

# EVALUACIÓN Y SELECCIÓN PRELIMINAR POR RENDIMIENTO DE TUBÉRCULO Y POTENCIAL INDUSTRIAL DE 36 CLONES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

## PRELIMINARY EVALUATION AND SELECTION OF YIELD AND INDUSTRIAL POTENTIAL OF 36 POTATO CLONES (*Solanum tuberosum* L.)

Alexánder Perilla C.<sup>1</sup>, Néstor Cifuentes O.<sup>1</sup>, Luis E. Rodríguez M.<sup>2</sup> y Carlos E. Núñez L.<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se evaluaron 36 clones de papa por calidad para la industria, rendimiento, respuesta a gota y precocidad, utilizando como testigos las variedades cultivadas para procesamiento industrial, Diacol Capiro, Diacol Monserrate e ICA Unica. Las variables evaluadas fueron porcentaje de tiras y hojuelas no quemadas, gravedad específica, rendimiento procesable, peso tamaño 2, área bajo la curva de la severidad de gota y días después de la siembra a maduración. El experimento se realizó en la Estación Experimental San Jorge, municipio de Soacha (Cundinamarca), se analizó bajo una metodología estadística propuesta en el Programa de Fitomejoramiento de Papa de la Universidad Nacional, que utiliza la suma de rangos en el análisis de diseños incrementados bajo bloques completos al azar para seleccionar clones por varias variables y no por una como el análisis tradicional. Se seleccionaron 19 clones, de los cuales 7 son superiores para el conjunto de las variables: los clones 6.5 y 12.59 recomendables para procesamiento en forma de tiras; 2.14, 6.8, 11.35, 12.62 y 12.71 para hojuelas. Entre los 7 clones se destacan el 6.8 y 2.14 por presentar menor susceptibilidad a gota y, el clon 6.5 por tener menor tiempo a maduración de tubérculo (15 días menos que Capiro).

**Palabras claves:** diseño incrementado, Subespecie *tuberosum*, gravedad específica, fritura.

### SUMMARY

36 clones of potato were evaluated for industrial quality, yield, late blight response and early ripen, using the varieties grew for industrial processing, Diacol Capiro, Diacol Monserrate and ICA Unica. Data consisted of the percentage of french fries and chips than did not burn, specific gravity, useful yield, weight of second tubers, area under the curve for the severity of late blight and days to ripen. The experiment was carried out at San Jorge Experiment Station, at Soacha municipality (Cundinamarca - Colombia), it was analyzed under a new statistical methodology proposed in the Breeding Program of the Universidad Nacional of Colombia that uses ranks sum on the augmented designs analysis in randomized

blocs, in order to choose the clones for several variables and not for one as the traditional analysis. With the macro in the analysis procedure, were found 19 clones, 7 are superior in the group of the evaluated variables: the clones 6.5 and 12.59 are recommended for processing in french fries, 2.14, 6.8, 11.35, 12.62 y 12.71 for chips. Between 7 clones mentioned stand out 6.8 and 2.14 for present an less susceptibility to late blight and, the clon 6.5 for having less time in the ripen of tuber (15 days less than Capiro).

**Key words:** augmented designs, Subespecie *tuberosum*, specific gravity, fry.

### INTRODUCCIÓN

En Colombia se estima que anualmente entre el 10 y 12% de la producción de papa se destina para la industria, la mayoría son empleadas en papas fritas en hojuelas (chips) y papas a la francesa (tiras). La falta de adaptación a todas las regiones productoras por la diversidad de las condiciones ecológicas y socioculturales de las variedades disponibles para procesamiento, y la creciente demanda de papa frita debido al auge de las comidas rápidas hacen que la disponibilidad de nuevas variedades para procesamiento industrial sea una alternativa más para productores y procesadores (Moreno, 2000).

*S. tuberosum* L. se divide en 2 subespecies: *tuberosum* y *andígena*. La subespecie *tuberosum* originada a partir de hibridación natural de la subespecie andígena con una especie silvestre desconocida (Grun, 1990 citado por Estrada 1999) es la papa más cultivada en el mundo, especialmente en Norte América y Europa; mientras el cultivo de la subespecie andígena está limitado a Centro y Sur América (Camadro, 1996).

La subespecie *tuberosum* presenta: Período vegetativo corto, de tres a cuatro meses, adaptación a días largos, floración escasa y por corto tiempo, polen estéril en muchas variedades, escasa o ninguna producción de bayas, período corto de reposo del tubérculo, baja calidad para el consumo fresco, baja calidad para almacenamiento, bajo porcentaje de almidón y de materia seca,

<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. Bogota D. C.

tubérculo de buena forma, ojos superficiales, resistencia a gota (*Phytophthora infestans*) sólo a ciertas razas, generalmente poca resistencia parcial, tubérculos de tamaño grande y escasos (Estrada, 1999).

La subespecie *andígena* presenta: Período vegetativo de 5 a 7 meses, adaptación a días cortos, floración abundante y por varios meses, polen fértil, abundante producción de bayas, período largo de reposo del tubérculo, buena calidad para el consumo fresco buena calidad para almacenamiento, alto porcentaje de almidón, tubérculo de forma defectuosa, ojos ligeramente profundos, resistencia parcial a la gota según las variedades, numerosos tubérculos pero de tamaño mediano o pequeño (Estrada, 1999).

Los investigadores han mejorado algunas cualidades de la papa cultivada cruzándola con algunas de sus especies silvestres emparentadas, muchas de las cuales han desarrollado resistencia a agentes externos adversos y propiedades para procesamiento como profundidad de ojos, cantidad de azúcares reductores y contenido de materia seca que son altamente heredables (Hernández, 1989 y Camadro, 1996).

Las variedades de papa para procesamiento industrial deben cumplir características de calidad externa e interna. La calidad externa esta determinada por efectos ambientales y genéticos. Dentro de las características determinadas por el ambiente es deseable que no presenten: verdeamiento del tubérculo, tubérculos deformados, agujeros, pudriciones ni rajaduras por sequía; y en cuanto a las determinadas por efectos genéticos varietales, deben presentar color de piel y carne claros, ojos superficiales y no presentar corazón hueco (Moreno, 2000).

La clasificación de tubérculos en función del producto que se vaya a elaborar es otro factor en la calidad externa. Para hojuelas se exige una forma redondeada ligeramente ovalada con un tamaño de tubérculo entre 50 y 70 mm de diámetro, para papas a la francesa formas oblongas alargadas superiores a 50 mm de largo (Gómez y Ramírez, 2000).

La calidad interna está determinada por la composición química de los tubérculos que incluye, el contenido de azúcares, materia seca, almidón y coloración interna, entre otros (Cacace, 1996 citado por Gómez y Ramírez, 2000).

Los azúcares hexosas reductores (fructosa y glucosa) tienen un papel crítico en el proceso industrial ya que al freír se produce una reacción entre estos azúcares y los grupos de aminoácidos de las células, resultando un producto de color oscuro y sabor amargo (Schallenberg et al. 1959 citado por Dale y Mackay, 1994). Por eso la papa para industria debe poseer baja concentración de azúcares reductores, menor de 0.25% para papa a la francesa y menor de 0.2% (preferible menor de 0.1%) para papa en hojuelas, niveles superiores a 0.33% son inaceptables (Hernández 1989).

El nivel de sacarosa en papas jóvenes es más alto que el de azúcares reductores y normalmente varía con la variedad. En los primeros días después de la cosecha hay un cambio rápido de exceso de sacarosa hacia azúcares reductores. Temperaturas inferiores a 8°C del suelo incrementan el nivel de azúcares reductores (Pineda, 1996).

Cuando es baja (menor de 0.06%), la concentración de azúcares reductores no es suficiente para explicar o predecir la calidad del color final de las papas fritas. Otros compuestos como ácido ascórbico, un isómero del ácido clorogénico y glutamina tienen un papel importante en el color de la papa frita (Rodríguez y Wrolstad, 1997).

El contenido de materia seca establece el rendimiento del producto terminado y la retención de aceite en la fritura (Gould, 1988). Para determinar el contenido de materia seca y almidón en los tubérculos se utiliza la gravedad específica; las variedades que tienen una gravedad específica baja tienden a acumular más azúcares que variedades de alta gravedad específica (Talbur y Smith, 1975). Un contenido de materia seca mayor de 20.2% o alta gravedad específica (mayor de 1.085) son ideales para el proceso de fritura, el rendimiento industrial esperado debe ser un kilogramo por cada cuatro a cinco kilogramos de papa fresca (INCA, 1989).

No hay un valor constante de materia seca para una variedad, pues hay variación entre años, localidades, tipos de suelo, y otras condiciones de crecimiento, incluso los tubérculos de la misma planta varían en el total de sólidos (Cole, 1975 citado por Hernández, 1989)

Un factor para la elección de materiales promisorios es el rendimiento, sus componentes son el tamaño y el número de tubérculos por planta, estos están genéticamente controlados y dependen del número de tallos por planta (Estrada, 1999).

El desarrollo de nuevos genotipos de papa para uso industrial con mayores niveles de resistencia a gota y menor período vegetativo para reducir número de aplicaciones de agroquímicos y como mecanismo de escape a las heladas, contribuirá a la solución de adaptación específica de las variedades disponibles (Moreno, 1999).

La precocidad de la subespecie *tuberosum* está determinada por el patrón de comportamiento de sus principales componentes de rendimiento: estolones y tubérculos, acompañados por un llenado y maduración temprana (Rodríguez y Torres, 1993).

Avella y Parra (1997), al evaluar la colección central de papa *S. tuberosum spp andígena* encontraron que el número de días después de la siembra (dds) a madurez se correlacionó en forma directa con las variables número de dds a inicio de tuberización y número de dds a presencia de estolones. Teniendo en cuenta que en papa, la maduración del tubérculo es la variable que define si el

material es precoz, se puede deducir que, las variables de mayor asociación e importancia para su estimación son dds a inicio de tuberización y dds a presencia de estolones.

En la Tabla 1 se muestran características de las principales variedades usadas por los procesadores de papa frita en Colombia.

Tabla 1. Principales variedades de papa para procesamiento en Colombia

VARIEDAD	TUBÉRCULOS	MATERIA SECA	AZÚCARES REDUCTORES	RENDIMIENTO	OTROS ASPECTOS
Diacol Capiro	Grandes numerosos, redondos ligeramente aplanados, ojos superficiales	22 % GE* 1.085	Inferior a 0,1 %	25 ton/ha	Alta susceptibilidad a gota
Diacol Monserrate	Grandes poco numerosos, ovalados o redondos y algo aplanados, ojos superficiales Grandes o muy grandes	23.2 % G.E 1.094	Inferior a 0,1%	30 ton/ha	Por la redondez de sus tubérculos el rendimiento en papa francesa es bajo Por contenido variable
ICA Unica	numerosos redondos y algo alargados, ojos superficiales	21.5 % G.E 1.086	Promedio 0,1%	37 ton/ha	de azúcares reductores no es usada para chips

\* G.E = gravedad Específica

Adaptado de FEDEPAPA, 1999.

Actualmente se adelantan programas de mejoramiento en empresas privadas y estatales que incluyen ensayos de adaptación y obtención de nuevas variedades para producir materiales de buena calidad industrial que se adapten a las condiciones de la producción nacional.

El objetivo de este trabajo fue evaluar y seleccionar materiales de papa provenientes de la hibridación de la subespecie *tuberosum* y la subespecie *andígena* de buen rendimiento y precocidad que respondan a los principales requerimientos de la industria procesadora.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El presente ensayo se realizó en la estación experimental ICA San Jorge, en el municipio de Soacha (Cundina-

marca) a 3100 m.s.n.m. en un suelo franco-arcilloso. Se realizaron las labores culturales propias del cultivo y los controles fitosanitarios, excepto el uso de fungicidas para favorecer la epidemia de gota. La densidad de siembra fue de 40 cm entre plantas y 1 m entre surcos, para un total de 40 tubérculos por parcela de 16 m<sup>2</sup>, la cosecha se realizó cuando todos los materiales presentaron follaje seco.

Se utilizaron 36 clones de once familias pertenecientes a un grupo de semilla botánica provenientes de hibridación de parentales de la subespecie *tuberosum* y la subespecie *andígena*, obtenidos por el CIP y seleccionados preliminarmente en el programa de mejoramiento de la Universidad Nacional por forma de tubérculo, color de piel y profundidad de ojos. Como testigos se usaron las variedades comerciales: Diacol Monserrate, Diacol Capiro e ICA Unica (Tabla 2).

Tabla 2. Genealogía de los clones y variedades utilizados.

GENEALOGÍA	FAMILIA	CLONES Y VARIEDAD
CIP 993021 YUNGAY * 104.12LB <sup>t</sup>	1	1.51
CIP 993022 YUNGAY * C COMPIS <sup>t</sup>	2	2.14
CIP 985001 ATZIMBA <sup>t</sup> * 104.12LB <sup>t</sup>	3	3.1, 3.11, 3.22, 3.30, 3.38, 3.39
CIP 990008 CEW-69-1 <sup>t</sup> * 104.12LB <sup>t</sup>	4	4.21, 4.22, 4.5,
CIP 987004 CFK-69-1 <sup>t</sup> * 104.12LB <sup>t</sup>	5	5.9
CIP-IP 88008 <sup>t</sup> * HPS - 25/67 TPS 25* TPS-67	6	6.5, 6.8
CIP-IP 88004 <sup>t</sup> * HPS - 11/67 MF - 11 * TPS-67	7	7.1
CIP 991007 MF- 11 <sup>t</sup> * TS-9	10	10.60, 10.61
CIP 993001 4.1 D <sup>t</sup> * C COMPIS	11	11.35, 11.40, 11.41, 11.43
CIP 993017 TSG <sup>t</sup> * 104.02LB <sup>t</sup>	12	12.53, 12.59, 12.60, 12.62, 12.64, 12.65, 12.66, 12.71, 12.72, 12.75, 12.76
CIP-IP 88006 <sup>t</sup> * HPS - 7/67TPS - 7 * TPS67	13	13.86, 13.73, 13.77, 13.91
Branca Cascuda <sup>t</sup> * Pana Blanca		Diacol Monserrate
CCC751 <sup>t</sup> * Tuquereña <i>andígena</i>		Diacol Capiro
Cornell <sup>t</sup> * masal de polen <i>andígena</i>		ICA Unica

t =subespecie *tuberosum*

## VARIABLES EVALUADAS:

### Calidad en frito

**Comportamiento del color en frito:** se obtuvo la hojuela de la parte central de 10 tubérculos y se fritaron durante 2 minutos en aceite industrial a 180°C. Para frito a la francesa se obtuvo la tira central de otros 10 tubérculos con un grosor de 1 cm<sup>2</sup> y se fritaron durante 3 minutos en aceite industrial a 180°C. Se determinó el porcentaje de hojuelas y tiras no quemadas.

**Gravedad específica:** se tomaron 3 repeticiones de 5 tubérculos limpios por cada material, a cada una se le determinó el peso en agua y en aire, parámetros usados posteriormente en la fórmula de gravedad específica ( $GE = \text{Paire} / [\text{Paire} - \text{Pagua}]$ ) (Talbert y Smith, 1975).

**Rendimiento:** los tubérculos fueron clasificados según su tamaño: cero (diámetro mayor a 9cm), primera (diámetro entre 6 y 9cm), segunda (diámetro entre 4 y 6cm) y tercera (diámetro menor a 4cm), se determinó el rendimiento total. La sumatoria de las variables peso tamaño 0 y peso tamaño 1 resultó una nueva denominada rendimiento procesable.

**Respuesta a gota:** Se evaluó la severidad de la enfermedad estimando visualmente el área de tejido afectada con respecto al área total por parcela. Se usó la escala citada por Pérez y Pinzón (1999) propuesta por el CIP en 1987. Las evaluaciones se hicieron periódicamente desde la aparición de los síntomas de la enfermedad y se interpretaron como área bajo la curva (ABC) de la infección.

### Precocidad

Días después de la siembra a tuberización: Se marcaron al azar 3 plantas por parcela y se observó el desarrollo de la zona radicular periódicamente. El inicio de tuberización se determinó cuando el ápice del estolón comenzó a ensancharse.

Días después de la siembra a madurez fisiológica: Se marcaron al azar 3 plantas por parcela, se observó los tubérculos y se tomó como parámetro de madurez fisiológica el momento en el cual la corteza al ejercer presión con los dedos no se desprendía del tubérculo.

### Diseño Experimental

Se utilizó un diseño aumentado bajo bloques completamente al azar el cual permite comparar nuevos materiales (clones) con semilla insuficiente que sólo alcanza para realizar una repetición (Federer y Raghavarao, 1975). El análisis se desarrolla mediante la metodología tradicional propuesta por Federer y se combina con la suma de rangos de Kang para poder seleccionar los genotipos por más de una variable de acuerdo con los objetivos propuestos así:

Se obtiene la ANOVA para las variedades testigo.

Se calcula el Factor de Corrección (FC) para cada bloque:  $FC = (B_j - M) / c$

Donde: "B<sub>j</sub>" es la sumatoria de todos los testigos en el j-ésimo bloque, "M" es el promedio de los B<sub>j</sub> y "c" el número de variedades testigo.

Ajustar el valor observado de cada clon: Valor ajustado = Valor observado - FC de su bloque.

Ordenar los valores ajustados de menor a mayor. Se rankea el clon de menor valor con 1, el siguiente con 2 y así sucesivamente, obteniendo la variable Rank. Se calcula la "diferencia" del promedio de los testigos (testigo a probar) contra los clones ajustados.

Obtener la Diferencia Mínima Significativa (DMS) ajustada:

$DMS = t(a/2, gle) * \sqrt{((r+1) * (c+1) * CME / (r * c))}$ , donde: "t" es el Valor de student, "gle" son los grados de libertad del error para la ANOVA de las variedades testigo, "CME" es el cuadrado medio del error para la misma ANOVA y "r" el número de bloques.

Obtener el ranking ajustado de acuerdo a la DMS (R<sub>dms</sub>), asignando ±1, cuando la "diferencia" del genotipo ajustado este entre 0 y ±1 DMS, asignando ±2, cuando la "diferencia" del genotipo ajustado este entre ±1 y ±2 DMS, y así sucesivamente.

Obtener el IS (Índice de selección), para lo cual se suman el rango ajustado (R<sub>dms</sub>) y el rango natural (Rank) de cada genotipo. Se calcula el promedio del IS y se seleccionan los genotipos cuyo valor sea superior a este lo cual permite hacer inferencias por variable individual.

Se suman los IS de cada variable se obtiene el estadístico ISG (Índice de selección general), se calcula el promedio del ISG y seleccionan los genotipos cuyo valor sea superior a este. En este ensayo se calculó el ISG así:  $ISG = [IS \% \text{ tiras no quemadas} + IS \% \text{ hojuelas no quemadas} + IS \text{ Gravedad específica} + IS \text{ Rendimiento Procesable} + IS \text{ Peso2}]$

Se puede direccionar la selección con la asignación de coeficientes lineales (ponderación) a cada IS en la obtención del ISG. Así, el uso de los ISG permite una selección multivariada de los materiales promisorios. En este trabajo se calcularon 3 ISG, cada uno con una diferente ponderación de las variables para dirigir la selección hacia los objetivos propuestos.

El diseño tuvo 6 repeticiones cada una con 9 parcelas (3 testigos y 6 clones diferentes). El análisis estadístico se realizó con la macro de SAS propuesta por Cotes y Nústez (2000).

# RESULTADOS Y DISCUSION

La tabla 3 muestra que no hay diferencias significativas entre bloques, manifestando homogeneidad del lote en cuanto a las condiciones que afectan las variables evaluadas e indicando que las diferencias entre las magnitudes de las variables se deben principalmente a los genotipos.

Los coeficientes de variación más altos se presentan en las variables rendimiento procesable y peso tamaño 3, evidenciando mayor dispersión de los datos; para las demás variables se obtienen coeficientes de variación adecuados para las condiciones de campo y laboratorio (Tabla 3).

Los coeficientes de determinación (R<sup>2</sup>) de las variables: peso total de tubérculos, peso tamaño 2 y de gravedad específica oscilan entre 0.58 y 0.60, es decir, que menos del 60% de la variación puede atribuirse o explicarse por el modelo (bloques y tratamientos) y el 40% restante de la variación total se debe a factores aleatorios, haciendo evidente un ajuste intermedio del modelo a los datos experimentales para estas variables. Para las demás variables el coeficiente de determinación es alto, o sea, que más del 70% de la variación de los datos experimentales se puede explicar por el modelo; esto implica que el modelo de bloques completamente al azar fue adecuado para el experimento (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadrados Medios de las variables evaluadas para los testigos

F.V.	G.L.	PESO TOTAL	RENDIMIENTO PROCESABLE	PESO TAMAÑO 2	PESO TAMAÑO 3	GRAVEDAD ESPECIFICA	%TIRAS NO QUEMADAS	%HOJUELAS NO QUEMADAS
BLOQUE	5	35.06	52.23	11.07	2.31	0.0000101	116.67	45.56
VARIEDAD	2	346.5*	465.5**	22.84	4.28*	0.0000521*	11216.67**	4938.89**
ERROR	10	61.74	40.07	7.08	0.73	0.0000103	123.33	112.22
C.V.		24.09	32.84	24.30	35.62	0.2957	18.01	16.58
R2 (%)		0.58	0.75	0.59	0.73	0.6001	0.95	0.9

F.V.=Fuente de Variación. G.L.=Grados de libertad. C.V.=Coeficiente de Variación expresado en porcentaje, F. R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación. \*Significancia estadística al 5%. \*\*Significancia estadística al 1%

## Calidad en frito

Para la variable porcentaje de tiras no quemadas el análisis tradicional de diseños aumentados elige 7 clones (los iguales y superiores); mientras que el análisis de suma de

rangos elige 11, aquellos que tienen más del 8.3% de tiras no quemadas, debido probablemente a su menor contenido de azúcares reductores y/o componentes que provocarían algún tipo de pardeamiento (Figura 1).

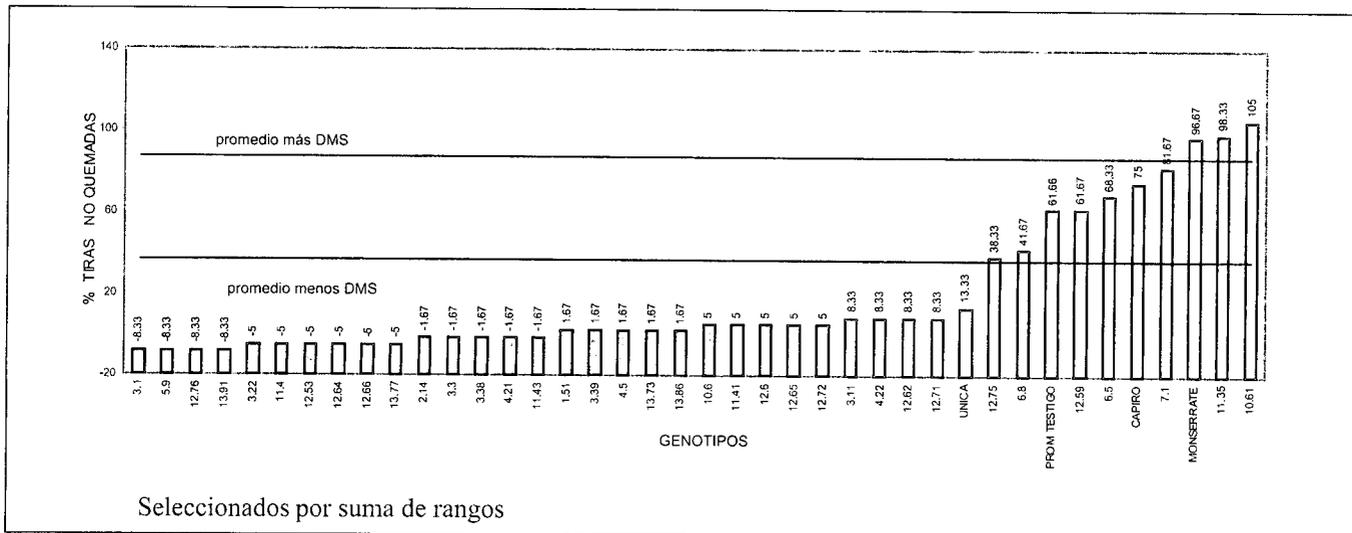


Figura 1. Selección por métodos tradicional y de suma de rangos para la variable % de Tiras no quemadas.

Para la variable porcentaje de hojuelas no quemadas el análisis tradicional de diseños aumentados elige 6 clones (los iguales y superiores); mientras que el análisis de suma de rangos elige 10, aquellos que tienen más del

17.22% de hojuelas no quemadas, probablemente por su menor contenido de azúcares reductores y/o componentes que provocarían pardeamiento (Figura 2).

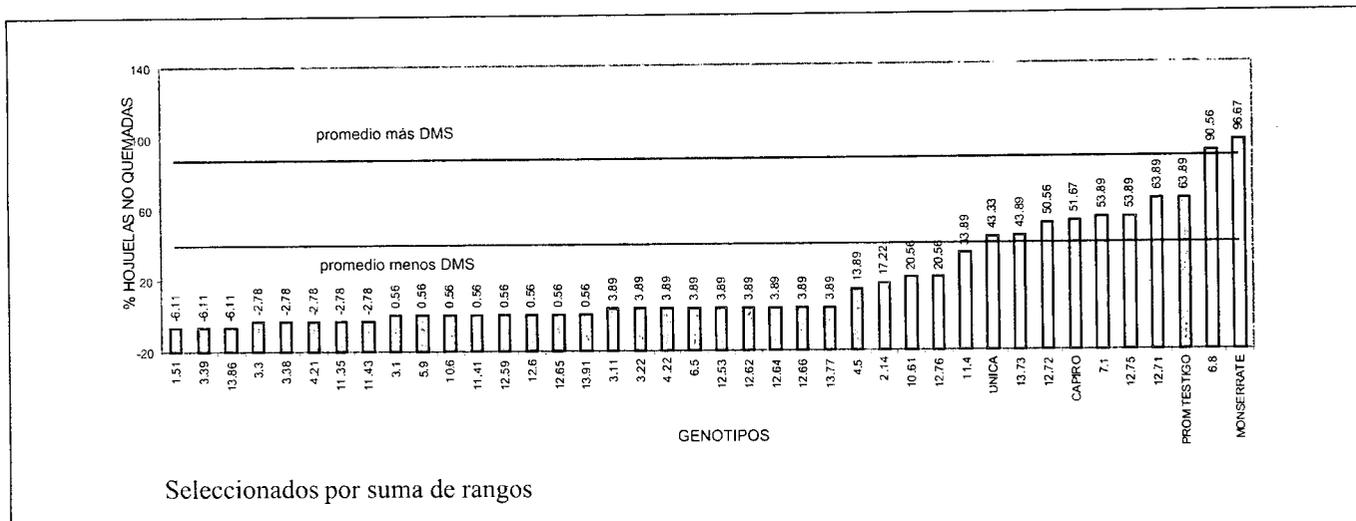


Figura 2. Selección por métodos tradicional y de suma de rangos para la variable % de Hojuelas no quemadas.

Aunque se esperaba que los clones que no se quemaron en hojuelas se comportaran igual en tiras, por su menor exposición al aceite caliente por unidad de peso, los clones 2.14, 11.4, 12.72, 12.76, y 13.73 se quemaron en tiras mas no en hojuelas; esto probablemente por que el contenido de materia seca es variable entre tubérculos incluso de la misma planta.

Para la variable gravedad específica, que determina el contenido de materia seca, el promedio de las variedades es 1.0871 y la DMS ajustada es de 0.0072, por lo cual el análisis tradicional de diseños aumentados elige 14 clones (los iguales); mientras que el análisis de suma de rangos elige 18, aquellos que tienen un valor superior a 1.0739 (figura 3).

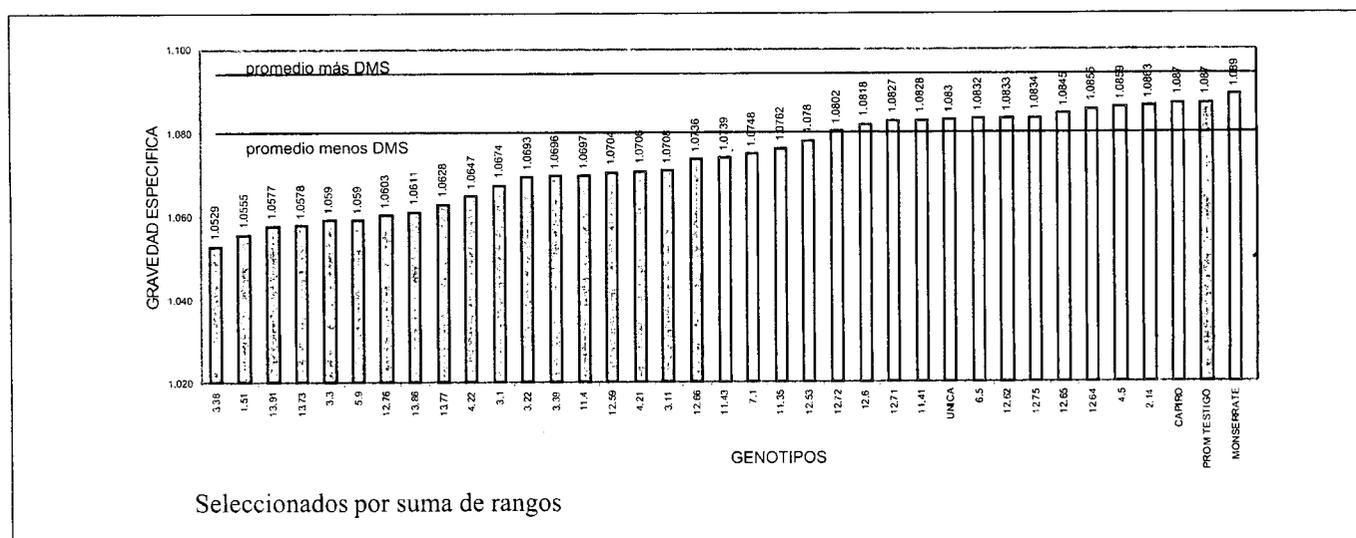


Figura 3. Selección por métodos tradicional y de suma de rangos para la variable Gravedad específica

De los 18 clones elegidos por gravedad específica los clones: 10.6, 4.5, 12.64, 12.65, 11.41, 12.6, 12.53 y 11.43 no son elegidos por porcentaje de tiras y hojuelas no quemadas, probablemente por el contenido variable de sólidos entre tubérculos o por que se quemaron debido a la presencia de otros componentes diferentes de azúcares reductores.

De los clones seleccionados por tiras no quemadas y por hojuelas no quemadas el 72% y el 70% respectivamente, fueron elegidos por gravedad específica, coinci-

diendo con lo reportado Talburt y Smith cuando aseguran que materiales con mayor contenido de materia seca (determinada por la gravedad específica) tienden a acumular menor cantidad de azúcares reductores.

Dentro de los testigos, para las tres variables, Unica fue la variedad de menor valor por haber presentado una GE inferior (1.083) a la requerida (1.085) y, menor porcentaje de tiras y hojuelas no quemadas; comprobando lo reportado por FEDEPAPA, que su contenido de azúcares reductores es más alto y su porcentaje de materia seca

más bajo respecto a los otros testigos. Es evidente que las variedades Unica y Capiro presentaron niveles de azúcares reductores superiores al requerido, que significaron porcentajes importantes de hojuelas y tiras quemadas. Esto se puede explicar probablemente por la altitud y la temperatura promedio en la que se desarrolló el cultivo, y es de esperar que cuando las variedades y los clones se cultiven en una temperatura mayor, su contenido de azúcares reductores baje.

## Rendimiento

Para la variable peso total de tubérculos el promedio de las variedades es 20.38 ton/ha y la DMS ajustada es 11.1 ton/ha, por lo que el análisis tradicional elige 35 clones (los iguales y superiores); mientras el análisis de suma de rangos elige 17, los que rinden más de 16.39 ton/ha (Figura 4).

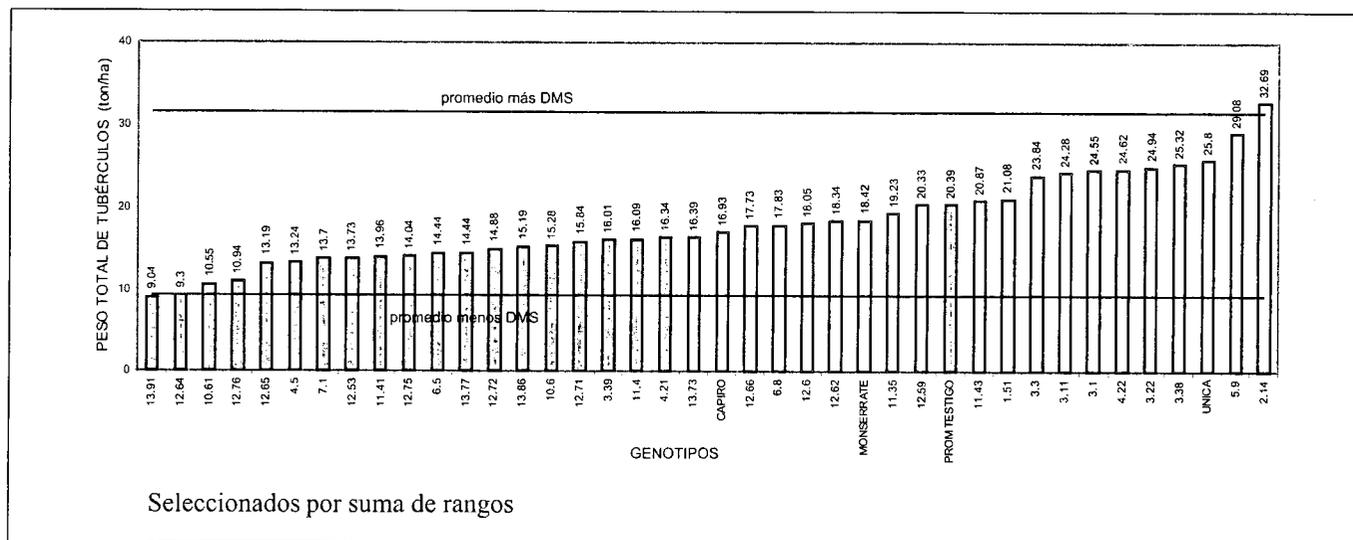


Figura 4. Selección por métodos tradicional y de suma de rangos para la variable Peso Total de Tubérculos.

Las variedades testigo presentaron rendimientos inferiores a los comerciales debido probablemente a condiciones medioambientales desfavorables; esto lleva a pensar que en mejores condiciones, los clones 2.14 y 5.9 alcancen rendimientos por encima de 37 ton/ha.

El promedio de la variable rendimiento procesable de las variedades testigo es 12 ton/ha y la DMS ajustada

es de 8.93 ton/ha, por lo cual el análisis tradicional de diseños aumentados elige 32 clones (los iguales), mientras que el análisis de suma de rangos elige 17, los que presentan más de 7.7 ton/ha de tubérculos con diámetro superior a 6 cm (Figura 5). La familia 3 fue la de mejor comportamiento junto con las familias 2, 5, y 6 evidenciando el carácter de la subespecie *tuberosum* de sus parentales para esta variable.

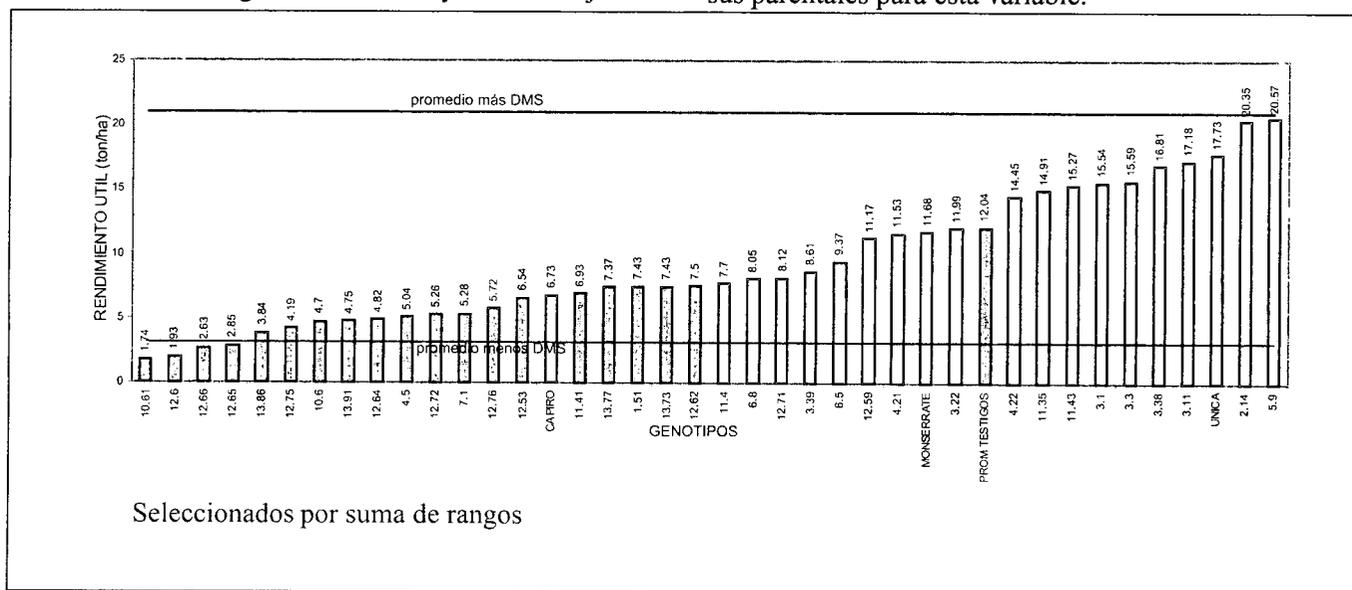


Figura 5. Selección por métodos tradicional y de suma de rangos para la variable Rendimiento Procesable.

Los clones 2.14 y 5.9, además de tener un rendimiento alto, presentan rendimiento procesable superior a Unica que es el mejor de los testigos para esta característica, mostrando el potencial de estos clones como parentales y/o variedades.

Respecto al rendimiento total, el 68.7 % en Unica, el 63.4 % en Monserrate y sólo el 39.7 % en Capiro corresponden a rendimiento procesable. Capiro es la de menor rendimiento procesable, quizá por presentar predominancia del tamaño primera, mientras que en las variedades Unica y Monserrate predominan los tamaños cero y primera como lo reporta FEDEPAPA.

A pesar que una proporción del tamaño 2 (entre 40mm y 50mm de diámetro) no es deseable en papas producidas para fritar, en el análisis ponderado se incluye como una característica de signo positivo (sin darle mucha importancia en las diferentes ponderaciones) por no descartar que puedan ser usadas en el procesamiento industrial.

El promedio para la variable peso tamaño 2 de las variedades testigo es 6.87 ton/ha y la DMS ajustada es 3.75 ton/ha, por lo que el análisis tradicional elige 35 clones (los iguales y superiores) mientras el análisis de suma de rangos elige 19, aquellos que superan las 7.19 ton/ha (figura 6).

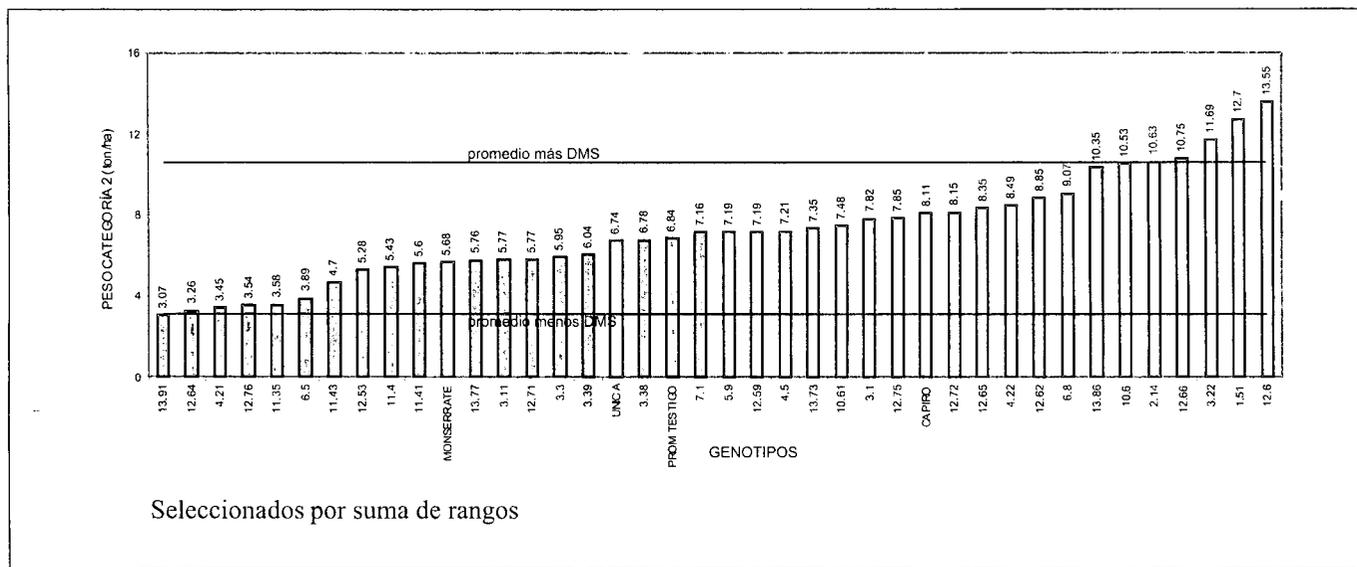


Figura 6. Selección por métodos tradicional y de suma de rangos para la variable Peso tamaño 2.

Los clones 2.14 y 5.9, y los testigos Unica y Monserrate presentan valores en este tamaño que sumados a rendimiento procesable dan valores superiores al 93% del rendimiento total, significando que la cantidad de producto no procesable es baja.

La variable peso tamaño 3 no se incluye dentro este análisis ni dentro del ponderado debido a que hace parte del rendimiento no procesable y por ello no es una característica importante dentro de los objetivos de este trabajo.

### Respuesta a gota

Pese a que las condiciones ambientales no fueron óptimas para un desarrollo considerable de la epidemia de gota, en la medición del día 111 después de la siembra hubo un aumento de la enfermedad, la cual incrementó considerablemente los datos de severidad de la infección sobre las plantas. En las mediciones posteriores se halló que las lesiones encontradas anteriormente cesaron su crecimiento.

Podemos evidenciar una respuesta diferencial de clones y variedades con relación a la severidad de la enfermedad, pero por ser los datos tan bajos (la severidad más alta fue de 9% para Capiro y de 5% para el clon 3.3 en la escala CIP en el día 111) no podemos deducir que materiales son o no resistentes, y, así descartar cualquier material es riguroso; por ello la variable área bajo la curva de severidad de la epidemia no fue tomada en cuenta en el análisis estadístico.

El promedio del área bajo la curva de severidad fue de 35.45, sólo 5 clones lo superaron (Grupo 3), los cuales fueron tanto y más susceptibles a la enfermedad que el testigo Capiro (Figura 7), que tal como reporta FEDEPAPA y otros autores es susceptible al ataque de *P. infestans*. Los clones del grupo 1 no presentaron la enfermedad durante el cultivo probablemente por que tienen una resistencia al patógeno de tipo vertical mientras que los del grupo 2 quizás presenten resistencia horizontal. Para la realización de estudios posteriores, es conveniente llevar a cabo mediciones de gota en un lugar con mayor incidencia de la epidemia.

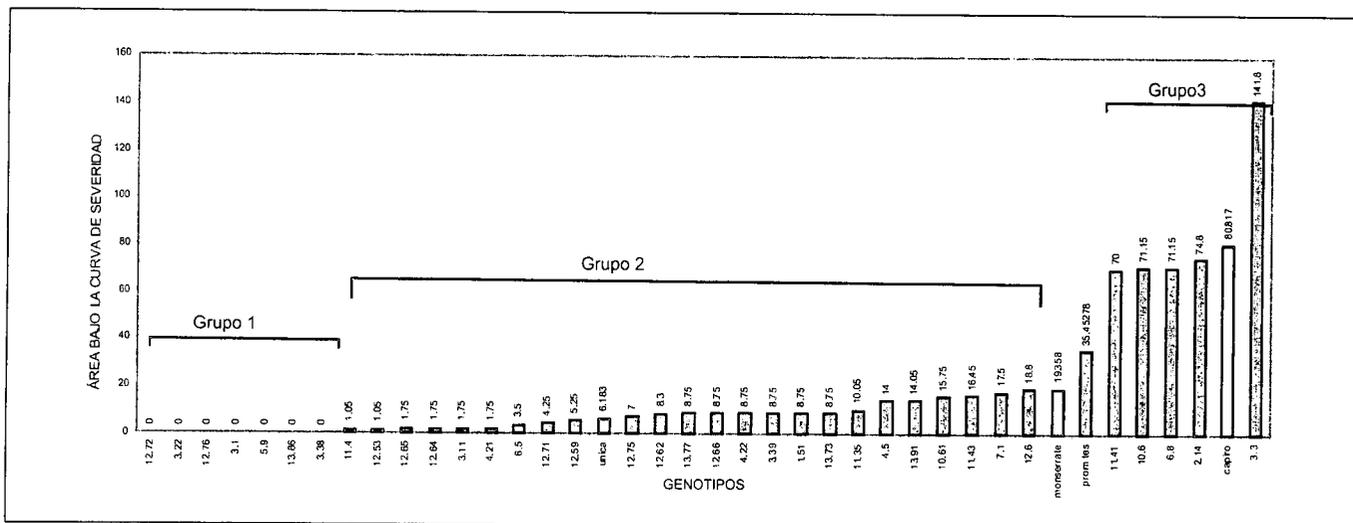


Figura 7. Respuesta de los materiales a la infección de Gota

### Precocidad

Se tomó la variable dds a inicio de tuberización, ya que según Avella y Parra (1997), la precocidad se puede estimar utilizándola, con la ventaja de poderse evaluar en etapas intermedias del ciclo y no al final. Se comparó esta variable con dds a maduración fisiológica y no se encontró correlación entre ellas, lo cual se puede explicar probablemente por pertenecer estos clones predominantemente a la subespecie *tuberosum*; por lo anterior se analizó la variable dds a maduración como parámetro de

precocidad, aunque no estadísticamente puesto que cada variedad testigo maduró al mismo tiempo en todos los bloques.

Los clones 3.38, 4.22, 6.5, 7.1, 11.40, 12.75, 13.73 y 13.77 maduraron quince días más temprano que la variedad Capiro que maduró a los 169 días, evidenciando el carácter de precocidad de la subespecie *tuberosum*; se espera que su maduración se produzca en menor tiempo, dependiendo de la altitud (<3100msnm) y temperatura en la que se desarrolle el cultivo. (Figura 8).

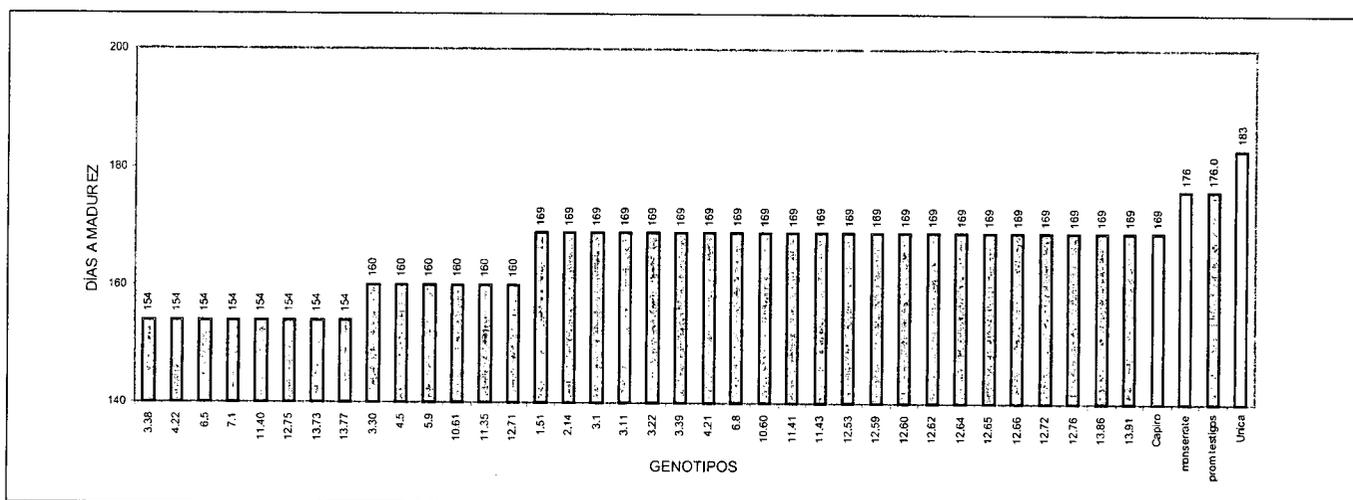


Figura 8. Días después de la siembra a madurez fisiológica.

### ANÁLISIS PONDERADO

El análisis de los diseños aumentados mediante la suma de rangos propuesta por Cotes y Núñez (2000), agilizado por la Macro "DA".

Dentro del análisis ponderado la variable Peso Total de Tubérculos no es incluida debido a que es una variable que depende de la suma de los pesos de los tamaños 0, 1, 2 y 3, y para efectos de calidad para frito se requie-

ren papas idealmente de los tamaños 0 y 1 (rendimiento procesable), aunque se aceptan también del tamaño 2 (dependiendo de la necesidad), es decir, es mejor tener un bajo rendimiento con alto porcentaje de tubérculos de los tamaños 0 y 1, que uno alto con bajo porcentaje de estos tamaños.

Las diferentes ponderaciones posibles permiten dar la importancia adecuada a las variables que son secundarias o que pasan a serlo por circunstancias adversas al experimento. Además, al comparar las selecciones de las

ponderaciones se puede concluir qué clones son mejores dado que se mantienen como superiores en todas las ponderaciones.

En el primer ISG su ponderación (1:1:1:1) asigna igual importancia a cada una de las variables para seleccionar los clones que se comportan bien para el conjunto

de todas las variables (Figura 9). Entre los 19 clones seleccionados (ISG superior a 54.94) se destacan: 6.8 por porcentaje de tiras y hojuelas no quemadas, gravedad específica y regular comportamiento para las demás variables; 2.14 por gravedad específica, rendimiento procesable y regular comportamiento en porcentaje de hojuelas no quemadas y peso tamaño 2.

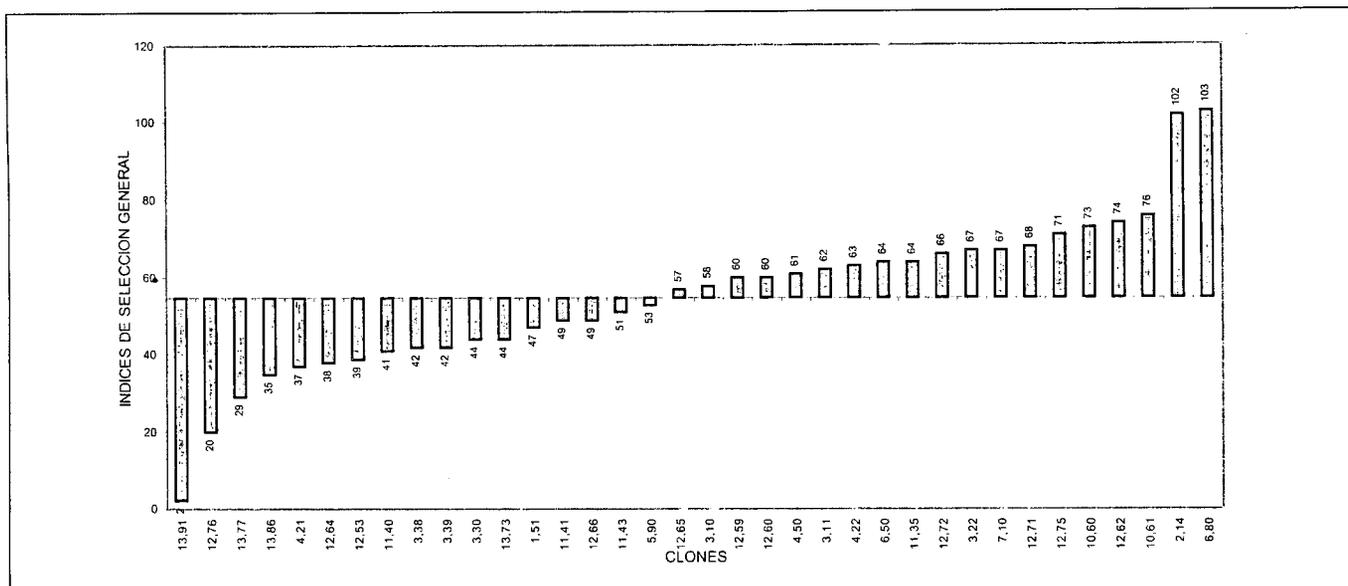


Figura 9. Selección de clones por la ponderación 1

En el segundo ISG su ponderación (1:1:1:3:1) asigna el 42.8% de importancia a la variable rendimiento procesable y 14.2% a cada una de las restantes variables para seleccionar los clones que presentan tubérculos grandes ideales para la industria (Figura 10). Entre los 15 clones

seleccionados (ISG superior a 89.66) se destacan: 2.14 y 6.8 por las mismas características de la selección 1; 3.11 por la variable resaltada y regular comportamiento en porcentaje de tiras no quemadas, y 5.9 por la variable resaltada y regular comportamiento en peso tamaño 2.

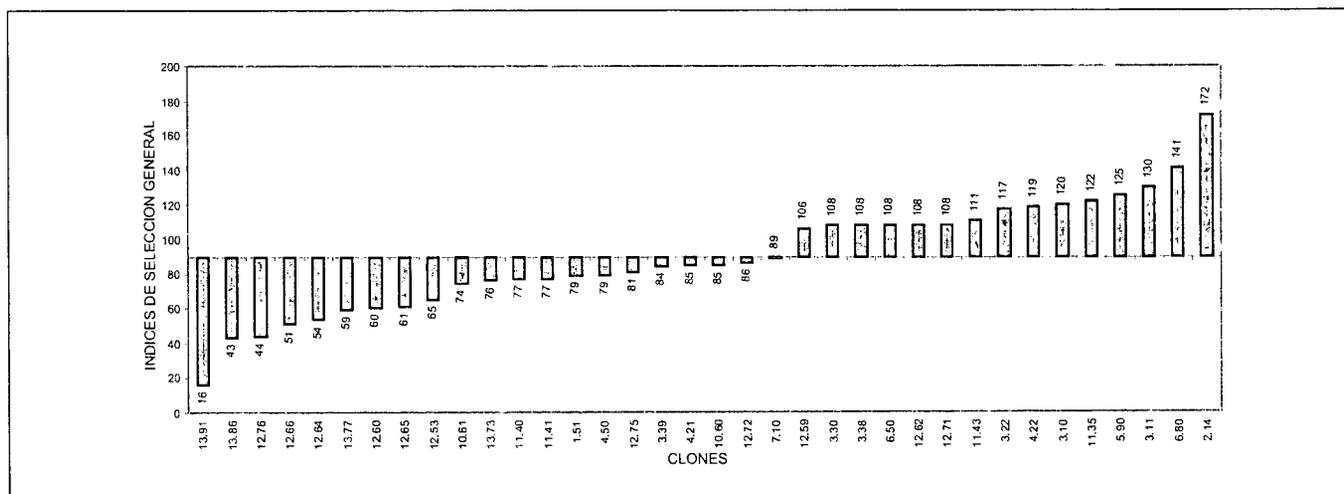


Figura 10. Selección de clones por la ponderación 2

En la ponderación del tercer ISG (5:5:5:1:1) se asigna el 29.4% de importancia a cada variable de calidad en frito y 5.8% a cada una de las restantes variables para seleccionar los clones que además de tener alto rendimiento en producto terminado no presenten pardeamiento al ser fritos (Figura 11). Entre los 17 clones seleccionados

(ISG superior a 135.05) se destacan: 10.61 por porcentaje de tiras no quemadas, gravedad específica y regular comportamiento en porcentaje de hojuelas no quemadas y peso tamaño 2, y 6.8 por las mismas razones que en el ISG1.

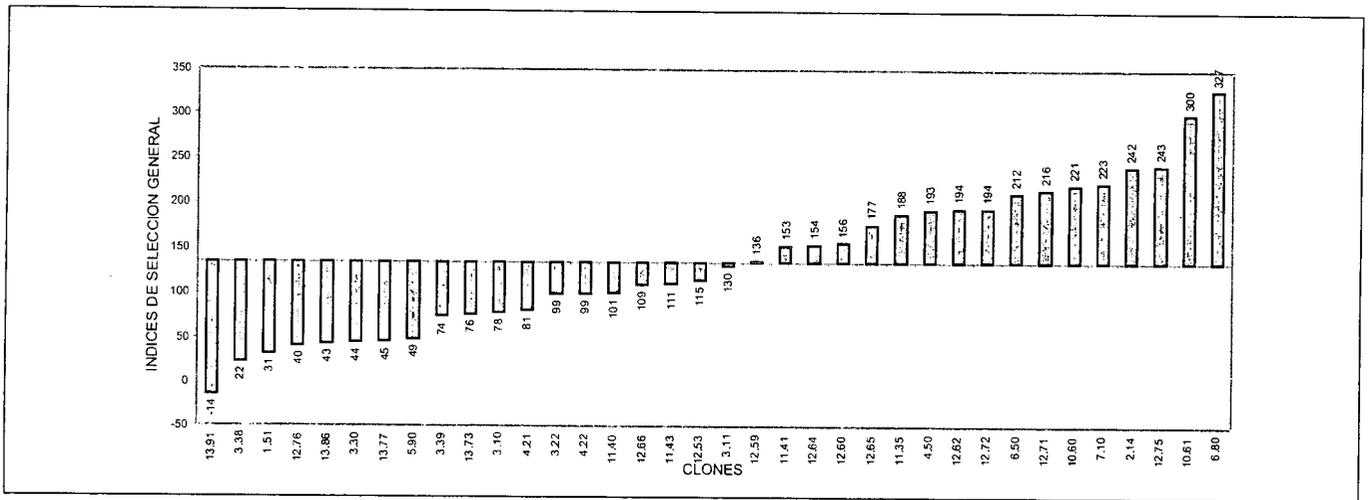


Figura 11. Selección de clones por la ponderación 3

Pese a que la correlación entre las tres variables de calidad en frito es baja, el análisis multivariado en esta ponderación establece un equilibrio y permite saber qué clones se comportan mejor para estas variables.

Los clones que deben continuar en el programa de mejoramiento son los seleccionados por la ponderación 1, en total 19 (Figura 9), de los cuales los clones 2.14, 6.5, 6.8, 11.35, 12.59, 12.62 y 12.71 son los mejores pues se destacan por tener papas grandes, alta gravedad específica, alto porcentaje de tiras y hojuelas no quemadas (ponderaciones 2 y 3) lo que hace que en las tres ponderaciones sean seleccionados.

En la tabla 4 se muestran las principales características externas de calidad de los mejores clones, según los

descriptores morfológicos propuestos por Huaman *et al.* (1977). El clon 12.59 a pesar de su color de carne tiene un buen color de frito tanto en tiras como en chips al igual que los demás. Por la forma de tubérculo de los clones 6.5 y especialmente 12.59 se convierten en recomendables para procesamiento en forma de tiras, mientras que los otros son recomendables para hojuelas.

Entre los 7 clones destacados los clones 6.8 y 2.14 presentan respuesta a gota desfavorable y, el clon 6.5 es uno de los más precoces (15 días menos que Capiro).

Los clones destacados en cada variable o en el conjunto de variables (análisis ponderado) son importantes para trabajos posteriores como parentales o como nuevas variedades.

Tabla 4. Algunas características de calidad de los mejores clones.

CLON	TEXTURA Y COLOR DE PIEL	PROFUNDIDAD DE OJOS	G. ESPECIFICA Y % MATERIA SECA	COLOR DE CARNE	FORMA DE TUBÉRCULO
6.5	lisa color amarillo	superficiales	1.079 21%	crema	elíptica
6.8	lisa color pardo y morado confinado a los ojos	media	1.094 23.7%	crema	redonda
11.35	parcialmente reticulada, color morado y rosado confinado a los ojos	superficiales	1.077 20.5%	crema	redonda
12.59	lisa color amarillo	superficiales	1.072 19.6%	amarillo pálido con médula y anillo vascular violeta claro	Oblonga alargada.
12.71	lisa color amarillo con manchas moradas	media	1.079 21%	blanco	redonda
2.14	lisa color amarillo y rosado confinado a los ojos	media	1.087 22.5%	amarillo pálido	redonda
12.62	Parcialmente reticulada, color morado y amarillo aleatorizado.	media	1.079 21%	crema	redonda

## LITERATURA CITADA

- AVELLA A. y PARRA M. 1997. Evaluación de la colección central de papa *Solanum tuberosum spp andigena* por parámetros de precocidad y calidad industrial. Trabajo para obtener título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. Santafé de Bogotá.
- CAMADRO E. 1996. Especies Silvestres y Mejoramiento Genético de la Papa. Revista Ciencia Hoy. Vol. 5 (35).
- COTES J. M. y ÑÚSTEZ C. 2000. Propuesta para el análisis de Diseños Aumentados en Fitomejoramiento. Revista Latinoamericana de la Papa. En impresión. Bogotá D.C.
- DALE M. y MACKAY G. 1994. Inheritance of Table and Processing Quality. En: Potato Genetics. Edited by Bradshaw J. Dundee UK. p. 285-315.
- ESTRADA N. 1999. La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa. PROINPA-CID-CIP. La paz. Bolivia. p. 43-57, p. 213-215.
- FEDERER y RAGHAVARAO. 1975. On augmented design. Biometrics. N° 31. p. 29-35.
- FEDEPAPA. 1999. Variedades colombianas de papa. Revista papa. N° 19. Bogotá D.C. Colombia.
- GÓMEZ L. y 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. 1988. Quality of potatoes chip manufacture. En: Potato quality, industry needs for growth. Fort Collins, Colorado.
- HERNÁNDEZ E. 1989. Herencia de los factores de calidad para procesamiento de papas autotetraploides. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- HUAMAN Z, WILLIAM T y SAHUANA W. 1977. Descriptor for cultivate potato and for the maintenance and distribution of germoplasm collection. IBPGR. Roma. p. 47.
- INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIAS AGRARIAS. INCA. 1989. Análisis de algunos caracteres químicos y tecnológicos relacionados con la calidad de la papa (*Solanum tuberosum*) Boletín Informativo. N° 5. p. 10-21. La Habana. Cuba.
- MORENO J. 1999. Producción de variedades mejoradas de papa para la Industria con resistencia durable a Gota. *P. Infestans* y adaptación a las regiones paperas de Colombia. CORPOICA - Regional uno. Tibaitatá. Mosquera. Colombia.
- MORENO J. 2000. Calidad de la papa para usos industriales. En: Papas colombianas con el mejor entorno ambiental. Fedepapa. Bogota D.C.
- PÉREZ S. y PINZÓN C. 1999. Componentes de la resistencia parcial a *P. Infestans* en el desarrollo de la epidemia de gota en papa. Trabajo para obtener título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Agronomía. Bogotá DC.
- PINEDA R. 1996. Perspectivas para el desarrollo agroindustrial del cultivo de la papa en Colombia. En: Papas Colombianas con el mejor entorno ambiental. Bogotá. Colombia.
- RODRÍGUEZ M. y TORRES A. 1993. Estudio de los factores que determinan el patrón de precocidad en Papa *Solanum Tuberosum spp Andígena*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- RODRÍGUEZ E. y WROLSTAD R. 1997. Influence of potato composition on chip color quality. En: American Potato Journal. 74 (2). Maine. USA.
- TALBURT W. y SMITH O. 1975. Potato Processing. Westport Connecticut The Avipublish.Company.