análisis de suelo, es la adecuada para garantizar el nivel de nutrición requerido para este elemento. Por otro lado, se encontró un valor bastante bajo ($r = -0,3717$ n.s.) para el coeficiente de correlación entre el contenido de sodio en las hojas y los frutos con respecto al tiempo después de plena floración.

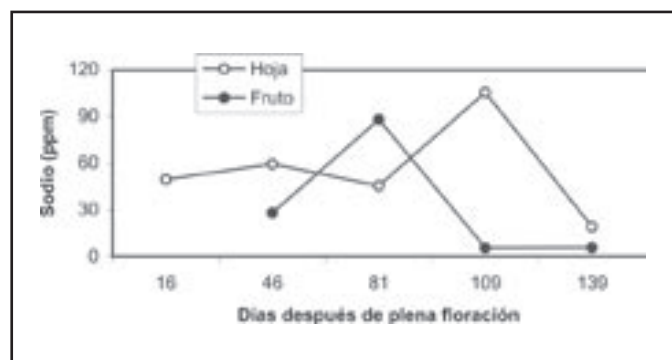


Figura 12. Cambios estacionales en el contenido de sodio en hojas y frutos de manzano 'Anna' en los altiplanos colombianos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a Germán Peñaloza, en el Departamento Técnico de COLJAP, por su colaboración en el análisis de las muestras de tejido vegetal y de suelo, así como a Jairo Julio Casallas y a sus colaboradores en la granja „Tunguavita”, por el apoyo en la realización del ensayo.

LITERATURA

- CASIERRA-POSADA, F. 1993. Protección y nutrición para cosechas continuas en manzano Anna. *Agrodesarrollo*, **4**(1-2): 46-49.
- CASIERRA-POSADA, F.; HERNANDEZ, D. I. y LÜDDERS, P. 2002. Crecimiento de frutos y ramas de manzano 'Anna' (*Malus domestica*

Borkh) cultivado en los altiplanos colombianos. (En preparación).

- CASIERRA-POSADA, F. y LÜDDERS, P. 2001. Einfluß von Sommerschnitt und N-Ernährung auf den Mineralstoffgehalt von Apfelbäumen unter Hagelschutznetz. *Erwerbsobstbau*, **43**(4): 106-113.
- CASTRO, J. 1993. Consideraciones generales del riego en frutales caducifolios en el altiplano. *Agrodesarrollo*, **4**(1-2): 201-213.
- CONTRERAS, P. 1986. El suelo y su fertilización en el cultivo de frutales caducifolios. *Ciencia y Agricultura*, **1**(1): 53-69.
- DIAZ, D. y ROMO, R. Nutritional status and root system of Anna apple under alkaline soil in warm dry climate of Mexico. *Acta Horticulturae* **232**: 177-186.
- FABY, R. y NAUMANN, W. D. 1987. Die Bedeutung der Einlagerung von Reservestoffen im Herbst bei Apfelbäumen, dargestellt an Entblätterungsversuchen. **I.** Stickstoffhaltige Reservestoffe. *Erwerbsobstbau* **29**(2): 51-56.
- FABY, R. y NAUMANN, W. D. 1987a. Die Bedeutung der Einlagerung von Reservestoffen im Herbst bei Apfelbäumen, dargestellt an Entblätterungsversuchen. **II.** Mineralstoffe und Kohlenhydrate. *Erwerbsobstbau* **29**(2): 57-60.
- FAUST, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley & Sons Publications. Nueva York. 53-132.
- FISCHER, G. y LÜDDERS, P. 1995. Der Apfelanbau im Hochland Kolumbiens. *Erwerbsobstbau* **37**(2): 58-62.
- ICA. 1992. Fertilización en diversos cultivos: Quinta aproximación. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Subgerencia de Investigación, Sección de Recursos Naturales. Manual de asistencia técnica No. 25. Centro de Investigación Tibaitatá, Bogotá (Col.). 64 p.
- IWASAKI, J. D.; SAKURAI, K. y TEKAHASHI, E. 1990. Copper binding by the root cell walls of Italian ryegrass and red clover. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **36**: 431-440.
- MASON, A. C. y WHITFIELD, A. B. 1960. Seasonal changes in the uptake and distribution of mineral elements in apple trees. *J. Hort. Sci.*, **35**: 34-55.
- NICHOL, W. E. y MACK, A. R. 1964. Elemental composition of apple in relation to fruit quality, soil, acidity and organic matter. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **85**: 91.
- SCHÖNBERG, G. y NÄFE, D. 2000. Mineralstoffhaushalt. *En: Physiologische Grundlagen des Obstbaues*, FRIEDRICH, G. y FISCHER, M., editores. Ulmer Verlag, Stuttgart (Alemania). 160-199.
- SCHULZ, H. 1996. Äußere und innere Eigenschaften lagernder heimischer Fruchtarten. *En: Lagerung von Obst und Südfrüchten*. OSTERLOH, A.; EBERT, G.; HELD, W. H.; SCHULZ, H. y URBAN, E., editores. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart (Alemania), p. 19-90.

EVALUACION DEL POTENCIAL DE LOS RECURSOS GENETICOS DE PAPA CRIOLLA (*Solanum phureja*) POR CALIDAD INDUSTRIAL

Evaluation of the potential of genetics resources of Creole potato (*Solanum phureja*) for industrial quality

Gustavo A. Ligarreto M.¹ y Martha N. Suárez C.²

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar 50 accesiones de papa criolla especie *Solanum phureja* Juz et Buk por parámetros que requiere la industria de procesados, en esta colección se ha reportado la existencia de variabilidad genética pero se desconoce su calidad para la industria. Se evaluaron 17 variables: 10 variables cualitativas y 7 variables cuantitativas. Las variables cualitativas permitieron evaluar morfológicamente el tubérculo y las cuantitativas determinaron el comportamiento agronómico de los cultivares en el ambiente. Los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de correlación, y componentes principales y análisis de conglomerados. Se encontró que los tres primeros componentes principales expresaron el 85% de la variabilidad total, donde las características más importantes fueron: diámetro ecuatorial 1, diámetro ecuatorial 2, diámetro longitudinal, gravedad específica y contenido de azúcares reductores. El análisis de conglomerados mostró cuatro grupos con subgrupos donde los subgrupos 2a y 3d presentaron las accesiones con mejores características industriales. Los genotipos que presentaron mejores características para el procesamiento industrial y que ameritan su evaluación en otros ambientes fueron: encurtido en salmuera o vinagre. 16, 20, 21, 68, 79, 80 y 81; papa precocida enlatada o congelada. 16, 20 y 21 y papa frita en hojuela el cultivar 23. El trabajo se realizó en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica, Regional Uno, Centro de Investigación Tibaitatá en Mosquera.

Palabras claves: Recursos genéticos, variabilidad, papa criolla y *Solanum phureja*.

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the industrial characteristics of 50 accessions of Creole potato (*Solanum phureja* Juz et Buk). Seventeen variables were included: 10 qualitative and 7 quantitative variables. The qualitative variable defined the tuber morphology and the quantitative ones determined the agronomic behavior of cultivars. The obtained data were subjected to correlation analysis, and the main components to cluster analysis. It was found that the first three main components expressed 85% of the

total variability, where the characteristics more important are represented by the equatorial diameter 1, equatorial diameter 2, longitudinal diameter, specific gravity and the content of reducing sugars. The cluster analysis showed four groups with subgroups where subgroups 2a and 3d showed the accessions with best industrial characteristics. The genotypes selected for industrial processing were: pickle in brine or vinegar. 16, 20, 21, 68, 79, 80 and 81; canned precooked or frozen potato. 16, 20 and 21. The present research was carried out in the Colombian Corporation of Agricultural Research, Corpoica, Regional One, Tibaitatá Research Center in Mosquera.

Key words: Genetics resources, variability, Creole potato and *Solanum phureja*.

INTRODUCCION

La papa es una especie de reconocida importancia en el mundo. Ocupa el cuarto lugar como producto alimenticio agrícola después del arroz, el trigo y el maíz. En Colombia es importante como alimento básico de la población y ocupa un área sembrada de 170.000 hectáreas por año (Herrera, 2000).

Colombia es el primer productor de papa criolla (*S. phureja*) en Latinoamérica con un buen mercado interno en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca, Boyacá, Nariño y Cundinamarca. En la actualidad la industria de procesamiento del tubérculo está en crecimiento en las presentaciones de papas fritas y conservas y se ha comenzado a suplir con este producto los mercados europeos, con presentaciones en frito, enlatados y en vidrio (Bonilla, 1997). Las principales fortalezas de la papa criolla son: el alto valor nutricional, el buen sabor, el ciclo de vida corto, inferiores costos de producción y un alto potencial de exportación como producto exótico procesado. Los problemas del producto tienen que ver con el alto grado de mezcla de tubérculos de las variedades nativas y la heterogeneidad en tamaño del mismo y la alta perecibilidad, entre otros (Cardona, 2000).

Mediante la industrialización de productos de las papas nativas se ha reportado que una buena calidad

- Fecha de recepción 13 de septiembre de 2002
- Aceptado para publicación 25 de marzo de 2003

¹ Profesor Asociado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá E.-Mail: galigarretom@unal.edu.co.

² Investigadora. Programa Nacional de Recursos Genéticos y Biotecnología Vegetal. Corpoica, C.I. Tibaitatá.

en fresco, puede presentar características desfavorables para el procesamiento: como alto contenido de azúcares, ojos medianos a profundos y piel oscura, que en concepto de los procesadores son limitantes que enfrenta la industria y que se traducen en la ausencia de variedades que reúnan los requisitos específicos que esta requiere (Pineda, 1996).

La utilización de productos procesados está en aumento debido al cambios de hábitos de consumo, influenciados por varios factores, entre estos: la concentración de la población en las grandes ciudades, la dedicación de menos tiempo a las labores del hogar, el elevado costo de la energía para la preparación de alimentos.

La gravedad específica esta influenciada principalmente por la temperatura y humedad del ambiente cuando se realiza la evaluación, la madurez del tubérculo, los factores climáticos, edafológicos y agronómicos. Hernández (1989) citando a Shaw y Booth declara que el método de la gravedad específica sirve para estimar el contenido de materia seca y el contenido de almidón, basándose en la existencia de tablas de conversión diseñadas por Hougland (1966) y Burton (1948) para papa.

Los altos valores de gravedad específica de estos materiales evitarían que absorban demasiado aceite durante la fritura del producto entero y un contenido de materia seca superior al 20% sirve para mantener un buen rendimiento (Talbert *et al.*, 1959).

El contenido de materia seca determina el rendimiento industrial de las chips o papa en hojuela. Mientras más rico en almidón sea el tubérculo menos agua contiene y, por consiguiente, el rendimiento industrial es mayor (4 - 5 kg. de papa por 1 kg. de chips). Las pérdidas durante el pelado son mayores en tubérculos de calibre pequeño que con las grandes, además, las hojuelas de dimensiones muy grandes se rompen en las bolsas. Por esta razón , los tubérculos deben tener dimensiones entre 4 - 6 cm ; con calibre homogéneo. (Guerra, 1989; Herrera, 2000).

La reacción de Maillard entre los azúcares reductores y aminoácidos juega un papel importante en el proceso de coloración oscura producido y la disminución del valor nutricional. Las investigaciones han demostrado que 2.5 - 3 mg de azúcares reductores por gramo de peso fresco debe ser considerado como el máximo nivel permisible para hojuelas, para tiras el límite es cerca de 5 mg por gramo de peso fresco. (Harris, 1992)

La papa fresca recién cosechada contiene poco azúcar. Los azúcares reductores y totales varían de una variedad a otra, esto es, en unas alcanza valores superiores a otras, aunque hayan crecido y fueran cosechadas de la misma manera, difiriendo en su habilidad para convertir el almidón después de su almacenamiento. (Guerra, 1989).

Algunas veces el contenido alto de azúcares reductores puede ser encontrado inmediatamente después de la cosecha y en el periodo de curado. En muchos casos

sin embargo se desarrolla durante el periodo de almacenamiento. Los factores que más afectan el contenido de azúcares reductores son: La temperatura proporcionada antes de procesar, la variedad, la composición del suelo, la fertilización, el ambiente y el suministro de agua. (Harris, 1992).

Los tubérculos destinados a la fabricación de papa precocida enlatada o congelada deben ser de bajo calibre (clase 2 y 3) y tener buena consistencia durante la cocción (ausencia de ruptura en el momento del escaldado), su gravedad específica (GE) superior a 1.080, piel blanca o crema, libre de daños y enfermedades, y textura firme. (Guerra, 1989) Además, se necesita que estos tubérculos no sean susceptibles al oscurecimiento después de cocinar, según Harris (1992) lo que se debe a los contenidos de ácido clorogénico y ácido cítrico presentes en la papa. Este tipo de producto puede ser utilizado en microondas, fritura o cocción completa (Jaimes *et al.*, 1996, Gómez y Ramírez, 1999) y empacados al vacío en bolsas plásticas.

El producto para papa frita en hojuela necesita tubérculos regulares de forma redonda o comprimida, de diámetro superior a 4 cm, piel clara, libre de daños internos y verdeamientos. La gravedad específica debe ser mayor a 1.080.

Moreno (2000) y Estrada (2000) señalan que los componentes más significativos para la industria de procesamiento son el porcentaje de materia seca y bajo contenido de azúcares reductores. Otras de las características para uso industrial son la ausencia de pigmentos de antocianinas y ojos superficiales del tubérculo.

Estudios hechos con anterioridad en esta especie de papa se evidenció la existencia de alta variabilidad genética destacándose las características morfológicas: forma general del tubérculo, formas raras del tubérculo, color primario de piel del tubérculo y color secundario de piel del tubérculo como variables importantes (Bonilla, 1997).

La Colección Central Colombiana de papa criolla (*Solanum phureja*), posee un valioso recurso genético que hasta ahora solo ha sido caracterizado a nivel morfológico. El objetivo de este estudio fue evaluar 50 accesiones de papa criolla por su comportamiento en el procesamiento de la industria para alimentos.

MATERIALES Y METODOS

Este estudio se realizó en el año 2001 en la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria, Corpoica Centro de Investigación Tibaitatá Regional Uno. En el Cuadro 1, se presenta la procedencia de los 50 cultivares de papa *Solanum phureja* de la Colección Central Colombiana (CCC).

Para evaluar las características industriales del tubérculo se tuvieron en cuenta las variables cuantitativas: peso fresco, diámetro longitudinal, diámetro ecuatorial 1,

Cuadro 1. Accesiones de *Solanum phureja* Juz et. Buk. del banco de germoplasma Colombiano. Corpoica - Tibaitata

LINEA - NOMBRE	PROCEDENC.	LINEA - NOMBRE	PROCEDECIA
1. Uva	Nariño	32. Algodona	Nariño
2. Chaucha blanca	Nariño	36. S.N. FDR.3	CIP . Lima
3. Borrega amarilla	Nariño	37. S.N.FDR.34	CIP . Lima
4. Chaucha colorada	Nariño	38. S.N.1	Sin dato
5. Mambera	Nariño	40. Soliman	Sin dato
6. Chaucha ratona	Nariño	42. Criolla rosada	Boyacá
7. Borrega blanca	Nariño	45. Chaucha	Nariño
8. Chaucha mambera	Nariño	47. Chaucha carilla	Nariño
10. Borrega amarilla	Nariño	49. Chaucha negra	Nariño
11. Mambera	Nariño	52. S.N.	Sin dato
12. Borrega amarilla	Nariño	53. S.N.	U.V.EEUU.
13. Chaucha ratona	Nariño	54. S.N.	Nariño
14. Borrega blanca	Nariño	63. Pepina amarilla	Santander
16. Yema de huevo	Nariño	65. Chaucha ratona	Nariño
17. Ratona	Nariño	66 Chaucha	Nariño
20. yema de huevo	Nariño	68 Careta	Cauca
21. Algodona	Nariño	70. S.N.	Cauca
22. Borrega	Nariño	73. Criolla	Boyacá
23. Naranjilla	Nariño	74. S.N.	Boyacá
24. Ratona roja	Nariño	75. Criolla negra	Valle
25. Borrega blanca	Nariño	78. Chaucha negra	Cauca
26. Uva	Nariño	79. Chaucha ojona	Cauca
27. Ratona chinqueña	Nariño	80. S.N.	Cauca
28. Chaucha botella amarilla	Nariño	81. Chaucha colorada redonda	Valle
31. Chaucha morada	Nariño	87. Turma de perro	Quindío

Fuente : Corpoica, 1994.

diámetro ecuatorial 2, gravedad específica, materia seca y contenidos de azúcares reductores, las variables cualitativas: Forma general del tubérculo, forma rara, profundidad de ojos, color primario de piel, intensidad del color primario de piel, color secundario de piel, distribución del color secundario de piel, color primario de carne, color secundario de carne, distribución del color secundario de carne fueron evaluadas según los descriptores del Centro Internacional de la Papa, CIP (Huaman, 1994).

Las variables en el orden de evaluación fueron: 1. *Peso del tubérculo*: se realizó la medición a cinco tubérculos limpios representativos de cada genotipo, 2. *Diámetro longitudinal*: la medida fue tomada teniendo en cuenta el eje del tubérculo que parte del lugar donde estaba sujeto a la planta, 3. *Diámetro ecuatorial I*: se tomó la medida del eje transversal menor del tubérculo, 4. *Diámetro ecuatorial II*: se realizó la medida tomando el eje transversal mayor del tubérculo, 5. *Forma general del tubérculo*, 6. *Forma rara del tubérculo*, por ser las variables 5 y 6 de tipo cualitativas se evaluó cada genotipo tomando

un grupo de tubérculos representativos, 7. *Profundidad de ojos*: se evaluó comparando un grupo de tubérculos representativos de cada genotipo con los descriptores del CIP, 8. *Color primario de piel*, 9. *Intensidad del color primario de piel*, 10. *Color secundario de piel*, 11. *Distribución del color secundario de piel*, 12. *Color primario de carne*, 13. *Color secundario de carne*, 14. *Distribución del color secundario de carne*, (Huamán, 1994), (Cuadro 2), 15. *Gravedad específica*: la medición se realizó siete días después de la cosecha mediante la relación peso en aire dividido por la diferencia de peso en aire con peso en agua, 16. *Materia seca*: se tomó la lectura de su peso en fresco y peso seco en estufa a 65 °C hasta alcanzar un peso constante (a las 72 horas), 17. *Azúcares Reductores*: se peso un gramo de muestra previamente secada y molida a la cual se le aplicó el método cuantitativo para la extracción de azúcares reductores de Nelson – Somogy, (Gutiérrez, 1994).

Adicionalmente a la descripción por las 17 variables ya mencionadas las accesiones se clasificaron por grupos que

Cuadro 2. Rango de las variables cualitativas evaluadas a 50 accesiones de *Solanum phureja* Juz et. Buk.

VARIABLE	ESCALA
Forma general del tubérculo	1. Comprimido - 8. Alargado
Forma rara del tubérculo	1. Aplanado - 9. Tuberosado
Profundidad de ojos	1. Sobresaliente - 9. Muy profundo
Color primario de piel	1. Blanco - crema - 9. Negruzco
Intensidad del color primario de piel	0. Ausente - 3. Oscuro
Color secundario de piel	0. Ausente - 9. Negruzco
Distribución del color secundario de piel	1. En los ojos - 7. Pocos puntos
Color primario de carne	1. Blanco - 8. Violeta
Color secundario de carne	0. Ausente - 9. rosado
Distribución del color secundario de carne	0. Ausente - 7. Salpicado

Fuente : Huamán, 1994.

cumplieron con los requerimientos industriales para ser utilizados en el procesamiento de papa entera precocida para productos enlatados y congelados, encurtido fresco y fermentado y papa frita en hojuelas (IICA, 1999), (Cuadro 3).

El análisis estadístico se realizó mediante estadísticas descriptivas como la estimación de correlaciones, promedios y desviaciones estándar y estadísticas multivariadas de componentes principales que permite transformar un

Cuadro 3. Variables y parámetros utilizados por la industria para la selección de las variedades de papa criolla.

Variables	ENCURTIDOS		PRE - COCIDO		FRITOS	
	SALMUERA	VINAGRE	ENLATADO	CONGELADO	HOJUELA	TIRAS
<i>Forma y tamaño (la longitud se mide por la parte ancha)</i>	2.5 cm. redondo y/o comprimido	2.5 cm. redondo y/o comprimido	2.5 cm. redondo y/o comprimido	2.5 cm. redondo y/o comprimido	Papa pareja 4.0 - 6.5 cm. primera (semi - cero) 6.5 - 8 cm	5 cm o mas
<i>Profundidad de ojos</i>	Sobresalientes y/o superficiales					
<i>Características de rechazo</i>	<p>Descripción: Suma de defectos</p> <p>Plagas: Tecia, chiza, tiroteador, gusano blanco, babosa trozador Máximo 8%</p> <p>Daños / microorganismos: Alteraciones por bacterias, hongos, etc. Máximo 3%</p> <p>Daño físico: Papa asoleada, magullada, cortada, pardeada, papa hueca. 10% máximo mínimo 3%</p>				<p>Descripción: Internos y Externos Se clasifican según porcentaje en peso en: leve, intermedio y crítico.</p> <p>Daños internos: Pulpa de color diferente o papa hueca.</p> <p>Daños externos: Causados por: microorganismos, plagas asoleada, tallada, magullada.</p> <p>No se aceptan con mas del 3% tiroteador, centro café o negro, mezcla de variedades.</p>	
<i>Color</i>	Color de piel: Amarillo intenso				Equivale en escala internacional a 2.7 como máximo	Mínimo 5 en escala de colores Máximo 3 en escala internacional
<i>Materia seca</i>					18% mínimo	
<i>Porcentaje de quemado</i>					15% en línea como máximo	
					18% mínimo	
					30% máximo	

Fuente: IICA, 1999

conjunto de variables a un nuevo grupo de variables no correlacionadas y agrupamientos con representación en un dendograma a partir de las salidas de los componentes principales y de la matriz de distancias euclidianas estandarizada entre las acepciones, el dendograma se construyó mediante el ligamiento promedio (UPGMA) (Pla, 1986). En el procesamiento de los datos se utilizaron los sistemas SAS versión 6.10 y NTSYS versión 2.0 (SAS, 1996, Rohlf, 1994).

RESULTADOS Y DISCUSION

Descripción varietal

El tamaño de los tubérculos de la muestra estudiada de la Colección Central Colombiana se encuentra en su mayoría en las clases 2 (20 a 35 g) y 3 (menor de 25 g), ya que los valores máximos y mínimos de las variables peso fresco, diámetro longitudinal, diámetro

ecuatorial uno y diámetro ecuatorial dos se encuentran dentro de un rango reducido para la mayor parte de los genotipos. Según el ICA (1997) las clases cero y uno presentan peso de tubérculo mayor a 50 g y entre 36 y 50 g, respectivamente.

En el Cuadro 4, se observa que el 68% de los cultivares tienen forma general (FG) del tubérculo y el 32% restante presenta formas raras (FR), los primeros se caracterizan por presentar tubérculos redondos un 28%, comprimidos 22%, es decir que un 50% tiene la forma de tubérculo requerida por la industria, mientras, que de los tubérculos con formas raras, un 20% es de forma concertinada. El 98% de la muestra posee una profundidad de ojos aceptable para procesar (superficial o medio), que favorecen las operaciones de limpieza y pelado durante el procesamiento. El 46 % de la población estudiada ofrece la posibilidad de enriquecer el mercado con variedades de papa criolla con un color secundario de piel, diversificando la presentación de los productos con papa entera.

Cuadro 4. Estadística descriptiva para las variables cualitativas evaluadas a la muestra de *Solanum phureja*.

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Moda	Detalle
v5 Forma general (FG)	1	7	2	Redondo 28%, comprimido 22%, obovado 10%, elíptico 4%, oblongo 4%
v6 Forma rara (FR)	3	8	8	Concertinado 20%, fusiforme 8%, falcado 2%, reniforme 2%
v7 Profundidad de ojos (PO)	1	7	3	Superficiales 54%, medio 38%, sobresalientes 6%, profundo 2%
v8 Color principal piel (CPP)	1	8	2	Amarillo 50%, rojo 22%, morado 12%, rosado 6%, blanco crema 4%
v9 Intensidad color principal piel (ICPP)	1	3	2	Intermedio 50%, oscuro 32%, pálido 18%.
v10 Color secundario piel (CSP)	0	8	0	Ausente 54% amarillo 20%, morado 16%, rojo 6%, rosado 4%
v11 Distribución color secundario piel (DCSP)	0	6	0	Ausente 54% manchas salpicadas 18%, como anteojos 10%, manchas dispersas 8%, en los ojos 6%, alrededor de los ojos 2%, en las cejas 2%
v12 Color principal carne (CPC)	1	5	1	Crema 30%, blanco 30%, amarillo 40%
v13 Color secundario carne (CSC)	0	7	3	Amarillo 50%, crema 22%, ausente 14%, morado 14%, blanco 4%, rojo 2%
v14 Distribución color secundario carne (DCSC)	0	5	1	Pocas manchas 56%, anillo vascular y medula 16%, ausente 14%, anillo vascular amplio 8%, áreas 6%

El 50% de los genotipos presentan tubérculos de piel color amarillo, el 22% tiene piel roja, el 12% piel morada, el 6% rosada y un 6% rojo - morada; con una intensidad en el color principal de piel (ICPP): intermedia del 50% y oscura el 32% de las acepciones estudiadas. El color secundario de piel (CSP) se descartó en el 54% de los casos, pero se presentó el 20% combinado con amarillo y un 16% combinado con morado; la distribución del color secundario de piel (DCSP) en los

tubérculos se encontró como manchas salpicadas, como anteojos, manchas dispersas y en las cejas.

Los promedios y valores máximos de las siete variables cuantitativas mostradas en el Cuadro 5, señalan que existe un alto grado de variación en los 50 genotipos de papa criolla estudiados, ya que la característica más variable es el contenido de azúcares reductores con una desviación estándar de 17.22, otra caracterís-

Cuadro 5. Estadística descriptiva de las variables cuantitativas evaluadas a la muestra de *Solanum phureja*.

Variable	Valor mínimo	Valor máximo	Promedio	Desviación estándar
v1 Peso fresco (PF) g	7.6	44.49	24.04	9.97
v2 Diámetro longitudinal (DL) cm	2.01	10.98	2.9	1.74
v3 Diámetro ecuatorial 1 (DE 1) cm	1.53	4.07	2.92	0.58
v4 Diámetro ecuatorial 2 (DE2) cm	1.7	4.27	3.24	0.62
v15 Materia seca (MS) %	16.12	27.46	20.84	2.06
v16 Azúcares reductores (AR)	0.27	62.59	22.2	17.22
v17 Gravedad específica (GE)	1.05020	1.1047	1.077	0.0118

tica con una variación importante fue el peso fresco con 9.97. En contraste y la característica más estable fue la gravedad específica con un valor de desviación estándar de 0.0118.

Selección de genotipos para uso industrial

En el Cuadro 6, se presentan los genotipos seleccionados para la fabricación de encurtidos envasados, los cuales sobresalen por su color de piel: en un solo tono oscuro o combinado (rojo, rosado). El 57% de las accesiones posee color de piel distinto al amarillo o combinado con amarillo. El 43% restante son de color amarillo, que es la presentación tradicional de esta especie en el mercado. Con respecto al contenido de materia seca todos los genotipos sobresalientes para este tipo de presentación como producto procesado tienen materia seca

superior al 20%, lo cual asegura un mayor rendimiento durante el procesamiento.

En referencia a las accesiones destinadas a la fabricación de papa precocida, enlatada o congelada que puede ser utilizada en microondas, fritura o cocción completa, las colectas seleccionadas aparecen relacionadas en el Cuadro 7 y son de forma comprimida, redonda y de tamaño clase 3, estos tubérculos tienen una masa firme, menos harinosa y se abren menos que los tubérculos de mayor calibre. Además, presentan color principal de piel y pulpa amarillo. Según Porras (2000), en el momento actual este tipo de tubérculos de la especie *Solanum phureja* están siendo impulsados por Fedepapa (Federación Nacional de Productores de Papa) y Cevipapa (Centro Virtual de la Papa) para aumentar el consumo y comercialización del clon 1 seleccionado “Yema de Huevo”.

Cuadro 6. Genotipos aptos para el procesamiento de encurtidos en salmuera o vinagre.

GN	FG	PO	CPP	ICPP	CSP	DCSP*	CPC	%MS	GE
16	comprimido	superficial	amarillo	oscuro	-	-	amarillo	20.5	1.105
20	comprimido	superficial	amarillo	oscuro	-	-	amarillo	20.46	1.09
21	comprimido	media	amarillo	intermedio	-	-	crema	24.01	1.087
68	redondo	superficial	rojo	intermedio	amarillo	mch.dis.	blanco	20.54	1.081
79	redondo	media	rojo	oscuro	-	-	amarillo	22.32	1.087
80	comprimido	superficial	amarillo	pálido	rosado	mch.sal.	amarillo	24.85	1.084
81	comprimido	superficial	rojo	oscuro	-	-	crema	21.63	1.077

*: mch.sal : manchas salpicadas ; mch.dis. : manchas dispersas ; pf. Peso fresco.

Cuadro 7. Genotipos aptos para el procesamiento de productos precocidos enlatados o congelados.

GENT.	FG	PF (g)	PO	CPP	CPC	%MS	GE
16	comprimido	10.12	superficial	amarillo	amarillo	20.5	1.1047
20	comprimido	7.60	superficial	amarillo	amarillo	20.46	1.0899
21	comprimido	12.78	media	amarillo	crema	24.01	1.0869

El Cuadro 8 muestra la accesión 23, que fue seleccionada para el procesamiento de papa frita en hojuela ya que cumple con el requisito de un diámetro de 4.4 cm, bajo contenido de azúcares reductores y color amarillo en la carne del tubérculo.

Análisis de la variabilidad genética de la colección por parámetros de la industria

Las correlaciones presentadas en el Cuadro 9 muestran alta significancia entre los diámetros ecuatoriales y el peso fresco; entre la gravedad específica y la materia seca y una correlación inversa entre el contenido de azúcares reductores y la gravedad específica.

El valor del coeficiente de correlación entre el contenido de materia seca y la gravedad específica fue de 0.5401, con alta significancia para la muestra de la especie *Solanum phureja* estudiada, aunque las investigaciones de la especie *Tuberosum* hechas por Houghland (1966) revelaron un coeficiente de correlación entre la gravedad específica y la materia seca de +0.8083, siendo medidas estas dos variables en papas americanas. Así mismo Burton (1948), encontró un coeficiente de correlación entre las mismas variables de +0.937 en papas europeas. Según Houghland (1966) los tubérculos sembrados en América poseen altos contenidos de materia seca no almidonosa. Esta diferencia con los tubérculos europeos aumenta ligeramente la medida de la materia seca.

Como se encontraron correlaciones altamente significativas entre las variables estudiadas se realizó un análisis multivariado de componentes principales para conocer la relación que existe entre las mismas y como influye el conjunto de las variables en la clasificación de las accesiones (Pla, 1986).

El valor del coeficiente de correlación entre el contenido de materia seca y la gravedad específica fue de 0.5401, con alta significancia para la muestra de la especie *Solanum phureja* estudiada, aunque las investigaciones de la especie *Tuberosum* hechas por Houghland (1966) revelaron un coeficiente de correlación entre la gravedad específica y la materia seca de +0.8083, siendo medidas estas dos variables en papas americanas. Así mismo Burton (1948), encontró un coeficiente de correlación entre las mismas variables de +0.937 en papas europeas. Según Houghland (1966) los tubérculos sembrados en América poseen altos contenidos de materia seca no almidonosa. Esta diferencia con los tubérculos europeos aumenta ligeramente la medida de la materia seca.

Cuadro 8. Genotipo apto para el procesamiento de papa frita en hojuela.

GEN.	FG	PO	CPP	CSP	CPC	DL	DEC2	%MS	AR (mg/g pf)	GE
23	redonda	media	amarillo	rojo	amarillo	4.40 cm	4.21 cm	19.72	1.89	1.0815

Cuadro 9. Matriz de correlación de las variables cuantitativas evaluadas en la colección.

	PF	DL	DE1	DE2	MS	AZ	GE
PF	1.0						
DL	0.34135*	1.0					
DE1	0.7231**	-0.29615*	1.0				
DE2	0.7455**	-0.27346	0.9728**	1.0			
MS	-0.36303*	-0.21956	-0.20245	-0.24852	1.0		
AZ	0.09648	-0.02163	0.22580	0.24063	-0.26404	1.0	
GE	-0.27873*	-0.16225	-0.20053	-0.24477	0.5401**	-0.5793**	1.0

** Valor de correlación altamente significativo (0.0001).

* Valor de correlación significativo (0.05).

El Cuadro 10, presenta los siete componentes principales obtenidos al evaluar con siete variables cuantitativas las 50 accesiones de *Solanum phureja*. El principio de selección de los componentes principales se basa en tener en cuenta aquellos con valores característicos mayores a 1; es así como los 3 primeros componentes principales expresan el 85.2% de la variabilidad total de los genotipos estudiados.

Al analizar el Cuadro 11, se encuentra que el primer componente principal explica el 43.8% de la variabilidad total de la genotipos, y está compuesto por el diámetro ecuatorial 1 (DE1) y el diámetro ecuatorial 2 (DE2). Los

cuales poseen un coeficiente de correlación entre sí de +0.9728 altamente significativo. Estas variables dirigen el tamaño del tubérculo junto con el peso fresco (PF) (PF vs DE1 : +0.7231** y PF vs DE2 : +0.745***) y el diámetro longitudinal (DL) (DL vs DE 1 : -0.296). Estos diámetros definen la forma del tubérculo, donde el 66% de los genotipos son de forma general (redonda 28%, comprimida 22%, obovada 10%, elíptica 4% y oblongo un 4%) y un 34% de forma rara (concertinado 20%, fusiforme 8%, falcado 2% y reniforme 2%).

El segundo componente principal esta compuesto por el diámetro longitudinal y la gravedad específica,

Cuadro 10. Valores característicos y proporción de la varianza explicada por siete componentes principales en la evaluación de siete variables cuantitativas.

COMPONENTE	VALOR (*) CARACTERÍSTICO	DIFERENCIA	PROPORCION VARIANZA EXPLICADA	PROPORCION VARIANZA ACUMULADA
C.P.1	3.06688	1.38668	0.4381	0.4381
C.P.2	1.68020	0.46446	0.2400	0.6782
C.P.3	1.21574	0.58635	0.1737	0.8518
C.P.4	0.62939	0.30383	0.0899	0.9417
C.P.5	0.32556	0.26857	0.0465	0.9883
C.P.6	0.05699	0.03175	0.0081	0.9964
C.P.7	0.02524	.	0.0036	1.00000

*Se seleccionan los valores característicos P=1

Cuadro 11. Valores característicos de las 7 variables cuantitativas asociados a los 3 componentes principales en 50 accesiones de *Solanum phureja*.

VARIABLE	C.P.1	C.P.2	C.P.3
Peso fresco	0.467794	0.031791	0.479402
Diámetro longitudinal	-0.005327	-.513472	0.611665
Diámetro ecuatorial 1	0.495853	0.364364	0.007561
Diámetro ecuatorial 2	0.510035	0.330680	0.012083
Materia seca	-0.311107	0.416027	-0.041084
Azúcares reductores	0.266907	-0.307313	-0.556354
Gravedad Específica	-0.327274	0.475085	0.290892

expresando el 24% de la variabilidad genética de las accesiones. El diámetro longitudinal es una característica de la calidad externa del tubérculo referente a su tamaño y forma; Gómez (2000) reporta que el tamaño de los tubérculos depende de la variedad, el rendimiento en la cosecha y el número de tubérculos por metro cuadrado.

Es necesario tener en cuenta que las hojuelas preparadas con papa de baja gravedad específica (menor a 1.0777) tienden a absorber más grasa y disminuir su rendimiento, que las hojuelas preparadas con papas de alta gravedad específica (Lyman *et al*, 1961).

El tercer componente principal representa el 17.37% de la variabilidad, esta expresado por el diámetro longitudinal y el contenido de azúcares reductores.

Talburt *et al.* (1959) afirman que los tubérculos pequeños tienden a acumular mayor contenido de azúcares reductores que los tubérculos grandes. En las accesiones evaluadas el 44% de la población pertenece a la clase 2, el 38% a la clase 3 y solo el 8% a la clase 1 no se encuentran tubérculos clase 0.

Las variedades con baja gravedad específica tienden a acumular más azúcares que las variedades con altos valores de gravedad específica, esto se confirma al observar el

coeficiente de correlación entre la gravedad específica y el contenido de azúcares reductores siendo este de -0.5797** ($p < 0.001$); el cual muestra una relación inversa entre las dos variables, así que es posible encontrar genotipos en esta colección con valores altos de gravedad específica y bajos contenidos de azúcares reductores o lo contrario.

El dendograma de la Figura 1 relaciona las accesiones y permite visualizar la variabilidad de la colección por parámetros de calidad para la industria, al cortar a 2.747 unidades de distancia en el dendograma se detectan cuatro grupos constituidos de la siguiente manera :

Grupo 1. La característica principal de este grupo es la forma concertinada del tubérculo y la profundidad media de sus ojos. Los valores de: diámetro longitudinal: 4.06* cm; diámetro ecuatorial I: 2.91* cm ; diámetro ecuatorial II: 3.26* cm ; gravedad específica: 1.07514*; contenido de azúcares reductores 21.23* mg por g de peso fresco ; y la materia seca: 20.08*% (* promedios), (Cuadro 12).

Subgrupo 1a. Lo compone un solo genotipo, 1. Uva. Es una papa de color amarillo tanto en pulpa como en la piel; su contenido de materia seca fue bajo: 17.60%. así como su valor de la gravedad específica 1.0589, por el contrario el contenido de azúcares reductores es demasiado alto 17.65 mg por g de peso fresco (Cuadro 12).

Cuadro 12. Síntesis de los resultados de los grupos Cluster.

VAR	1*	2a	2b	2c	3a	3b	3c	3d*	4a	4b*	4c*
v1	26.97	21.73	24.79	29.58	27.96	27.09	13.04	10.69	21.75	22.92	21.47
v2	4.06	3.52	7.62	4.96	3.99	3.62	3.1	2.3	2.88	3.18	4.77
v3	2.91	2.88	2.13	3	3.22	3.23	2.54	2.47	3.14	3.48	3.34
v4	3.26	3.18	2.47	3.3	3.63	3.66	2.76	2.78	3.43	3.85	3.58
v5	.	2	.	4	2	2	4	1	1	1	.
v6	8	.	4	8
v7	5	3	3	1	3	3	3	3	5	5	7
v8	2	2	2	7	6	2	6	2	8	7	8
v9	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	3
v10	8	0	0	0	2	6	5	6	0	0	0
v11	6	0	0	0	5	4	6	4	0	0	0
v12	1	4	2	1	1	2	4	1	4	4	1
v13	3	3	3	2	0	3	7	0	5	5	2
v14	1	1	1	1	0	2	5	0	5	5	3
v15	20.08	21.01	20.21	21.99	20.33	19.5	23.12	27.46	20.79	21.86	21.33
v16	21.23	17.3	20.07	3.93	20.21	30.27	16.72	1.86	31.3	25.59	44.36
v17	1.075	1.078	1.075	1.098	1.076	1.071	1.082	1.084	1.077	1.063	1.081

* Grupos representados por un solo genotipo.

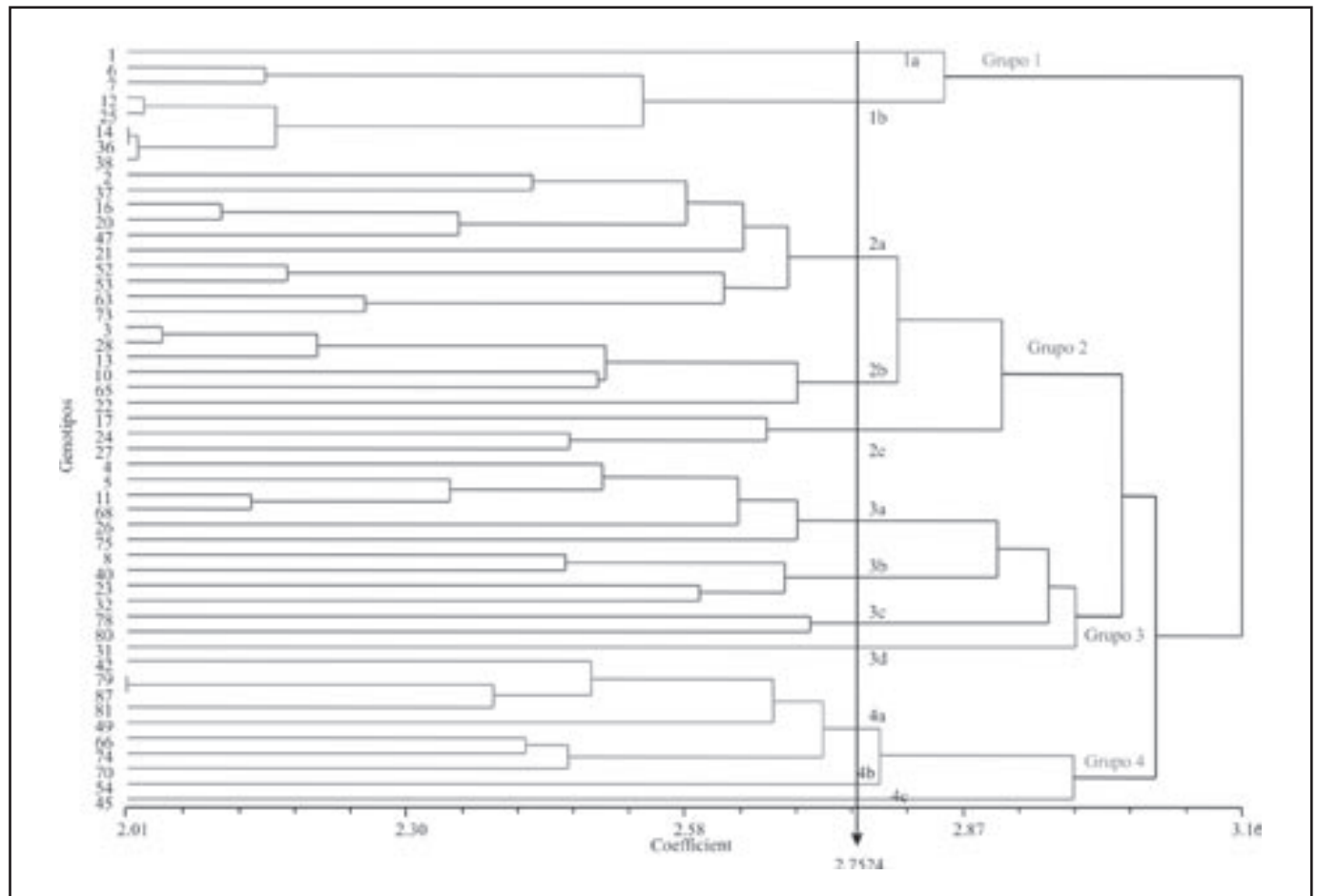


Figura 1. Dendrograma con 50 accesiones de *Solanum phureja*

Subgrupo 1b. Esta conformado por los genotipos: 6. Chaucha ratona, 7. Borrega blanca, 12. Borrega amarilla, 25. Borrega blanca, 14. Borrega blanca, 36.S.N. FDR 3, 38. S.N, Las características de estos tubérculos son un color secundario de su piel morado formando manchas salpicadas y la distribución del color secundario de carne es en forma de manchas dispersas de color blanco, crema o amarillo.

Grupo 2. Se caracteriza en que ninguno de sus genotipos tiene color secundario de piel, su materia seca es de 20.96% y la gravedad específica es 1.0803.

Subgrupo 2a. Esta constituido por: 2. Chaucha blanca, 37. S.N.FDR 34, 16. Yema de huevo, 20. Yema de huevo, 47. Chaucha carilla, 21. Algodona, 52 S.N., 53. S.N., 63. Pepina amarilla, 73. Las similitudes de este grupo consisten en que los tubérculos son de forma general: obovado (2), oblongo (37), comprimido (16, 20 y 21), oblongo - alargado (47), redondo (52, 53 y 73) y elíptico (63); poseen profundidad media de ojos con un color de piel amarillo o rosado (53 y 52), su color de pulpa puede ser amarillo o crema. Su mínimo porcentaje de materia seca es 18.87%.

Subgrupo 2b. En este grupo se encuentran los genotipos: 3. Borrega amarilla, 28. Chaucha botella amarilla, 13. Chaucha ratona, 10. Borrega amarilla, 65. Chaucha ratona, 22. Borrega. Se caracterizan en que sus tubérculos tienen forma rara: fusiforme (3, 28, 13 y 65), falcada (10) y reniforme (22); la profundidad de sus ojos es superficial, su color de piel es amarillo claro y el color de pulpa es crema o amarillo.

Subgrupo 2c. Esta conformado por los genotipos: 17. Ratona, 24. Ratona roja, 27. Ratona chiqueña. Sus tubérculos son de forma general obovada y elíptica con ojos superficiales y sobresalientes, color de piel rojo - morado (24 y 27) o morado (17) y color de pulpa blanco. El máximo contenido de azúcares reductores que poseen fue 10.93 mg por g de peso fresco y un promedio del contenido de materia seca de 21.99% y gravedad específica de 1.09797.

Grupo 3, subgrupo 3a. En este grupo se encuentran los genotipos: 4. Chaucha colorada, 5. Mambera, 11. Mambera, 68. Careta, 26. Uva, 75. Criolla negra. Entre las características comunes que presentan es la forma general del tubérculo redonda aunque el genotipo 26 tiene forma obovada y el genotipo 75 tiene forma rara concertinada, con una profundidad de ojos en su mayoría superficiales y con un color principal de piel el cual puede ser rojo (4, 5, 11, 68 y 75) y rosado (26) y un color secundario de piel amarillo con la forma de anteojos, manchas salpicadas o en los ojos. Son tubérculos de clase 2 por su tamaño, ya que los valores de los diámetros están entre: Peso fresco: 27.96* g, diámetro longitudinal 3.99*cm, diámetro ecuatorial I: 3.22*cm, diámetro ecuatorial II. 3.63* cm.

Grupo 3, subgrupo 3b. Esta conformado por: 8. Chaucha mambera, 40. Soliman, 23. Naranjilla, 32. Algodona.

Estos genotipos se caracterizan por tener forma general redonda con un color principal de piel amarillo y color secundario de piel rojo (8 Y 23), rosado(40) Y morado (32) en forma de manchas salpicadas o dispersas y como anteojos, con una profundidad de ojos superficial y media un color de pulpa entre blanco y amarillo. Su porcentaje promedio de materia seca es 19.5%.

Grupo 3, subgrupo 3c. Solo 2 genotipos lo forman: 78. Chaucha negra y 80 S.N. Tienen forma de tubérculo general obovada y comprimida, sus ojos tienen una profundidad media. La intensidad de su color principal es pálido (78 rojo - 80 amarillo) y el amarillo es su color principal de carne. Son tubérculos pequeños con un diámetro longitudinal de 2.43cm a 3.76cm, diámetro ecuatorial I. De 2.5 cm, y un diámetro ecuatorial II. entre 2.6 y 2.9. Su gravedad específica es de 1.08 y la materia seca está entre 21.4% y 24.9%.

Grupo 3, subgrupo 3d. Esta conformado por un solo genotipo. 31. Chaucha morada, posee las siguientes características: forma general comprimida con una profundidad de ojos media, su color principal de piel es amarillo oscuro y su color secundario de piel es rojo en forma de manchas dispersas, con un color de pulpa blanco. El valor de gravedad específica es 1.0842, materia seca 27.46% y el contenido de azúcares reductores es de 1.86 mg por g de peso fresco. Su tamaño es de clase 3, por que su diámetro longitudinal es 2.3 cm, el diámetro ecuatorial I. 2.47, y su diámetro ecuatorial II. es 2.78 cm.

Grupo 4, subgrupo 4a. Está compuesto por: 42. Criolla rosada, 79. Chaucha ojona, 87. Turma de perro, 81. Chaucha colorada redonda, 49. Chaucha negra, 66. Chaucha, 74. S.N y 70. S.N. Se destacan por ser tubérculos de forma general comprimidos y redondos con ojos de profundidad media y superficial, su color principal de piel se encuentra entre rojo (42, 79, 87, 81) y morado (49, 66, 74, 70), y algunas variedades tienen color secundario de piel amarillo oscuro (42, 49 y 74) distribuidos en forma de manchas dispersas o como un anillo vascular angosto y su color principal de carne es amarillo (42, 79, 87 y 66), crema (81 y 49), y blanco (74 y 70).

El diámetro longitudinal: 2.88* cm, diámetro ecuatorial I: 3.14* cm, y el diámetro ecuatorial II: 3.55* cm. La gravedad específica tiene un valor de 1.0767* con una materia seca de 20.79%.

Grupo 4, subgrupo 4b. Lo conforma un solo genotipo: 54. S.N. Es un tubérculo de forma comprimida de clase 2 ya que su peso fresco es de 22.92 g y su diámetro longitudinal es de 3.48 cm, tiene una profundidad de ojos media con un color de piel rojo - morado y de pulpa amarillo. Posee el contenido de azúcares reductores más alto en la muestra (62.59 mg por g de peso fresco), con un contenido de materia seca de 21.86%. Su diámetro ecuatorial I es 3.48 cm y un diámetro ecuatorial II es 3.85 cm.

Grupo 4, subgrupo 4c. Constituido por un genotipo, el 45. Chaucha, es un tubérculo de clase 2 de forma rara

concertinada con ojos profundos, el color de su piel es morado, el color de su carne es blanco crema. Su diámetro longitudinal es de 4.77 cm, el diámetro ecuatorial I. 3.34 cm, y su diámetro ecuatorial II. 3.58 cm. Con una gravedad específica de 1.0814 y un porcentaje de materia seca del 21.3%.

El grupo 1 sobresale por estar formado por genotipos de peso fresco alto (36 y 38 g) con forma concertinada. El grupo 2a esta representado por accesiones con buenas características industriales, ya que su color principal del de piel es amarillo, son de forma redonda y tamaño entre clase 2 y 3 ; los genotipos 20 y 21 tienen un contenido de azúcares reductores bastante bajo (1.92 y 1.66 mg por g de peso fresco), mientras que los genotipos 37, 16, 20 y 21 poseen los más altos valores de gravedad específica. El grupo 2b se distingue por estar compuesto de los tubérculos con mayor diámetros longitudinal 3, 13, 10, 65 y 22, aunque con formas raras, no utilizadas en las industria por la generación de pérdidas de materia prima.

El grupo 3a tiene los diámetros ecuatoriales 2 de mayor de mayor valor (4, 5, 11 y 68). Son tubérculos de forma redonda y algunos de baja gravedad específica (4, 68 y 26), están exentos de antocianinas. El grupo 3b posee tubérculos con valores en peso fresco y diámetro ecuatorial altos. El grupo 3c solo cumple con un requisito de la industria procesadora de papa, una gravedad específica superior a 1.080. El grupo 3d está constituido por el genotipo 31 que se destaca por sus óptimas características industriales para productos fritos , pero su peso fresco es de 10.69 g.

El grupo 4a supera (20.79%) el porcentaje de materia seca requerido por la industria que es como mínimo el 18%. El grupo 4b, formado por el genotipo 54 posee los valores más altos en los diámetros ecuatoriales pero su contenido de azúcares reductores y la gravedad específica lo hacen no apto para el procesamiento. El grupo 4c , se destaca por sus valores de materia seca (21.33%) y gravedad específica (1.081 g/l), aptos para la industria pero tiene forma concertinada.

En la Colección Central Colombiana de la especie *Solanum phureja* existe variabilidad genética que abre las puertas a múltiples ofertas al mercado por su inmensa variedad en formas, tamaños y colores del tubérculo tanto en piel como en carne.

Los tubérculos de los genotipos 16, 20, 21, 68, 79, 80 y 81 cumplen con los parámetros requeridos por la industria para el procesamiento encurtidos en salmuera o vinagre, según las características expresadas en el Cuadro 3 ; a sí mismo los genotipos 16, 20 y 21 sirven también para la fabricación de productos precocidos enlatados o congelados empacados al vacío de acuerdo a variables relacionadas en el mismo cuadro. Pero es necesario realizar otras pruebas fisicoquímicas y organolépticas en el producto final para verificar el comportamiento de sus características industriales y promover su uso por parte de los productores.

La accesión 23 cumple con la mayoría de los requisitos para el procesamiento de papa frita en hojuelas, siendo determinante los altos valores de los diámetros longitudinal y ecuatorial 2 para su selección.

B I B L I O G R A F I A

- BONILLA, D y MARTIN, G. 1997. Identificación y análisis de la variabilidad morfológica de 59 cultivares de papa criolla (*Solanum Phureja Juz et Buk*) de la Colección Central Colombiana, Santafé de Bogotá, Trabajo de grado (Biólogo) : Universidad Distrital Francisco José de Caldas. P. 25 - 80.
- BURTON, W. 1948. The potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value and storage. Chapman and Hall Ltda. London. P. 319-321.
- CARDONA, J. 2000. Variación genética de *Solanum phureja Juz et Buk* por respuesta a requerimientos industriales. Anteproyecto para Postgrado en Fito-mejoramiento. Corpoica. 27p.
- ESTRADA, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP - IPGRI - PRACPA - IBTA - PROINPA - COSUDE - CID. Editorial del Centro de información para el desarrollo. La Paz, Bolivia. 372 p.
- GOMEZ, C.; BUITRAGO, C.; CANTE, M. y HUERTAS, B. 1999. Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum*) utilizada para consumo fresco y para la industria. EN: Revista Comalfi, Vol. 26, No. 1 -3, P 42 - 55.
- GOMEZ, L y RAMIREZ, J. 1999. Manejo, procesamiento y comercialización de papa. Serie de paquetes de capacitación sobre el manejo post cosecha de frutas, hortalizas, raíces y tubérculos. Número 25. Convenio Sena - Reino Unido. Armenia, Quindío. Editorial UNESCO. P. 3 - 72.
- GUERRA, P. 1989. Análisis de algunos caracteres químicos y tecnológicos relacionados con la calidad de la papa (*Solanum tuberosum*, L). (INCA) Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de Colombia. Diciembre. 25p.
- GUTIERREZ, M. 1994. Métodos avanzados en fisiología vegetal experimental. Colegio de Postgrados en ciencias agrícolas, Instituto de Recursos Naturales. Programa de Botánica. Texaca, México. P. 29 - 41.
- HARRIS, P. 1992. The potato crop. The scientific basis for improvement. Second edición. Chapman and Hall. London. P. 506 - 557.
- HERNANDEZ, E. 1989. Herencia de los factores de calidad para procesamiento de papas autotetraploides. Tesis Magister scientiae : Universidad Nacional La Molina, Escuela de post grado. Lima, Perú. P. 6-27.
- HERRERA, C. 2000. Manejo integrado del cultivo de la papa. Manual técnico. Corpoica, Regional uno. 196 p.
- HOUGLAND, G. 1966 New conversion table for specific gravity dry matter and starch in potatoes. EN : American Potato Journal. Vol 43. P 138.

- HUAMAN, Z. 1994. Descriptores de papa para la caracterización básica de colecciones nacionales. Lima : CIP. 11p.
- JAIMES, M y VELASQUEZ, M. 1996. Proceso industrial de la papa “criolla” yema de huevo (*Solanum phureja*). EN : Papas colombianas. Fedepapa. P. 87 -88.
- ICA, Resolución 0400 del 30 de Diciembre de 1997
- IICA, 1999. Acuerdo de competitividad de la cadena agroalimentaria de la papa. Bogotá. 108 p.
- LYMAN, S Y MACKKEY, A. 1961. Effect of specific gravity, storag, and conditioning on potato chip color. EN : American Potato. Vol. 38. P. 51 - 57.
- MORENO, J. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. EN : Papas colombianas. Fedepapa. P. 44 - 47.
- PLA, L. 1986. Análisis multivariado : método de componentes principales. Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos. Programa de Desarrollo Científico y tecnológico. Washington D.C. 94 p.
- PINEDA, R. 1996. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de papa en Colombia. EN : Papas colombianas. Fedepapa. P. 70 -77.
- PORRAS, P. 2000. Guía para papa criolla. Clon 1. EN : Papas colombianas. Fedepapa. P. 65-66.
- RHOLF, F. 1994. NTSYS. Versión 1.80. Manual de usuario. Applied Biostatistics. Inc. 120p.
- SAS. - STAT. 1996. Guide Release 6.10. Edition SAS, Institute. Inc. Cary N.C. USA. 102p.
- TALBURT, W y SMITH, O. 1959. Potato processing. The Avi publishind company, inc. Wesport, Connecticut. 475 p.