

EVALUACION PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA 21 CLONES DE PAPA  
PROVENIENTES DE HIBRIDACION INTER ESPECIFICA

ORLANDO BARON MENDEZ  
JUAN CARLOS VARGAS BERMUDEZ

20290

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
BOGOTA D.C., 2002

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA 21 CLONES DE PAPA  
PROVENIENTES DE HIBRIDACIÓN INTER ESPECIFICA**

**ORLANDO BARÓN MÉNDEZ  
JUAN CARLOS VARGAS BERMÚDEZ**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
BOGOTÁ., D.C.**

**2002**

BIBLIOTECA AGRONÓMICA  
DE COLOMBIA

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA 21 CLONES DE PAPA  
PROVENIENTES DE HIBRIDACIÓN INTER ESPECIFICA**

**ORLANDO BARÓN MÉNDEZ**

**JUAN CARLOS VARGAS BERMÚDEZ**

Trabajo de grado presentado como  
Requisito para optar al título de  
INGENIERO AGRÓNOMO

**DIRECTOR:** Luis E. Rodríguez B. M.Sc.

**CODIRECTOR:** Carlos E. Núñez López. I.A. M.Sc.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**BOGOTÁ., D.C.**

**2002**

“Este trabajo hace parte de las investigaciones realizadas por la facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de Colombia -Sede Bogotá-. Sin embargo, las ideas emitidas por los autores son de exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente opiniones de la Universidad” (Artículo 14 de la resolución N<sup>o</sup> 00047 de 1991).

**Nota de aceptación :**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**EVALUACIÓN PRELIMINAR DE RENDIMIENTO PARA 21 CLONES DE PAPA  
PROVENIENTES DE HIBRIDACIÓN INTER ESPECIFICA**

**PRELIMINARY YIELD EVALUATION FOR 21 POTATO CLONES DEVELOPED  
FROM INTER-SPECIFIC HYBRIDIZATION**

**Orlando Barón M.<sup>1</sup>, Juan Carlos Vargas B.<sup>1</sup>, Luis E. Rodríguez M.<sup>2</sup> y Carlos E. Núñez L.<sup>2</sup>**

**RESUMEN**

Se evaluó el comportamiento de 21 clones provenientes de hibridación interespecífica simple entre las especies *Solanum phureja*, *Solanum goniocalyx* y *Solanum tuberosum spp. andigena*, bajo condiciones de la Estación Experimental ICA-San Jorge, ubicada en el municipio de Soacha (Cundinamarca) a 3.100 m.s.n.m., latitud 4.42° Norte, longitud 74.13° Occidente, se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), las variables evaluadas fueron rendimiento de tubérculo, calidad del tubérculo (gravedad específica, materia seca, número de ojos “yemas” y crecimiento del brote), adicionalmente se estimó la ploidía mediante el conteo de número de cloroplastos por estoma.

Se encontraron diferencias en el rendimiento del tubérculo y variación en relación con el contenido de materia seca; definiendo estas características el uso potencial de los materiales para diferentes

---

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

<sup>2</sup> Profesor Asociado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C.

procesos de industria. Se seleccionaron 14 clones, de los cuales siete son superiores al testigo, variedad Yema de Huevo "Clon 1".

Se presentaron clones promisorios para la variable longitud de brotes debido al menor crecimiento de brotes, característica de gran interés por aumentar su período en poscosecha, factor que en la variedad actual Yema de Huevo "Clon 1", no existe.

De acuerdo al número de cloroplastos por estoma, se encontraron genotipos diploides, triploides, en otros materiales no se pudo determinar la ploidía por presentar valores promedio y moda intermedios a los recomendados en la literatura.

**Palabras claves.**

Fitomejoramiento, rendimiento de tubérculo, gravedad específica, materia seca, ploidía, *Solanum phureja*, *Juz et Buk*.

**SUMMARY**

The behavior of 21 clones, developed from simple interspecific hybridization of the species *Solanum phureja*, *Solanum goniocalyx* and *Solanum tuberosum* spp. *Andigena*, was evaluated under environmental conditions of the experimental station "ICA-San Jorge", located in the municipality of Soacha (Cundinamarca, Colombia) at 3,100m above sea level, at latitude 4,42° N and longitude 74,13° W. A complete randomized design was used, tuber yield and quality (specific gravity, dry matter, number of sprouts and sprout growth) were measured by variables, and clone ploidy estimated by counting the number of chloroplasts per stoma.

Statistical differences in tuber yield were found and variability related to the dry matter content was used to establish the potential use of the clones for different industrial processes. Fourteen clones were chosen, seven of which were better than the control material ("Clon 1" Yema de huevo).

Promising clones were selected because of their reduced sprout growth, which is of great interest for processing industry, because of the longer postharvest period that it represents, a condition which does not exist in the control clone ("Clon 1" Yema de huevo).

According to the number of chloroplasts per stoma, diploid and triploid genotypes were found, as well as others, where the type of ploidy could not be established because they presented medium mode and mean values.

**Key words.**

Plant genetic improvement, tuber yield, specific gravity, dry matter, ploidy, *Solanum phureja*, *Juz et Buk*.

## INTRODUCCIÓN

La especie *Solanum phureja* se distribuye por los Andes suramericanos desde el noroccidente de Venezuela hasta el norte Boliviano, por una franja larga y estrecha, comprendida entre las latitudes 10° Norte y 16° Sur, en la cual existe una gran diversidad de genotipos (2n:24) (CIP, 2001).

Otra especie diploide cultivada de origen silvestre es *Solanum goniocalix* ( $2n=2x=24$ ) “Amarilla Tumbay”, originaria de la región central montañosa del Perú, cultivada entre los 3000-4000 m.s.n.m., en las latitudes 16-17<sup>o</sup> sur en los países Bolivia y Perú. Período vegetativo semilargo (150-180 días) producción superior a 15 ton/ha cuando es cultivada por encima de los 3700 m.s.n.m. en la región central y sur del Perú, contenido de materia seca entre 32-34 % (Gutiérrez y Medina, 2000).

La papa criolla (*Solanum phureja*, Juz et Buk) es una especie cultivada diploide ( $2n=2x=24$ ), Hawkes (1990) considera que la especie *Solanum stenotomum* da origen a *Solanum phureja*, la cual no es más que una subespecie de esta, que evoluciono como resultado de las condiciones agrícolas de los valles orientales más calurosos de Perú y Bolivia. Pero en la actualidad existen discrepancias sobre esta tesis ya que se cree originaria por mutación y selección, debido a que *Solanum stenotomum* no se encuentra en Ecuador, Colombia y Venezuela en dónde *Solanum phureja* si se desarrolla normalmente.

En Colombia, el cultivo de la papa “criolla”, se ubica principalmente en los departamentos de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia, con un área aproximada de 25.000 ha, se utiliza entre 6 y 9 cargas de semilla por hectárea que equivale en promedio a unos 900 Kg., que generan un rendimiento promedio entre 12 y 15 ton/ha, rango de variación generado por el tipo de semilla utilizada que en la mayoría de los casos es una mezcla de varios clones (por lo menos ocho genotipos), y el sistema de producción del agricultor (Porras, 2000).

Se cultiva en altitudes que van desde los 2.000 a los 3.700 m.s.n.m. Por su sistema radicular frondoso y débil es sensible a la falta de agua y ultrasensible al exceso. La deficiencia hídrica

reduce el crecimiento del follaje y puede disminuir el porcentaje de materia seca de los tubérculos, debido al cierre estomático y la consiguiente disminución de la tasa fotosintética al restringirse el paso de CO<sub>2</sub>. Un suelo con un déficit de agua en la etapa de formación y llenado del tubérculo afecta drásticamente el rendimiento; por el contrario, los tubérculos provenientes de un suelo saturado de agua tienen un bajo porcentaje de materia seca (Monroy y Reynales, 2001). Se desarrolla bien en suelos de textura liviana, suelta (Franco-arenosa), y profundos, con buen contenido de materia orgánica y pH entre 5.0 y 7.5 (Lujan, 2000).

La especie es de porte bajo con tallos delgados ramificados de color verde claro, sus foliolos primarios son pequeños verde claros y rugosos, posee flores abundantes de color lila y/o blanco con fructificación mediana. Presenta un período vegetativo corto (cuatro meses), por lo que su tuberización es temprana; el tubérculo presenta un tamaño pequeño de forma redonda con ojos de profundidad media y en la mayoría de los casos su piel es incolora y la pulpa amarilla. Es medianamente resistente a *Phytophthora infestans* (Alape y Ramos, 2001).

La papa criolla se constituye en un recurso genético de vital importancia para el país y se caracteriza por presentar altos valores nutricionales, altos contenidos de materia seca, color amarillo característico, agradable sabor y textura, fácil preparación, buena aceptación en el mercado y un alto potencial de exportación como producto exótico procesado con destino a Estados Unidos, la Unión Europea y Japón. Un programa de exportación de papa amarilla procesada beneficiaría directamente a los pequeños agricultores de los Andes, generando un mercado para sus excedentes de producción al diversificar sus destinos (Rivera, 2002).

Las papas amarillas como alimento contienen el doble de fósforo que las papas de año, mayor cantidad promedio de proteínas, compuesta por globulinas en 60 a 70 % y glutelinas en 20 a 40%; entre las enzimas que se encuentran se pueden enumerar amilasa, fosforilasa, catalasa entre otras y el contenido de fibra también es el doble. El contenido de grasa es bajo y los ácidos grasos que lo componen son: linoléico, palmico, linolénico, oleico, estearico y mirístico (Gutiérrez y Medina 2000). Desde el punto vista nutricional la papa criolla es importante como fuente de energía, de ácido ascórbico, de vitaminas A y B, y alto valor de proteína, calcio, hierro y fibra (Gómez y Ramírez 2000). Fano *et al.* (1998), sostiene que su consumo en forma fresca es altamente valorada por los habitantes de Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, convirtiéndolo en un cultivo de alto valor en el mercado.

Colombia es el primer productor de papa criolla en Latinoamérica, con un buen mercado interno en los Departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y Cundinamarca, resultado de esta tendencia es el incremento en el procesamiento industrial del tubérculo como papas fritas y conservas, empezando de esta manera a incursionar en los mercados extranjeros, con presentaciones enlatadas y en vidrio (Pino, 1995 y Corabastos, 1996).

A diferencia de las papas de año las variedades cultivadas de *Solanum phureja* no presentan período de reposo. En este estado, no ocurre ningún crecimiento observado de los ojos (yema), ni siquiera cuando los tubérculos son puestos bajo condiciones ideales para su crecimiento (FEDEPAPA, 1987).

El tubérculo de papa durante su desarrollo fisiológico presenta cuatro estados: el de reposo, dominancia apical, brotamiento múltiple y senectud cambiando de fisiológicamente joven a vieja.

El estado de dominancia apical comienza cuando la yema apical empieza a brotar, las yemas en los ojos del tubérculo empiezan a crecer y a formar brotes. Los tubérculos semilla con dominancia apical al ser sembrados, dan lugar a plantas con un solo tallo, lo que genera bajos rendimientos. La duración de la dominancia apical puede ser afectada por el manejo del almacenamiento y el desbrotamiento (FEDEPAPA, 1987).

El estado de brotamiento múltiple se diferencia del de dominancia apical por el desarrollo de brotes adicionales (El tubérculo semilla es fisiológicamente joven). Este es el estado óptimo para sembrar, ya que da plantas con buenos tallos. El desarrollo de los ojos (yema) puede verse afectado por factores como temperatura, humedad relativa, luz, variedad, edad fisiológica de la semilla y tamaño del tubérculo (FEDEPAPA, 1987).

En el estado de senectud, los tubérculos semilla se caracterizan por presentar excesiva ramificación de los brotes, producción de brotes largos y débiles, producción de papas diminutas directamente en los brotes, ya sea antes de la siembra o durante la emergencia. En este estado los tubérculos semilla ya no producen plantas productivas (Wierserma, 1978).

Actualmente la producción de la papa criolla está enfocada hacia el mercado en fresco, plazas mayoristas, comercializadoras, supermercados de cadena, tiendas de barrio, hoteles, restaurantes y puestos de fritanga, los cuales definen sus estándares de calidad para el tubérculo; se debe tener en cuenta que la mayoría de la producción que se comercializa es consumida en el menor tiempo posible debido principalmente, al poco o nulo período de reposo, la estacionalidad en la producción y la incipiente industria transformadora del tubérculo (FEDEPAPA, 1995).

Recientemente la industria ha tomado un nuevo enfoque, basada en la búsqueda de nuevos mercados con nuevos productos, encontrando de esta manera una ventaja comparativa en la papa criolla, enfocando la producción actual hacia el sector industrial, principalmente prefritos y enlatados. De esta forma los estándares de calidad se han unificado e intensificado la selección y clasificación hacia factores que influyen en la capacidad de elaboración de un producto y en la economía del mismo, es así como estos influyen en la calidad tanto externa como interna del producto (Rivera, 2002).

Las tendencias en tecnología y empleo se concentran en productos deshidratados, incluyendo harina de papa, hojuelas, gránulos y conglomerados, tajadas secas y otros productos congelados especialmente de papas pequeñas y sus pedazos. También se han difundido productos variados como papas peladas, almidón, alcohol y papas precocidas (Estrada, 2000).

Estos usos industriales se ven influenciados directamente por el rendimiento y la calidad, características que dependen principalmente del tipo de suelo y el clima. Aunque durante el periodo vegetativo del cultivo la producción y la calidad resultan de la interacción entre la planta y los factores agroecológicos existentes, se destacan los relacionados con la luz como el fotoperíodo o duración del día, la intensidad y la calidad de la luz, además la disponibilidad de CO<sub>2</sub> y su efecto en el contenido de clorofila, la temperatura, las heladas, la disponibilidad del agua, el tipo de suelo los cuales varían en textura, poder de retención de agua, grado de aireación, pH y cantidad y proporción de nutrientes o sustancias tóxicas presentes y finalmente la translocación de azúcares y otros compuestos orgánicos producidos en la fotosíntesis (Burton, 1966; Smith, 1968; Harrys, 1978 y Beukema y Van der Zaag, 1978).

En cuanto la calidad externa del producto se debe tener en cuenta la variedad que determina características como: color de la piel y carne, forma y tamaño del tubérculo, profundidad y número de ojos, longitud de brotes, gravedad específica y rendimiento. El segundo factor que influye en la calidad externa del producto, son las características determinadas por las condiciones ambientales como: verdeamiento del tubérculo, tubérculos deformados, deterioro, agujeros, corazón duro y pudriciones (Andrade, 2002).

Otro factor importante en la calidad externa, es la clasificación de tubérculos en función del producto a elaborar. Moreno (2000) y Rivera (2002), recomiendan para hojuelas (chips), papas redondas con 40 y 50 mm de diámetro, para papas a la francesa (palitos o bastones) formas oblongas alargadas mayores de 55 mm de largo. Se presume que estos requisitos pueden variar un poco en la elaboración de estos productos con papa criolla, por ser más pequeña.

Gómez y Ramírez (2000) señalan que, para la papa criolla precocida y congelada se deben utilizar tubérculos de 2.5 a 4.5 cm de diámetro. A nivel de encurtidos o conservas, se requieren diámetros promedios de 2.5 cm y tubérculos de formas redondas a comprimidas (Rivera, 2002). Por su parte Fano *et al.* (1998), sostiene que la papa amarilla del Perú que se exporta en forma precocida y congelada, con la cual se abrió el mercado de la papa criolla procesada en Estados Unidos y Alemania, debe presentar un estándar de 4 a 7 cm de diámetro, conteniendo una bolsa de 7 a 9 papas que se embalan en cajas de 4 unidades.

Estrada (2000), afirma que, la calidad interna involucra consistencia, textura, harinosidad, ausencia de ennegrecimiento en la forma cruda o cocida y buen sabor. La calidad interna del producto esta determinada por la composición química del tubérculo siendo los contenidos de

azúcares reductores, materia seca, almidón, celulosa y pectina, los compuestos nitrogenados y los glicoalcaloides los que más influyen.

La gravedad específica se utiliza para determinar el contenido de materia seca (establece el rendimiento del producto terminado) y almidón en los tubérculos mediante tablas de conversión (Shaw y Both, 1984); el método de peso en aire y peso en agua es el más usado para determinarla y es uno de los más aceptados mundialmente, además del uso del hidrómetro calibrado específicamente para papa (Gould, 1999 y Rivera, 2002).

Un método cualitativo, sencillo y económico, consiste en introducir las papas en una solución de agua con sal (450 g de sal en un galón de agua-3.75 l); las que se hunden son las más aptas para elaborar papas fritas o a la francesa y las que flotan se pueden utilizar para enlatar (Estrada, 2000); las variedades que tienen una gravedad específica baja en general tienden a acumular más azúcares que variedades de alta gravedad específica (Talbert y Smith, 1975). Por cada incremento de 0.005 en la gravedad específica se produce un aumento del 1% en el rendimiento de hojuelas o chips (Andrade, 2002).

Según Gould (1999), la gravedad específica tiene gran influencia en la textura de la papa cruda y en los productos hechos a base de ella; también se asocia con harinosidad y cocción, horneado, hervido y freído de las papas, por estas razones, la gravedad específica es considerada un excelente indicador de la calidad del producto final.

Algunos de los factores ambientales que pueden causar estrés en el cultivo y por consiguiente en la gravedad específica son: intensidad de la luz, horas-día, clima, época de siembra, temperatura del aire, viento, humedad relativa, precipitación, temperatura y tipo de suelo, densidad de siembra,

variedad sembrada, calidad de la semilla, nutrición mineral y prácticas de fertilización (Gould, 1999).

No hay un valor constante de materia seca para una variedad, ya que hay variación entre años, localidades, tipos de suelo, humedad de suelo y otras condiciones de crecimiento, incluso los tubérculos de la misma planta varían en el total de sólidos (Hernández, 1989). Sin embargo Moreno (2000) determinó que la materia seca representa entre el 20 - 21% del peso total del tubérculo, valor que oscila para las papas criollas de la Colección Central de Colombia-CCC de la especie *S. phureja*, entre el 16 y el 27.26% (Rivera, 2002). En la mayoría de los casos, la materia seca determina el rendimiento del producto terminado, pues a mayor contenido de esta, menor será el agua que se necesita evaporar y en el caso de fabricación de hojuelas, se disminuye la retención de aceite en la fritura con lo que se reducen los costos de procesamiento (Moreno, 2000).

Las exigencias en la industria hacen que el contenido de materia seca sea específica para cada proceso. Así, mientras Moreno (2000) indica que para la industria de papas fritas se requieren contenidos de materia seca hasta del 25%, Gould (1999), Estrada (2000) y Rivera (2002), afirman, que para enlatar papa criolla la materia seca debe ser inferior al 18.10% (G.E. 1.070) o tener idealmente 1.060 de gravedad específica (16.84% de M.S).

Rubiano y Reina (2002), llegaron a la conclusión que la mejor papa criolla para hacerla empacada al vacío y refrigerada, es la que supera un 25% de materia seca. Rivera (2002) sostienen que este mismo nivel es el ideal para hacer el almidón de papa.

Todos estos estándares de calidad externa e interna en el tubérculo son los que se deben tener en cuenta para la selección de los materiales de uso industrial, en el futuro este procedimiento de selección continuará, debido a la gran cantidad de recursos genéticos que se poseen y con la ventaja, que este germoplasma se puede incorporar en cultivares mediante cruzamientos o manipulaciones genéticas. Los métodos modernos de mejoramiento tienen un gran potencial, entre estos tenemos los mutantes somaclonales, fusiones-protoplásmicas completas, fusiones asimétricas de cromosomas y edición de genes para crear plantas transgénicas mediante la tecnología del ADN recombinante; en donde el resultado será la obtención de materiales promisorios los cuales presentaran caracteres de heredabilidad específicos, como un mayor rendimiento, resistencia a los factores adversos abióticos y bióticos, mejores estándares de calidad y un determinado nivel de ploidía; parámetros que definirán de manera intrínseca y extrínseca al material (Estrada, 2000).

Según Rosas (1998), para la determinación de el nivel de ploidía existen diferentes métodos siendo los más importantes la observación de cariotipos (Tinción del polen, conteo de cromosomas en raíz, conteo de cromosomas en tejido de corola), y la utilización de caracteres morfológicos (Número y longitud de estomas y el número de cloroplastos por estoma). El método, número de cloroplastos por estoma, es el más acertado al presentar una alta correlación con los resultados obtenidos por el método del cariotipo además de ser rápido y menos costoso (Martínez, 2001).

La importancia de los cloroplastos en el nivel de ploidía radica en que estos organelos son exclusivos de las plantas y en su estructura poseen ADN, al igual que el núcleo y las mitocondrias; además en la ATP-sintasa existe un total de 9 polipéptidos algunos de los cuales son codificados por el ADN del cloroplasto (Salisbury, 1999).

Los estomas típicos de las dicotiledóneas constan de dos células oclusivas con forma de riñón; estas son las que poseen los cloroplastos. Algunos anatomistas insisten que el término estoma hace referencia solo a la apertura que hay entre las células guarda o células opresivas, pero otros (Esau, 1965 y Mauseth, 1988) aplican el término aparato estomático que implican las células oclusivas.

Por lo común cada milímetro cuadrado de superficie foliar tiene unos cien estomas, aunque el número puede ser 10 veces mayor, y se ha informado un máximo de 2230 (Howard, 1969) estudios recientes (Salisbury, 1999) sugiere que las densidades estomáticas son sensibles a la concentración de CO<sub>2</sub> ya que hay menos estomas por unidad de área cuando se incrementa el CO<sub>2</sub>.

Los cloroplastos se presentan en casi todos los miembros del reino *Plantae* y ciertas algas, o miembros semejantes a estas, del reino Protista. Este es un organelo que se encuentra en el protoplasto de la célula, en donde existen dos clases de plastos: los cloroplastos, que contienen la clorofila y pigmentos asociados a ella y los cromoplastos, que tienen otros pigmentos. Algunos autores consideran cromoplastos a todos los plastidios con color, incluyendo los cloroplastos, estos presentan muchas formas y tamaños (Salisbury, 1999).

De acuerdo con Azcon-Bieto, (1996) y Salisbury, (1999) estos organelos surgen de diminutos protoplastidios (plastidios inmaduros pequeños y casi incoloros con pocas o ninguna membrana interna), que se dividen a medida que se desarrolla el embrión, y se forman los cloroplastos al desarrollarse tallos y hojas; sus dimensiones aproximadas son de 2 a 4 nm de espesor por 5 a 10 nm de diámetro (pueden contener gránulos de almidón). Los cloroplastos jóvenes también se dividen de manera activa, en especial cuando el órgano que los contienen se expone a la luz.

El objetivo de este trabajo fue determinar el potencial de rendimiento de tubérculo, parámetros de calidad y la ploidía por medio de conteo de cloroplastos por estoma, en 21 clones provenientes de hibridación inter específica simple.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se realizó el segundo semestre de 2000, en el lote Pinos de la estación experimental ICA-San Jorge, en el municipio de Soacha (Cundinamarca, Colombia), latitud 4.42° Norte, longitud 74.13° Occidente y altura 3.100 m.s.n.m. En un suelo franco-arenoso, con características agroecológicas adecuadas para el cultivo de papa. La temperatura promedio anual fue 11.6°C, la precipitación promedio para el ciclo de cultivo fue de 41mm/mes, la humedad relativa de 82% y brillo solar diario de 4.45 horas (Estación meteorológica San Jorge- IDEAM, localizada a 2.900 m.s.n.m).

El análisis de suelo de la localidad se presenta en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.** Análisis de suelo de la localidad de evaluación.

M.O %	CIC me/100gr	N %	P ppm	Ca me/100gr	Mg me/100gr	K me/100gr	Na0 me/100gr	Al me/100gr	Mn ppm	Fe ppm	Zn ppm	Cu ppm	pH
20.32	48.4	1.05	48	0.3	3.73	3.30	0.51	2.4	1.90	335	0.24	17.4	4.60

Los suelos del lote Los Pinos son derivados de cenizas volcánicas (andisoles) con alto contenido de materia orgánica de textura franco-arenosa, este suelo presenta pH bajo que no afecta el desarrollo del cultivo por su tolerancia a la acidez (Al > 2 meq); presenta contenido de fósforo medio poco disponible por fijación en compuestos organometálicos esto asociado a un sistema radical débil hace necesaria la alta fertilización fosfórica. La relación C/N muestra que el N se

encuentra disponible para la planta y la relación Mg/K es alta por lo tanto se presentan deficiencias de K corregidas en la fertilización; todos estos elementos se incorporaron al suelo en la siembra.

Se realizaron las labores culturales propias del cultivo y los controles fitosanitarios necesarios. La distancia de siembra entre plantas fue de 40cm, la distancia entre surcos de un metro, para un total de 75 tubérculos por parcela de 30m<sup>2</sup>, la fertilización fue de 500Kg/ha de 10-30-10, la cosecha se realizó cuando la mayoría de los materiales presentaron madurez fisiológica, el momento en el cual la corteza del tubérculo al ejercer presión con los dedos no se desprendiera.

El período comprendido de Noviembre de 2000 a Marzo de 2001, lapso en el cual se desarrollo la investigación se caracterizó por un período anormal seco en comparación con el promedio histórico.

**Cuadro 2.** Valores totales mensuales de precipitación (mms).

	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Acumulado
<b>2000 – 2001 (mms)</b>	45.3	40.3	3.0	38.5	101.3	18.0	246.4
<b>Promedio histórico (mms)</b>	72.8	37.2	23.7	39.9	63.6	79.8	317

Fuente: IDEAM 2001.

Los 21 clones usados en este trabajo son producto de la selección realizada por García *et al*, (2000), y Gutiérrez y Medina (2000), sobre 71 materiales obtenidos de los cruces interespecíficos entre especies diploides y diploide por tetraploide, seleccionados preliminarmente por su forma esférica, color de piel y carne, ojos superficiales y potencial de rendimiento. Como testigo se utilizo la variedad de papa criolla Yema de Huevo “Clon 1”.

**Cuadro 3.** Genealogía de los materiales utilizados.

CLON	MADRE	PADRE
98-70 – (1, 4, 7, 10, 12, 18, 19, 20)	<i>S. goniocalyx</i> Amarilla Tumbay Papa amarilla el Perú (2n)	<i>Solanum phureja</i> (2n) variedad Yema de huevo (Clon 1)
98-71 – (4, 5, 8, 9, 23, 24)	<i>Solanum phureja</i> (2n) variedad Yema de huevo (Clon 1)	<i>S. goniocalyx</i> Amarilla Tumbay Papa amarilla el Perú (2n)
98-69 – (5, 7, 9)	<i>Solanum tuberosum</i> spp. <i>andigena</i> var. <i>Parda pastusa</i> (4n)	<i>Solanum phureja</i> (2n) variedad Yema de huevo (Clon 1)
98-68 – (3, 5, 7)	<i>Solanum phureja</i> (2n) variedad Yema de huevo (Clon 1)	<i>Solanum tuberosum</i> spp. <i>andigena</i> var. <i>Parda pastusa</i> (4n)
Variedad yema de huevo	Selección Clonal	

Fuente: Gutiérrez y Medina 2000.

## 2.1 Variables evaluadas:

**2.1.1 Rendimiento:** Al momento de la cosecha los tubérculos fueron clasificados según su tamaño: cero (> 4.0 cm), primera (3.0 - 4.0 cm), segunda (2.0 – 3.0 cm) y tercera (< 2.0 cm), se determino el peso por cada calidad y el rendimiento total por parcela, valor que fue transformado al valor de Kg/ha; además se realizaron contrastes entre las familias.

**2.1.2 Gravedad específica:** Se tomaron 5 tubérculos limpios por cada material con 3 repeticiones, a cada una se le determinó el peso en agua y en aire, parámetros usados posteriormente en la fórmula de gravedad específica ( $GE = \frac{P_{aire}}{[P_{aire} - P_{agua}]}$ ) (Talbert y Smith, 1975). Para la clasificación y selección de los clones según la Gravedad específica óptima para uso industrial se siguió la metodología propuesta por Rivera, (2002).

**2.1.3 Materia seca:** Se tomo el peso fresco de 15 tubérculos por clon, luego se tajaron en forma de hojuelas y se pusieron en bolsas de papel debidamente marcadas; después se llevaron a la estufa a una temperatura de 100<sup>0</sup>C, hasta que se logro un peso constante, para ser pesadas.

**2.1.4 Número de ojos (yemas) por tubérculo:** Se tomaron 20 tubérculos homogéneos por clon en los cuales se contaron el número de ojos por tubérculo.

**2.1.5 Longitud de brotes:** Cuando el porcentaje de brotación fue igual o superior al 70%, se tomaron 5 tubérculos por clon con 3 repeticiones (brotes), y en cada uno de ellos se realizó el seguimiento al crecimiento del brote, una vez por semana, se realizaron 8 observaciones. Para tal fin se utilizó el calibrador o Pie de Rey. La medición se registro en milímetros.

**2.1.6 Nivel de ploidía:** Se tomaron cinco plantas por clon y tres folíolos por planta, el terminal y los dos siguientes; para obtener el tejido que tienen los estomas fue necesario retirar la epidermis cercana de la nervadura central de cada folíolo por medio de rasgado y con ayuda de una cuchilla nueva, posteriormente este tejido se colocó en agua por cinco minutos, y se procedió a hacer un montaje en una lamina que contenía una gota de lugol, dejándolo actuar por cinco minutos, luego se cubrió con una laminilla y se observó al microscopio, con un aumento de 40X y un ocular 10X. En cada montaje se observaron 20 campos y en cada campo se contaron los cloroplastos presentes en ambas células guarda de tres estomas. Con la ayuda del programa SPSS 8.0, se determinó la media, moda y desviación estándar, para poder clasificar los materiales como diploides o triploides según la metodología utilizada por Huaman en 1995.

**2.1.7 Diseño Experimental:** El diseño experimental usado para determinar el rendimiento de tubérculo, fue el de Bloques Completos al Azar (BCA), utilizando 21 tratamientos con tres repeticiones para cada material. Para las variables de calidad, se usó un diseño Completamente al Azar (DCA).

En la determinación de la gravedad específica y la materia seca, se tomaron tres repeticiones para cada clon, cada una conformada por cinco tubérculos; para el número de ojos (yema), del total de clones se tomaron 20 repeticiones y en la longitud de brotes, en cada clon se tomaron cinco repeticiones, cada una conformada por tres brotes.

En la determinación del nivel de ploidía en laboratorio se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cinco plantas por clon y tres folíolos por planta.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **3.1 Rendimiento de tubérculo**

Para el rendimiento de tubérculo calidad primera se observaron diferencias significativas entre los clones evaluados, según las pruebas de comparación de Tukey, se identificaron cuatro grupos destacándose el tratamiento 98-70.18 como el de mayor producción y los clones 98-70.1 con 98-69.5, como los tratamientos de menor producción de primera (Cuadro 4).

Este rendimiento con un 56.7% del total, fue bajo debido principalmente al déficit hídrico menor en un 22.5% del promedio histórico durante el ciclo de cultivo, esta falta de agua sobre todo en la fase de formación y engrosamiento de los tubérculos generó el descenso en la producción de primera (Cuadro 2).

En el análisis de varianza se presentaron diferencias significativas entre los clones y no para bloques; lo que refleja que los tratamientos respondieron de igual forma en los bloques. Además no se encontró diferencias significativas entre las familias 98-70, 98-71, 98,69 y 98-68 (Anexo).

Para el rendimiento de tubérculo calidad segunda se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, corroborado mediante la prueba de Tukey en la que se presentaron dos grupos, el primero conformado por los tratamientos 98-70.18 y 98-69.9, y el segundo por los tratamientos

98-70.1, 98-70.19, 98-68.5, 98-69.5; los restantes 16 materiales no presentaron diferencias significativas. Entre las familias 98-68 (1351.8 kg/ha) y 98-69 (1675.9 kg/ha) se presentaron diferencias significativas, exhibiendo el promedio superior la 98-69, consolidando lo obtenido en la comparación entre individuos en donde uno de los clones de mayor producción corresponde a esta familia, ratificando el potencial de uso (Anexo).

Este tamaño es de gran importancia debido a que los tubérculos con diámetros entre 2.5 y 3.5cm son los más empleados por la industria en la producción de papas precocidas, congeladas y enlatadas o envasadas, en comparación con los tubérculos de primera que solo se emplean para hojuelas o harina (Rivera, 2002). Porcentualmente la calidad segunda represento el 31.10% de la producción total de tubérculos.

Estas dos categorías son de importancia para la investigación ya que sus rangos de tamaño (>2.5 cm) están entre los propuestos por Rivera, (2002) para los diversos usos industriales. En estos tamaños, primera y segunda el clon 98-70.18 se presenta como el de mayor rendimiento, reflejando el vigor híbrido en comparación con la variedad Yema de Huevo “Clon 1”, resultado que contrasta con Gutiérrez y Medina (2000), quienes en su investigación este mismo material en la localidad de ICA-San Jorge, obtuvieron rendimientos menores respecto a la variedad Yema de Huevo “Clon 1”.

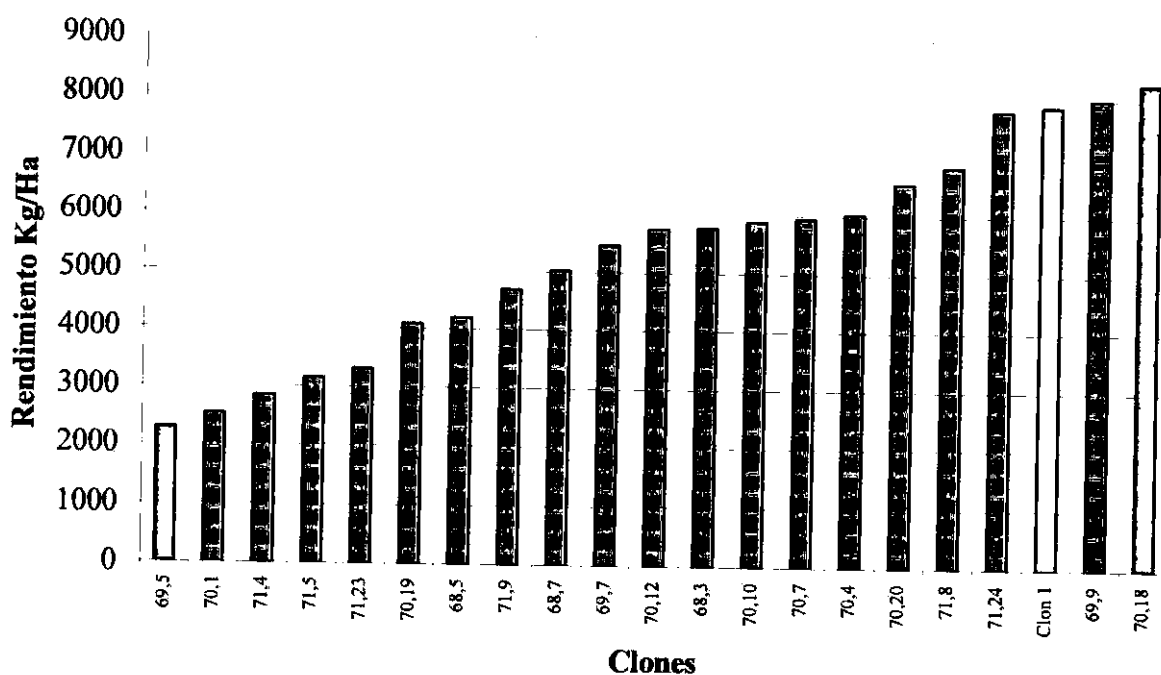
Para el rendimiento de tubérculo calidad segunda el clon 98-69.9 presentó un rendimiento mayor en comparación con la variedad Yema de Huevo “Clon 1”, reflejando lo encontrado por Monroy y Reynales (2001) en donde este material también obtuvo un rendimiento mayor que variedad Yema de Huevo “Clon 1”; además destacándose por presentar color rojo oscuro que puede ser novedoso para la industria de encurtidos.

**Cuadro 4.** Cuadrados medios del análisis de varianza para rendimiento de tubérculo categoría Primera, Segunda, Tercera y Total.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios			
		Rendimiento Tamaño de Primera	Rendimiento Tamaño de Segunda	Rendimiento Tamaño de Tercera	Rendimiento Total
<b>Bloques</b>	2	4768954.9	594360.04	131945.48	7174724.3
<b>Clones</b>	20	5416278.6**	717339.35**	503738.49	10419591.3**
<b>Error experimental</b>	40	2879561.3	355668.11	369067.99	4387346.7
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		19	21.3	41.6	12.8
<b>Coefficiente de determinación (%)</b>		89.1	81.7	67.8	97.9

\*\* Significativo al 1%

Figura 1: Rendimiento Total de tubérculo Kg/Ha



El rendimiento no se expresó en su totalidad posiblemente a las condiciones ambientales, en especial por la falta de precipitación, la que estimada por el IDEAM (2001) refleja su efecto desfavorable durante el ciclo de cultivo (Noviembre de 2000 - Abril de 2001), en donde la precipitación fue de 246.4mm, que al compararse con el promedio para este mismo lapso de tiempo disminuyó en un 22.5% (317mm), además se debe tener en cuenta que los requerimientos hídricos en el cultivo de papa están entre 90 - 150 mm/mes; esta condición no se cumplió por lo que el

rendimiento de los clones se redujo notablemente. Palacios y Villamarin (1988); concluyó mediante estudios realizados sobre riego que no solo es importante la cantidad de agua aplicada al cultivo sino la época del riego; la cual es muy importante en la etapa de floración.

Se puede decir que los clones 98-70.18, 98-69.9, 98-71.24, y la variedad Yema de Huevo “clon 1”, presentaron buena capacidad para producir bajo condiciones de estrés hídrico debido a que su rendimiento supero en un 33.42 % el promedio, es posible que estos materiales tuvieron una menor pérdida de agua por evaporación y transpiración, al igual que una menor utilización de la energía libre de la solución del suelo, ya que al disminuir progresivamente hasta valores críticos por un verano prolongado, esta energía no aumento a niveles tan altos que redujeran significativamente su desarrollo, en contraste con los clones 98-69.5 y 98-70.1. De igual manera pudo presentarse esto por un eficiente cierre estomático.

Según Estrada, (2000) los trabajos de mejoramiento pueden ser más eficientes a un nivel diploide 2x que a un nivel superior (3x, 4x), pero se espera un mayor rendimiento y una adaptabilidad más amplia a nivel 4x. Es por esto que los cruces entre *S. phureja* (2x) y *S. tuberosum* spp *andigena* (4x) debieran rendir más en comparación con los de *S. phureja* (2x) y *S. goniocalix* (2x), contrastando con esto los mayores rendimientos se presentaron en los materiales que se cuantificaron con ploidía de (2x) los clones 98-70.18 y 98-69.9, en estos es posible que el alto rendimiento se derive de los genes menores o poligenes los cuales controlan el carácter de rendimiento (Estrada, 2000).

### **3.2 Parámetros de calidad interna y externa**

Para la materia seca se trabajó con la prueba de comparación de Scheffé, que reduce el número de grupos entre los tratamientos en relación con T o Tukey, las cuales son un poco más libres en el número de selecciones. Esta prueba se realizó con el grado de significancia al 0.01, con el fin de discriminar un poco menos las medias de los tratamientos, obteniendo de esta manera 10 grupos. Entre todos estos, los clones se clasificaron según el contenido de materia seca óptimo para su uso industrial, según los parámetros establecidos por Rivera, (2002).

Como materia prima para papa enlatada o envasada sobresalen los materiales que presentaron una materia seca entre el 16 y 19%, correspondientes a los clones 98-71.4 (17.35%), 98-69.5 (17.40%), 98-69.7 (17.71%), 98-71.5 (18.08%), 98-71.24 (18.36%), 98-68.3 (18.67%), 98-68.5 (18.76%) y la variedad Yema de Huevo "Clon 1" (18.85%).

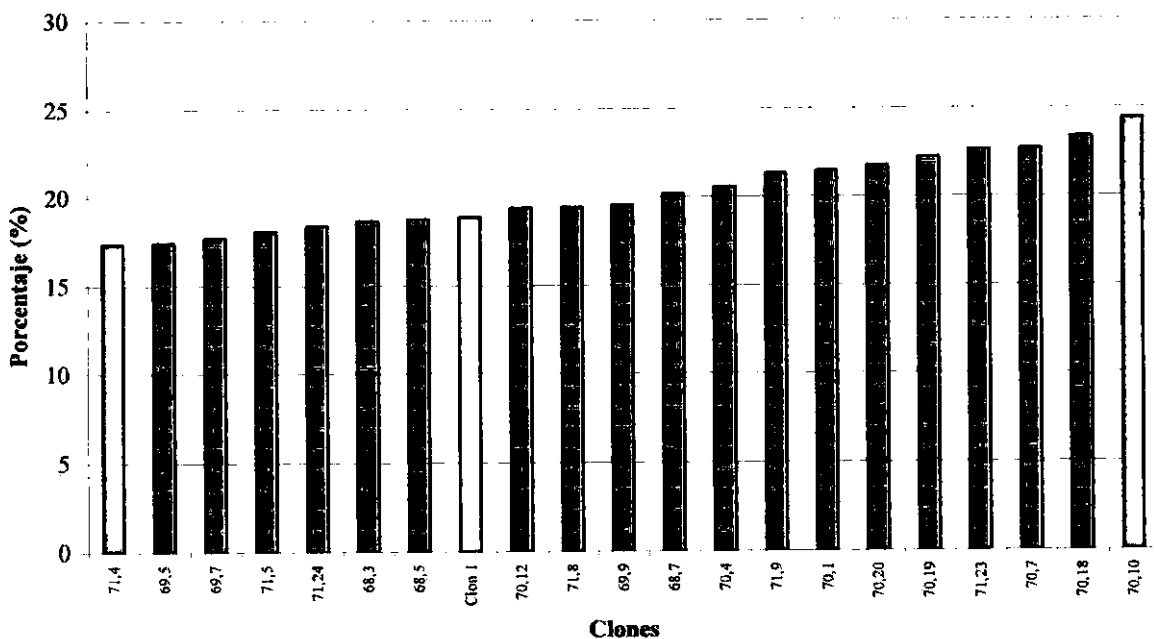
Para la producción de papa precocida y congelada se destacan como materia prima, los clones con materia seca con porcentaje entre el 18.5 y 20.5, seleccionándose de esta manera los materiales 98-68.3 (18.67%), 98-68.5 (18.76%), 98-70.12 (19.38%), 98-71.8 (19.43%), 98-69.9 (19.54%), 98-68.7 (20.17%), 98-70.4 (20.56%) y la variedad Yema de Huevo "Clon 1" (18.85%).

En la elaboración de papa deshidratada tanto en hojuelas como en harina se eligieron los clones que presentaron materia seca entre el 21 y 25%, rango en el que se encuentran los clones 98-71.9 (21.33%), 98-70.1 (21.48%), 98-70.20 (21.74%), 98-70.19 (22.22%), 98-71.23 (22.62%), 98-70.7 (22.69), 98-70.18 (23.37%) y 98-70.10 (24.39%).

Para el procesamiento de papa en hojuelas o a la francesa se destacaron los clones con materia seca superior al 23%, correspondientes al 98-70.18 y 98-70.10 con un 23.37 y 24.39% respectivamente.

Los resultados anteriores contrastan con los resultados obtenidos por Rivera, (2002), para los clones 98-71.9, 98-69.9 y la variedad Yema de Huevo “Clon 1”, que corresponden a contenidos de materia seca superiores a los encontrados en esta evaluación; esto debido posiblemente a las condiciones ambientales reinantes durante el ciclo de cultivo las cuales fueron de baja precipitación promedio (246.4mm) y alta temperatura (12.5<sup>o</sup>C), que reducen la producción total de materia seca y alteran la distribución a favor del follaje a expensas de la formación del tubérculo (Estrada, 2000). Otra condición que afecta la acumulación de materia seca, de acuerdo con Palacios y Villamarin (1988), es la altitud ya que cuando esta supera los 3.000 m.s.n.m., el contenido de materia seca disminuye.

Figura 2: Porcentaje de Materia Seca en 20 clones de papa criolla.



Para la variable gravedad específica, al igual que la anterior se trabajó con la prueba de comparación de Scheffé, con la diferencia que el grado de significancia fue al 0.05 evitando que sea demasiado radical y no discrimine ninguno de los tratamientos.

El resultado de esta metodología fue la obtención de tres grupos con diferencias altamente significativas, destacándose los de gravedad específica mayor a 1.08, en donde las investigaciones de Gutiérrez y Medina, (2000) y Monroy y Reynales (2001), mostraron que los materiales con niveles superiores a este son los más aptos para la industria de papa criolla en conserva.

Como materia prima para papa enlatada o envasada sobresalen los materiales que presentaron gravedad específica entre el 1.055 y 1.070, correspondientes a los clones 98-69.5 (1.061), 98-71.4 (1.063), 98-71.24 (1.065), 98-71.5 (1.068), 98-70.12 (1.068), 98-69.7 (1.070), 98-71.8 (1.070) y la variedad Yema de Huevo “Clon 1” (1.068).

Para la producción de papa precocida y congelada se destacan como materia prima, los clones con gravedad específica entre el 1.068 y 1.070, seleccionándose de esta manera los materiales 98-71.5 (1.068), 98-70.12 (1.068), 98-69.7 (1.068), 98-71.8 (1.070) y la variedad Yema de Huevo “Clon 1” (1.068).

Para la elaboración de papa deshidratada tanto en hojuelas como en harina se seleccionaron los clones que presentan gravedad específica entre el 1.080 y 1.100, rango en el que se encuentran los clones 98-68.7 (1.080), 98-70.20 (1.081), 98-68.5 (1.081), 98-70.7 (1.082), 98-70.10 (1.082), 98-71.9 (1.083), 98-70.19 (1.085), 98-71.23 (1.088) y 98-70.18 (1.089).

En el procesamiento de papa en hojuelas o a la francesa se destacan los clones que poseen gravedad específica mayor o igual a 1.089, correspondiente solo al clon 98-70.18.

La gravedad específica es un carácter altamente heredable (Estrada, 2000), potencial que no se refleja en este trabajo, posiblemente por las causas abióticas señaladas anteriormente en comparación con los resultados obtenidos por Gutiérrez y Medina, (2000), Monroy y Reynales

(2001) y Rivera, (2002) para la variedad Yema de Huevo “Clon 1” (1.077, 1.084 y 1.096, respectivamente), con el 1.068 obtenido en este trabajo.

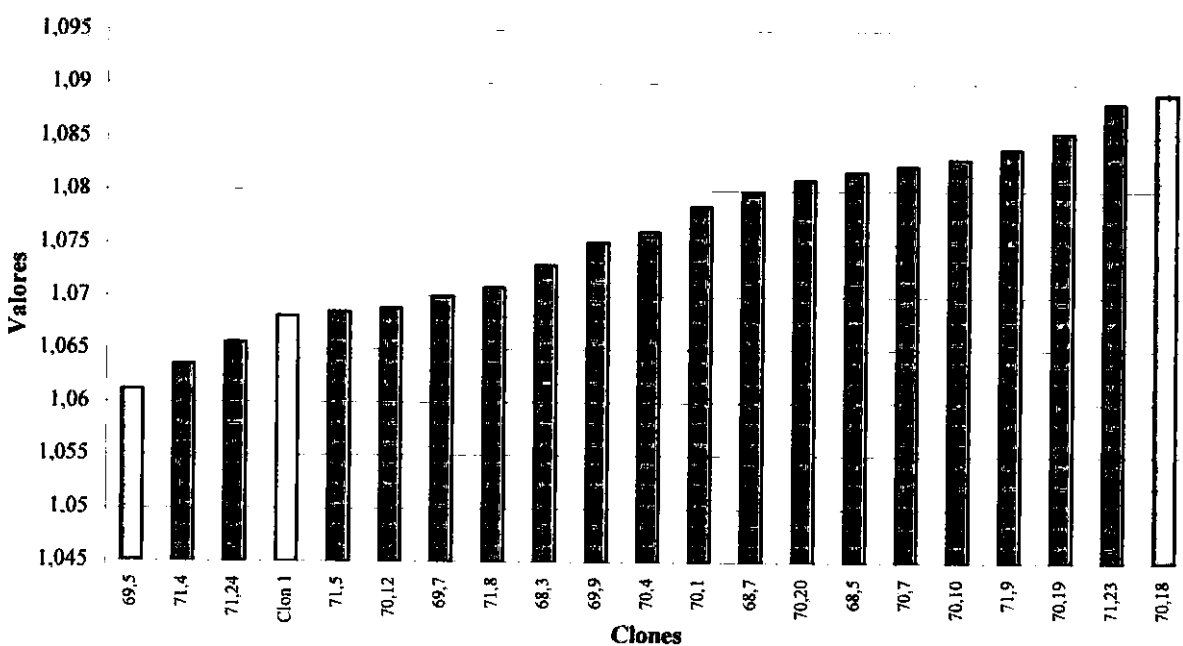
Esto nos confirma que la gravedad específica es una variable altamente afectada por las características del ambiente, principalmente por los efectos de humedad del suelo, del ambiente, intensidad y disponibilidad de luz, en donde el factor de mayor incidencia es la baja humedad del suelo, más que el aumento en la luminosidad, debido a la relación directa del agua del suelo sobre el contenido de agua de los tubérculos, generando una diferencia de la energía libre parcial entre el agua de la sabia y la del suelo, la cual no es muy marcada hasta que se acerca al punto de marchitamiento del suelo, en este caso aunque hay una tendencia a la pérdida de agua del tubérculo hacia el suelo también habrá una reducción en la translocación de los carbohidratos hacia el tubérculo dando como resultado un descenso de la gravedad específica del tubérculo, por lo que se puede deducir que es altamente plástica (Van der Zaag, 1973). Además mediante esta se pueden estimar los sólidos totales o el contenido de materia seca del tubérculo.

**Cuadro 5.** Cuadrados medios del análisis de varianza para Gravedad Específica y Materia Seca.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	
		Gravedad específica	Materia seca (%)
<b>Bloques</b>	2	0.0000266	0.00104
<b>Clones</b>	20	0.000204*	13.067*
<b>Error experimental</b>	40	0.0000248	0.10147
<b>Coefficiente de variación (%)</b>		0.4	1.5
<b>Coefficiente de determinación (%)</b>		80.6	98.4

\* Significativo al 5%

Figura 3: Gravedad Específica para 20 clones de papa criolla.



Según Hawkes (1990), Fano *et al* (1998), Gould (1999), Estrada, (2000), Monroy y Reynales (2001) y Rivera (2002), entre la materia seca y la gravedad específica existe una estrecha relación debido principalmente a que las dos están midiendo de forma directa e indirecta el contenido de agua en el tubérculo, este está compuesto por agua (63 a 87%) y materia seca o sólidos totales (13 a 37%). Las proteínas (0.7 a 4.6%) hacen parte de los sólidos totales e influyen en la consistencia y la condición aguanosa, existiendo una correlación positiva entre desintegración, harinosidad y sólidos totales (Estrada, 2000).

La relación anterior se aprecia de forma más clara, en el cuadro de clasificación de los clones evaluados de acuerdo con la materia seca y gravedad específica; según los parámetros establecidos por Rivera (2002).

**Cuadro 6.** Clasificación de los clones evaluados de acuerdo con la materia seca (M.S) y gravedad específica (G.E); según Rivera (2002).

USO INDUSTRIAL	Deshidratada (hojuelas o harina)		Enlatada o envasada		Precocida y congelada		Hojuelas o papas a la francesa	
	M.S (%) 21-25	G.E 1.080-1.100	M.S (%) 16-19	G.E 1.055-1.070	M.S (%) 18.5-20.5	G.E 1.068-1.070	M.S (%) > 23	G.E 1.089
CLON	71.9	70.20	71.4	69.5	68.3	CC81	70.18	70.18
	70.1	68.5	69.5	71.4	68.5	71.5	70.1	
	70.20	70.7	69.7	71.24	CC81	70.12		
	70.19	70.10	71.5	CC81	70.12	69.7		
	71.23	71.9	71.24	71.5	71.8			
	70.7	70.19	68.3	70.12	69.9			
	70.18	71.23	68.5	69.7	68.7			
	70.10	70.18	CC81		70.4			
			70.12					
			71.8					

El resultado del cuadro anterior es la ubicación de los 21 clones estudiados según los parámetros de calidad interna (materia seca y gravedad específica), con los requeridos según el uso industrial, del total de clones evaluados solo 14 se seleccionaron por coincidir en las dos variables, categorizando de esta manera a los materiales en, deshidratada (hojuelas o harina) el 98-71.9, 98-70.20, 98-70.19, 98-71.23, 98-70.7, 98-70.18 y 98-70.10; enlatada o envasada el 98-69.5, 98-71.4, 98-71.24, 98-71.5, 98-70.12, 98-69.7 y la variedad Yema de Huevo "Clon 1"; precocida y congelada 98-70.12 y la variedad Yema de Huevo "Clon 1" y en hojuelas o papas a la francesa el 98-70.18.

#### Número de ojos (yemas)

Se observaron diferencias significativas entre los clones, presentándose ocho grupos según la prueba de comparación múltiple de Tukey, en donde el clon con mayor número de ojos fue el 98-69.9 con siete y los de menor fueron el 98-71.5 y el 98-68.7, con cuatro. En comparación con el testigo todos los clones presentaron un menor número de ojos (yemas) por tubérculo a excepción del 98-69.9 y 98-70.20.

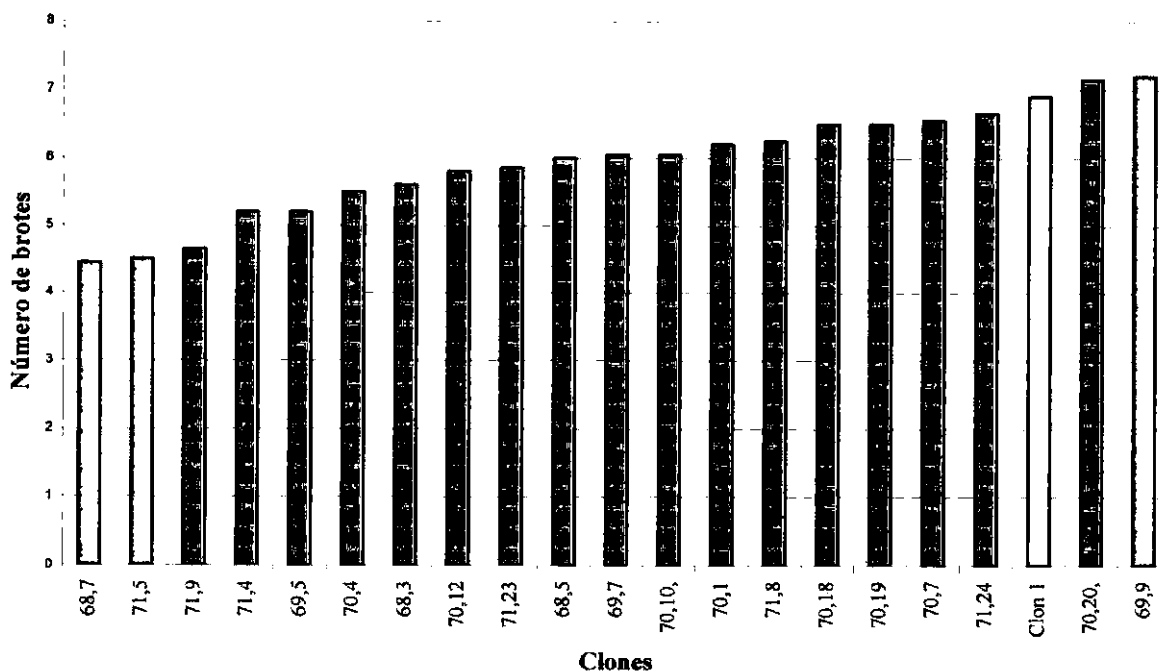
De acuerdo con FEDEPAPA, (1994), según los datos obtenidos los clones se pueden agrupar en dos grupos, el primero para los que presentan menos de cinco ojos (yemas) por tubérculo, designándose como materiales de pocos ojos (yemas), correspondientes al 98-68.7, 98-71.5 y 98-71.9, y el segundo a los que presentaron un rango entre 5 y 20 ojos por tubérculo, siendo el 98-69.7, 98-71.4, 98-69.5, 98-70.4, 98-68.3, 98-70.12, 98-71.23, 98-68.5, 98-70.10, 98-70.1, 98-71.8, 98-70.18, 98-70.19, 98-70.7, 98-71.24, 98-70.20, 98-69.9, y la variedad Yema de Huevo “Clon 1”, denominándose como intermedios.

**Cuadro 7.** Análisis de varianza para Número de ojos (yemas) en 20 clones de papa criolla.

Fuentes de Variación	Grados de libertad	Cuadrados Medios
Clon	20	13.878*
Error número de ojos (yemas)	399	1.1062
Coefficiente de variación (%)		17.8
Coefficiente de determinación (%)		38.6

\* Significativo al 5%

**Figura 4:** Número de ojos (yemas) por tubérculo en 20 clones de papa criolla.



El número de ojos (yemas) por tubérculo ya sean estos menores o mayores en comparación con el testigo, no afectan la calidad externa ni las preferencias del mercado, siempre y cuando estos sean superficiales (Estrada, 2000). Esta variable está determinada principalmente por factores intrínsecos como el tamaño del tubérculo (Harrys, 1978 y Gould, 1999).

### **Longitud de brotes**

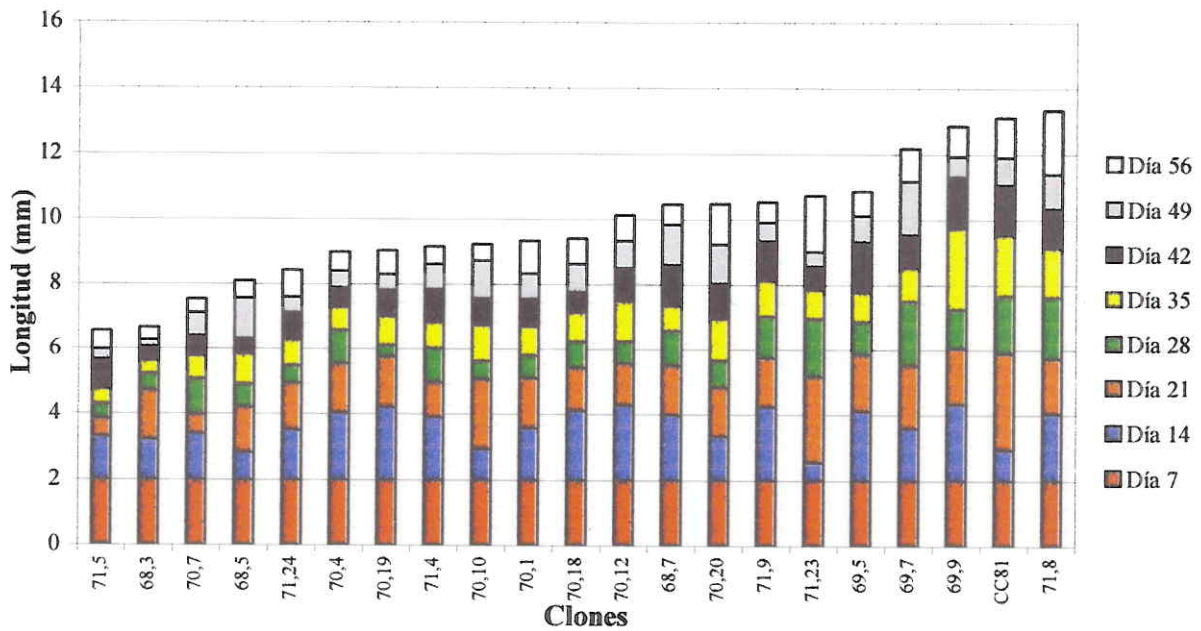
Cuatro mediciones presentaron diferencias estadísticamente significativas para la longitud de brotes, clasificando de esta manera los clones en los grupos más sobresalientes. Entre los clones, exceptuando el 98-71.8 todos presentaron una menor longitud que el testigo.

Los clones 98-71.8, 98-69.9, 98-69.7 y la variedad Yema de Huevo "Clon 1", presentaron un mayor crecimiento y los clones 98-71.5, 98-68.3 y 98-70.7, fueron los de menor tasa de crecimiento siendo estos los más destacados.

Desde el punto de vista fisiológico es posible que los clones 98-71.5, 98-68.3 y 98-70.7, con menor longitud de brotes, presenten concentraciones mayores de inhibidores ácidos, como el ácido abscísico (Burton, 1966), además de la disminución en la hidrólisis del almidón por acción de la enzima amilasa (Smith, 1968 y Mauseth, 1988), retardando el crecimiento de los brotes con respecto a los otros materiales evaluados.

Las condiciones de almacenamiento en las que se mantuvieron los clones para realizar las mediciones fueron lo más homogéneas posibles, sin embargo, es recomendable que en investigaciones posteriores que evalúen esta variable tengan en cuenta el uso de termómetros e higrómetros con el fin de llevar un registro exacto que pueda servir de apoyo en la toma y discusión de resultados.

Figura 5: Longitud de brotes en 20 clones de papa criolla.



Al observar los resultados el clon 69.9 y el testigo, presentaron mayor longitud de brotes posiblemente a causa de un gran tamaño del tubérculo en comparación con el clon 71.5, de menor longitud y bajo número de ojos (yemas); por esto es aconsejable mantener un tamaño y peso uniforme de los tubérculo en los que se realicen las mediciones, para evitar sesgos que puedan afectar los resultados.

### 3.3 Nivel de ploidía

El promedio encontrado para el testigo, correspondiente a la especie *Solanum phureja* juz et buk (Variedad Yema de Huevo “Clon 1”) fue de 12.28 el cual se encuentra dentro de los rangos establecidos para esta ploidía por Huaman en 1995; los rangos obtenidos en este trabajo se ajustan a los reportados por Huaman en 1995, (6-18) para diploides y (19-31) para triploides, destacándose además que los promedios y modas se mantienen dentro de los valores encontrados no solo por él sino también por Singist en 1993.

En este ensayo esta metodología presentó una confiabilidad aceptable, debido a que sus desviaciones estándar son muy bajas, reflejando que la dispersión de los datos con respecto de la media no son significativos (Steel & Torrie, 1996).

Según los resultados obtenidos de promedios y modas se determina que las ploidías para los clones son las siguientes:

Los materiales con promedio cercano a doce se consideraron diploides y estos son (12), 98-70.4, 98-70.18, 98-69.9, 98-71.4, 98-71.8, 98-70.20, 98-70.7, 98-71.23 y la variedad Yema de Huevo “Clon 1”.

Se destaca el resultado obtenido por el clon 98-69.9, ya que al provenir de un cruce *Solanum tuberosum* spp. *andigena* var. Parda pastusa (4n) x *Solanum phureja* (2n) variedad Yema de huevo “Clon 1”; dio como resultado un material diploide siendo lo esperado obtener uno triploide, esto posiblemente se presentó por efecto de que una gameta reducida (n) procedente de la madre (4n) que se ligo con una gameta reducida n procedente del padre (2n), aunque este efecto tiene una baja probabilidad, pertenece al juego de resultados que se dan cuando se realizan cruces. Según Estrada (2000) al polinizar un tetraploide con un diploide es posible que se generen plantas dihaploides (2n) y plantas diploides, de las cuales las dihaploides reflejan la composición genética y el potencial del genotipo materno que es el que transmite los más altos rendimientos y la mayor gravedad específica como en este caso con el clon 98-69.9.

**Cuadro 8.** Estadística simple evaluada en 21 clones de papa para la variable número de cloroplastos por estoma.

CLON	Rango	Media	Moda	Desviación estándar	Posible Ploidía
Clon 1	4-21	12,28	12	2,97	2n
98-70.4	5-22	12,34	12	2,16	2n
98-70.18	9-22	13,28	12	2,02	2n
98-71.4	6-23	13,54	12	2,78	2n
98-69.9	9-25	13,58	14	2,32	2n
98-71.8	7-22	13,87	12	2,97	2n
98-70.20	8-22	14,29	14	2,36	2n
98-70.7	8-21	14,48	14	2,47	2n
98-71.23	8-22	14,76	12	3,19	2n
98-69.5	10-28	15,38	12	3,02	**
98-71.9	9-21	15,39	17	2,85	3n
98-70.12	8-21	15,44	16	2,31	3n
98-68.5	10-26	15,69	14	3,06	**
98-70.1	7-24	16,06	16	2,87	3n
98-68.7	11-24	16,95	16	2,52	3n
98-70.10	11-23	17,02	17	2,15	3n
98-70.19	10-25	17,06	15	2,68	3n
98-69.7	11-24	17,14	17	2,05	3n
98-68.3	12-28	17,49	18	2,56	3n
98-71.24	11-25	18,16	18	2,66	3n
98-71.5	11-25	18,22	18	2,86	3n

\*\*No se pudo determinar su ploidía.

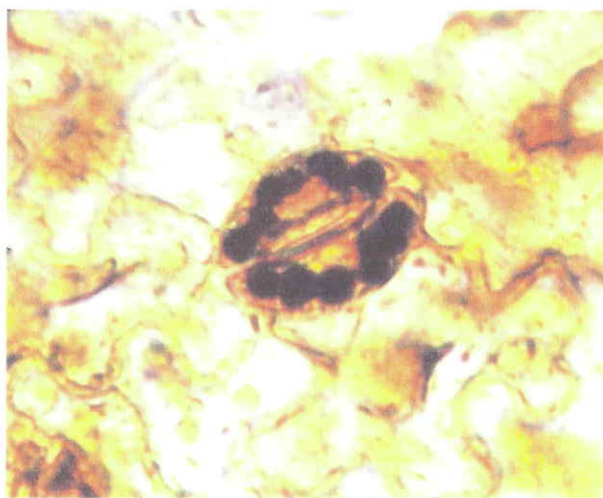


Foto 1: Estoma del clon 98-70.7 diploide.



Foto 2: Estoma del clon 98-68.7 triploide.

Los clones con promedio cercano a dieciocho se consideraron triploides (18), 98-70.12, 98-71.9, 98-70.1, 98-68.7, 98-70.10, 98-70.19, 98-69.7, 98-68.3, 98-71.24 y 98-71.5.

Los clones con códigos que empiezan por 98-70 y 98-71 provenientes de los parentales *S. goniocalyx* Amarilla Tumbay Papa amarilla el Perú (2n) y *Solanum phureja* (2n) variedad Yema de huevo "Clon 1"; sobresalen por ser triploides, que es la probabilidad más alta de cruces de sus gametos, posiblemente ocurrió una alta frecuencia de gametas no reducidas (2n) que se ligaron con una gameta reducida (n), dando como resultado clones triploides. En *Solanum phureja* los gametos reducidos son frecuentes, en *Solanum goniocalyx* no se tiene información.

Los clones 98-69.5 y 98-68.5, al presentar valores de promedio y moda intermedios, no permiten su clasificación como diploides o triploides, pero al subdividir los rangos según la metodología de Huaman, 1995 (Anexo), se observa que estos materiales presentan su mayor porcentaje dentro de un solo rango (6-18), con un 86.0 y 85.3% respectivamente, de esta manera sería posible la ubicación como diploides.

Se destacan los clones 98-71.5, 98-71.24, 98-68.3, 98-70.19, 98-68.7, 98-70.1, 98-69.7 y 98-70.10, los cuales ubicaron cloroplastos en los dos rangos de frecuencias (6-18 y 19-31), generando de esta manera diferencias entre estas dos clases (Anexo), esto posiblemente a causa de una mayor variabilidad, característica que podría poner en duda su clasificación como materiales triploides.

Por ser esta una evaluación preliminar de rendimiento y calidad para 21 clones se recomienda que en los clones seleccionados, se utilice otra metodología aun más acertada para la determinación de la ploidía como conteo de cromosomas en raíces, conteo de cromosomas en tejido de corola o la citometría de flujo, las cuales reducen el margen de error y minimizan el efecto de distribución de frecuencias, factores que se presenta en la metodología de conteo de cloroplastos por estoma

(Huaman, 1995), o corroborar esta por medio de la asociación de las dimensiones florales con la poliploidización, en donde se explica por la naturaleza reproductiva de la flor, como el largo de antera, el largo y el ancho de pétalos y el radio floral, además de la longitud de los cloroplastos (Rosas, 1998).

Como síntesis de la investigación realizada, los clones que deben continuar en el programa de mejoramiento son los seleccionados por presentar algún tipo de uso industrial, en total 14, de los cuales los materiales 98-69.5, 98-70.12, 98-70.7, 98-70.20, 98-71.23, 98-71.4 y 98-71.5, son los mejores pues se destacan por tener la mejor interacción de variables principales, gravedad específica, porcentaje de materia seca, y una menor longitud de brote.

**Cuadro 9.** Algunas características de los mejores clones.

CLON	Procesamiento Industrial	Gravedad Especifica y % Materia Seca	Longitud de Brotes al día 56 (ddb)*	Número de Ojos (yemas)	Posible Ploidía
70.20	Deshidratada (hojuelas o harina)	1,0810 21,74%	10,47	7,15	Diploide
71.23	Deshidratada (hojuelas o harina)	1,0882 22,62%	11,61	5,85	Diploide
70.7	Deshidratada (hojuelas o harina)	1,0823 22,69%	7,31	6,33	Diploide
69.5	Enlatada o envasada	1,0612 17,40%	10,88	5,2	**
71.4	Enlatada o envasada	1,0635 17,35%	9,14	5,2	Diploide
71.5	Enlatada o envasada	1,0685 18,08%	6,57	4,5	Triploide
70.12	Enlatada o envasada y Precocida y congelada	1,0688 19,38%	10,12	5,8	Triploide

\* (ddb), Días después de brotación en mm; \*\*No se pudo determinar su ploidía.



Foto 3: Clon 98-71.23.



Foto 4: Clon 98-70.7.



Foto 5: Clon 98-69.9.



Foto 6: Clon 1.

**Agradecemos a:** Nuestros padres, hermanos y amigos, como Daniel Rodríguez, Christian Amaya, Juan Carlos Cárdenas, Doris Novoa y Beatriz Villamizar entre otros colaboradores, los que nos brindaron su apoyo técnico y moral.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALAPE, M. & RAMOS, D. 2001. Evaluación del efecto de diferentes profundidades y densidades de siembra sobre el rendimiento del tubérculo en papa criolla (*S. phureja*, juz et Buk). Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- ANDRADE, B. H. 2002. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. INIAP. Ecuador.
- AZCON-BIETO, J. & TALON, M. 1996. Fisiología y bioquímica vegetal. Interamericana McGraw-Hill. España.
- BEUKEMA, H. P. & VAN DER ZAAG, D. E. 1979. Potato improvement. Some factors and facts. International Agricultural Centre, Wageningen, Holanda.
- BURTON, W. G. 1966. The potato. A survey of its history and of factors influencing its yield, nutritive value, quality and storage. The Netherlands.
- CIP. 2001. Análisis genético en una papa andina cultivada, *S. phureja* juz. et Buk, (On-Line): <http://www.Cip.org.com>
- CORABASTOS. 1996. Hablemos de papa criolla. Agricultura al día. Bogotá D.C.
- ESAU, K. 1965. Plant Anatomy. Wiley, New York.
- ESTRADA, N. 2000. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. CIP. La Paz, Bolivia.
- FANO, H. *et al.* 1998. Experiencias de exportación de la papa amarilla peruana. CIP. Lima, Perú.
- FEDEPAPA. 1987. Revista papa. N°1. Bogotá D.C. Colombia.
- FEDEPAPA. 1994. Revista papa. N°10. Bogotá D.C. Colombia.
- FEDEPAPA. 1995. El futuro de la papa "la industrialización". Revista papa. N°13. Bogotá D.C. Colombia.
- GARCÍA, G. RODRÍGUEZ, L. & ÑUSTEZ, C. 2000. Caracterización morfológica y evaluación preliminar de rendimiento en 71 clones provenientes de cruzamientos entre Papa criolla (*S. phureja*) por Amarilla Tumbay (*S. goniocalyx*) y *S. tuberosum* spp. *andigena* variedad Parda pastusa. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- GÓMEZ, L. & RAMÍREZ J. 2000. Manejo postcosecha y Comercialización de la papa (*Solanum tuberosum* L.). Convenio SENA, Natural Resource Institute y Department For International Development. Mosquera. Colombia.
- GOULD, W. A. 1999. Potato production processing and technology. CTI Publications. Maryland. USA.
- GUTIERREZ, A. & MEDINA, J. 2000. Ensayos preliminares de rendimiento en 26 clones F1 provenientes de hibridación interespecífica en papa. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

- HARRYS, P. M. 1978. Editor. The Potato crop. The scientific basis for improvement. Chapman and Hall Ltd, Londres.
- HAWKES, J.G. 1990. The potato evolution, biodiversity and genetic resource. Smithsonian Institution Press. Washington D.C.
- HERNÁNDEZ, E. 1989. Herencia de los factores de calidad para procesamiento de papas autotetraploides. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- HOWARD, R. 1969. The Ecology of an elfin forest in Puerto Rico. I. Studies of stem growth and form and of leaf structure. J. Arnold Arb. USA.
- HUAMAN, Z. 1995. Técnicas citológicas para determinar el número cromosómico y la fertilidad de las papas. Guía de investigación CIP No. 10. Lima, Perú.
- INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. 2001. Registros de información hidrometeorológica base de datos IDEAM. Bogotá D.C.
- LUJAN, L. 2000. Historia de la papa, (On-Line): [http://www. Corpoica-regionaluno.org/papa.html](http://www.Corpoica-regionaluno.org/papa.html).
- MARTÍNEZ, M. 2001. Determinación del nivel de ploidía de la colección de *Solanum chaucha* del banco de germoplasma de la Corporación Colombiana de Investigación agropecuaria. CORPOICA. Bogotá D.C. (Sin publicar).
- MAUSETH, J. 1988. Plant Anatomy. Benjamin/Cummings, Menlo Park, California. USA.
- MONROY, P. & REYNALES, D. 2001. Evaluación de variables agronómicas y fisiológicas en cinco clones avanzados del programa de mejoramiento de papas diploides, en dos localidades de Cundinamarca. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- MORENO, J. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Fedepapa. Bogotá D.C.
- PALACIOS, R. & VILLAMARIN M. 1988. Gradiente de Humedad del suelo en la producción de cuatro variedades de papa. Trabajo de grado para optar el título de Agrólogo. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. D.C.
- PINO, M. 1995. Proceso de industrialización de papa criolla precocida congelada. Revista papa. No 13 p. 15 – 24.
- PORRAS, P. 2000. Guía para papa criolla Clon 1. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Fedepapa. Bogotá D.C.
- RIVERA, J. E. 2002. Evaluación de diferentes opciones de procesamiento industrial en seis clones de papas diploides. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.
- ROSAS, C. 1998. Cariología de genotipos de papa obtenidos por hibridación interespecífica y somática. Trabajo de grado para optar el título de Biólogo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

RUBIANO, B. S. & REINA, N. 2002. Diseño de una línea de producción de papa criolla (*Solanum phureja*, *Juz et buk*) empacada al vacío. Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero de Alimentos. Facultad de Ingeniería. Universidad Agraria de Colombia. Bogotá D.C.

SALISBURY, F. & ROSS, C. 1999. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamérica S.A. de C.V. México, D.F.

SHAW, R. & BOTH, R. 1984. Simple processing of the hydrated potatoes and potato starch. International Potato Center. Lima Peru. P 10.

SMITH, O. 1968. Potatoes: Production, storing, processing. Tjheavi Publishing Co. INC. Westport, connecticut.

STEEL, R & TORRIE, J. 1996. Bioestadística, Principios y procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill. México D.F.

TALBURT, W. & SMITH, O. 1975. Potato Processing. Westport Connecticut The Avipublish.Company.

VAN DER ZAAG, D. E. 1973. Potatoes and their cultivation in the Netherlands, Dutch information Centre for Potatoes. The Hague.

WIERSERMA, S. 1978. Desarrollo fisiológico de tubérculos. Editorial hemisferio del Sur. Boletín de información técnica 20.

<http://www.redepapa.org/culinaria.pdf>

## ANEXOS

### PRODUCCIÓN DE PRIMERA (kg/ha)

Agrupación Tukey	Media	Tratamiento
A	5306	70.18
AB	5167	71.8
AB	4778	69.9
AB	4333	70.20
ABC	4278	68.3
ABCD	3833	70.12
ABCD	3722	70.4
ABCD	3472	71.24
ABCD	3472	69.7
ABCD	3472	Clon 1
ABCD	3444	68.7
ABCD	3250	70.7
ABCD	3194	70.10
ABCD	2750	71.9
ABCD	2667	70.19
ABCD	2556	68.5
ABCD	1566	71.23
BCD	1472	71.5
CD	1000	71.4
D	806	70.1
D	722	69.5

### PRODUCCIÓN DE SEGUNDA (kg/ha)

Agrupación Tukey	Media	Tratamiento
A	2611.1	70.18
A	2611.1	69.9
AB	2250.0	71.24
AB	2083.3	70.4
AB	2083.3	70.10
AB	2000.0	Clon 1
AB	1972.2	70.7
AB	1944.4	71.8
AB	1611.1	70.12
AB	1611.1	70.20
AB	1527.8	68.3
AB	1500.0	71.4
AB	1500.0	68.7
AB	1472.2	71.23
AB	1416.7	69.7
AB	1305.6	71.9
AB	1277.8	71.5
B	1083.3	70.1
B	1055.6	70.19
B	1027.8	68.5
B	1000.0	69.5

### PRODUCCIÓN TOTAL (kg/ha)

Agrupación Tukey	Media	Tratamiento
A	8278	70.18
AB	8000	69.9
AB	7889	Clon 1
AB	7806	71.24
AB	6833	71.8
AB	6556	70.20
AB	6028	70.4
AB	5944	70.7
AB	5889	70.10
AB	5778	68.3
AB	5750	70.12
AB	5472	69.7
AB	5028	68.7
AB	4694	71.9
AB	4194	68.5
AB	4083	70.19
AB	3306	71.23
AB	3139	71.5
AB	2833	71.4
AB	2528	70.1
B	2278	69.5

### PRODUCCIÓN DE SEGUNDA (kg/ha)

Agrupación Tukey	Media	Tratamiento
A	1817.5	1
AB	1690.5	3
B	1484.1	2

**PORCENTAJE DE MATERIA SECA**

Agrupación Scheffé (0.01)	Media	Tratamiento
A	24,3947	70.10
AB	23,3707	70.18
ABC	22,6938	70.7
BC	22,6276	71.23
BCD	22,2244	70.19
BCDE	21,7483	70.20
CDE	21,4847	70.1
CDE	21,3321	71.9
DEF	20,5642	70.4
EFG	20,1776	68.7
FGH	19,5434	69.9
FGH	19,4363	71.8
FGH	19,3867	70.12
FGHIJ	18,8573	Clon 1
GHIJ	18,7678	68.5
GHIJ	18,675	68.3
HIJ	18,3657	71.24
HIJ	18,0844	71.5
IJ	17,7161	69.7
J	17,405	69.5
J	17,3515	71.4

**GRAVEDAD ESPECIFICA**

Agrupación Scheffé (0.05)	Media	Tratamiento
A	1,089068	70.18
AB	1,088205	71.23
ABC	1,085454	70.19
ABC	1,083925	71.9
ABC	1,082970	70.10
ABC	1,082345	70.7
ABC	1,081837	68.5
ABC	1,081025	70.20
ABC	1,079909	68.7
ABC	1,078517	70.1
ABC	1,076120	70.4
ABC	1,075105	69.9
ABC	1,073000	68.3
ABC	1,070888	71.8
ABC	1,070011	69.7
ABC	1,068889	70.12
ABC	1,068559	71.5
ABC	1,068131	Clon 1
ABC	1,065657	71.24
BC	1,063593	71.4
C	1,061222	69.5

BIBLIOTECA AGROPECUARIA  
DE COLOMBIA

**NÚMERO DE OJOS**

Agrupación Tukey	Media	Clon
A	7.200	69.9
AB	7.150	70.20
ABC	6.900	Clon 1
ABCD	6.650	71.24
ABCD	6.550	70.7
ABCD	6.500	70.19
ABCD	6.500	70.18
ABCDE	6.250	71.8
ABCDE	6.200	70.1
ABCDEF	6.050	70.10
BCDEF	6.000	68.5
CDEF	5.850	71.23
CDEFG	5.800	70.12
DEFGH	5.600	68.3
DEFGH	5.500	70.4
EFGH	5.200	69.5
EFGH	5.200	71.4
FGH	5.000	69.7
GH	4.650	71.9
H	4.500	71.5
H	4.450	68.7

### CONTRASTES ENTRE FAMILIAS PARA RENDIMIENTO DE TUBÉRCULO

Familias	Cuadrados medios			
Contrastes	Rendimiento Primera	Rendimiento Segunda	Rendimiento Tercera	Rendimiento Total
68 vs 69	1208066.402	1633642.497*	313178.831	16289340.88
68 vs 70	350078.734	1447115.981	53188.964	6848362.93
68 vs 71	1991886.686	726787.630	464651.275	1660264.65
68 vs Clon 1	207682.692	686348.904	6391014.855**	18215412.22
69 vs 70	270626.830	130567.325	191720.583	3384261.43
69 vs 71	6459532.773	573361.131	3562.301	34810157.30
69 vs Clon 1	158929.250	39654.728	3352847.926**	696598.50
70 vs 71	3487524.426	147826.419	262863.551	13008737.67
70 vs Clon 1	8880.071	20389.836	6448595.881**	8240745.16
71 vs Clon 1	1942909.200	102270.536	4925810.466	28376714.86

\* Significativo al 5%, \*\* Significativo al 1%.

### DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS ENCONTRADAS PARA LA VARIABLE NÚMERO DE CLOROPLASTOS POR ESTOMA. (DADAS EN PORCENTAJE)

Clon	6 – 18	19 – 31	32 – 45
70.4	99,3 %	0,7 %	0
70.18	98,0 %	2,0 %	0
Clon 1	97,3 %	2,7 %	0
69.9	97,1 %	2,9 %	0
70.20	96,2 %	3,8 %	0
70.7	95,6 %	4,4 %	0
71.4	95,3 %	4,7 %	0
71.8	92,9 %	7,1 %	0
70.12	92,2 %	7,8 %	0
69.5	86,0 %	14,0 %	0
71.23	86,0 %	14,0 %	0
68.5	85,3 %	14,7 %	0
71.9	85,1 %	14,9 %	0
70.10	82,0 %	18,0 %	0
69.7	81,8 %	18,2 %	0
70.1	78,9 %	21,1 %	0
68.7	75,1 %	24,9 %	0
70.19	73,8 %	26,2 %	0
68.3	70,9 %	29,1 %	0
71.24	56,7 %	43,3 %	0
71.5	54,2 %	45,8 %	0