

# EVALUACIÓN HORTÍCOLA, PRODUCCIÓN Y CALIDAD POSTCOSECHA DE CLONES AVANZADOS DE PAPA EN LA LOCALIDAD DE DUACA, ESTADO LARA, VENEZUELA

Maritza Ojeda<sup>1</sup>, María Pérez de Camacaro<sup>1</sup>, Dorian Rodríguez<sup>1</sup>,  
Mirian Gallardo<sup>2</sup> y Rosario Valera<sup>1</sup>

## RESUMEN

La producción de papa en Venezuela está limitada por la poca diversidad genética adaptable a los diferentes ambientes agroecológicos. En este estudio se evaluaron trece clones seleccionados a partir de una población de familias de papa del CIP con resistencia a candelilla tardía, y los cultivares 'Andinita', 'Caribay' y 'Atlantic' como testigos, en la localidad de Duaca, estado Lara, a 729 msnm. La emergencia de brotes fue superior para 'Atlantic', seguido de los clones 392634-21 y 393194-1, todos con valores superiores a 90 %. Los materiales mostraron diferencias en el número de tallos, materia seca total aérea e índice de área foliar. El contenido relativo de clorofila también presentó diferencias y fue un buen indicador del proceso de maduración y senescencia foliar para la cosecha. 'Atlantic', 'Andinita' y los clones 393193-16, 392634-21.1 y 393194-1 mostraron la mayor producción así como de tubérculos tamaño comercial (>80 g). El clon 392636-4 presentó su potencial para producir tubérculo-semillas con la mayor proporción de tubérculos entre 25-80 g. Se detectaron diferencias tanto para las variables de calidad física (diámetros polar y ecuatorial, materia seca y gravedad específica) como químicas (SST, acidez, pH, almidón y azúcares reductores) de los tubérculos. 'Caribay', 393194-1 y 393193-16 presentaron el mayor contenido de almidón aunque la mayoría de los clones acumularon contenidos similares a los observados en pisos altitudinales más altos del estado Lara. Para la localidad de Duaca, los materiales 'Andinita', 393193-16, 392634-21.1 y 393194-1 mostraron potencial para producción comercial junto a 'Atlantic', y el clon 392636-4 para la producción de tubérculo-semilla.

**Palabras clave adicionales:** *Solanum tuberosum* L., crecimiento vegetativo, tubérculos, almidón

## ABSTRACT

### **Horticultural evaluation, production, and postharvest quality of advanced potato clones in Duaca, Lara State, Venezuela**

Potato production is limited in Venezuela by a low genetic diversity adaptable to different environments. The aim of this research was to evaluate thirteen clones, selected from a potato family population of CIP, resistant to late blight, and the cultivars 'Andinita', 'Caribay', and 'Atlantic (controls) in Duaca locality, Lara State, Venezuela, at 729 m above sea level. 'Atlantic' showed the best emergence followed by 392634-21 and 393194-1, all with values above 90 %. There were differences among the materials for the number of main stems, total aerial dry mass, and leaf area index. Differences were found among materials for the relative chlorophyll content, and this variable showed to be a good tool for evaluating leaf maturation and senescence before harvest. 'Atlantic', 'Andinita' and the clones 393193-16, 392634-21.1 and 393194-1 showed the highest production, as well as commercial tubers in the class size higher than 80 g. The clon 392636-4 produced the highest proportion of tubers with 25-80 g, indicating its potential as seed-tuber material. There were differences for the physical (polar and equatorial diameters, dry matter, and specific gravity) and chemical tuber quality variables (TSS, titratable acidity, pH, starch, and reducing sugars). 'Caribay', 393194-1 and 393193-16 showed the best values of starch, although most of the materials accumulated similar values of starch to others found at higher altitude lands of Lara State. For Duaca locality, 'Andinita', 393193-16, 392634-21.1 and 393194-1 showed their potential for marketable production along with 'Atlantic', and the clon 392636-4 for seed-tuber production purposes.

**Additional key words:** *Solanum tuberosum* L., vegetative growth, tubers, starch

## INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un

cultivo de gran importancia no sólo por su aporte energético, sino también por su contribución en nutrientes y vitaminas en la dieta humana

Recibido: Marzo 9, 2009

Aceptado: Diciembre 28, 2009

<sup>1</sup> Posgrado de Agronomía, Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". Apdo. 400. Barquisimeto. Venezuela. e-mail: mgojeda@ucla.edu.ve; mariap@ucla.edu.ve; rdorian@ucla.edu.ve; rosariovalera@ucla.edu.ve

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, El Cují, estado Lara. Venezuela. e-mail: mgallardo@inia.gob.ve

(Buckenhüskes, 2005). En el estado Lara y otros estados de la región Centro Occidental y Central de Venezuela, este cultivo constituye uno de los principales productos hortícolas. En estas áreas su producción está limitada a pocos materiales adaptados a las condiciones agroecológicas imperantes entre 700 y 1400 msnm (Quintero et al., 1998; Zamora et al., 2008; Rodríguez et al., 2008), donde principalmente se producen los cultivares Kennebec (para consumo fresco) y Atlantic (para procesamiento). Estos cultivares presentan problemas fitosanitarios, especialmente *Phytophthora infestans* y *Rhizoctonia solani* (García et al., 2005), cuyo control amerita el uso de agroquímicos en forma intensiva, lo cual trae como consecuencia problemas de salud tanto para el productor y su familia, como para los consumidores, así como contaminación ambiental. De allí la necesidad de seleccionar nuevos cultivares adaptables a zonas altitudinales intermedias y bajas, tolerantes a enfermedades, con mejor rendimiento y calidad que los utilizados actualmente, así como su uso potencial para consumo fresco o agroindustria. Entre las variables de calidad, el contenido de almidón es muy importante por ser la principal fuente de carbohidrato de la papa (Struik et al., 1999). Los azúcares reductores son otra variable relevante, ya que altos valores confieren respuestas de oscurecimiento que son indeseables durante el procesamiento industrial (Andrade, 1997).

Desde la década de los 80 en Venezuela se inició un programa de mejoramiento del cultivo utilizando materiales provenientes de poblaciones de familias de papa (semilla sexual) del Centro Internacional de la Papa (CIP), que fueron seleccionados por resistencia a candelilla tardía (*Phytophthora infestans*) (Landeo et al., 2000; González et al., 2005) y por su capacidad productiva, y han sido evaluados bajo condiciones controladas y de campo (Rodríguez et al., 2008).

Las sucesivas evaluaciones de campo han permitido seleccionar materiales con características deseables para el mercado nacional; en ese sentido, los materiales que actualmente evalúa el programa se caracterizan por tener tubérculos de forma oval a redonda, ojos superficiales, con la piel lisa y de color amarilla y la pulpa amarillo claro (Zambrano et

al., 2005).

La finalidad de este estudio fue evaluar el comportamiento hortícola, producción, calidad poscosecha y uso potencial de trece clones y tres cultivares comerciales de papa incluyendo 'Atlantic' como testigo en la localidad de Duaca, estado Lara, Venezuela.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en la localidad de Duaca, en la Hacienda El Danubio, Municipio Crespo del estado Lara, localizada geográficamente a 10° 16' N y 729 msnm.

Los materiales evaluados fueron clones experimentales de papa, previamente seleccionados a partir de familias de semilla sexual provenientes de la Población B del Centro Internacional de la Papa (CIP) en el Perú por su resistencia a candelilla tardía, identificados como: 392634-21, 392634-21.1, 392636-4, 392636-9, 392636-31, 393180-10, 393180-32, 393193-16, 393193-16.1, 393194-1, 393465-1, 393465-1.1, 393636-50, y como testigos los cultivares Andinita, Atlantic y Caribay. Para el establecimiento del ensayo, se seleccionaron tubérculos con un peso promedio individual de aproximadamente 50 g. Cada tubérculo entero se colocó en el fondo del surco y luego se procedió a su tapado.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres repeticiones y cada una de ellas con cuatro hileras de 11 tubérculos cada una, separados a 0,25 m y 0,90 m entre hileras, generando una densidad poblacional de 44.444 plantas·ha<sup>-1</sup>.

El manejo hortícola del cultivo fue similar al usado por el productor. Al momento del establecimiento del cultivo se aplicaron 1200 kg·ha<sup>-1</sup> de 10-12-20-5,1 con micronutrientes, y además se incorporó estiércol de gallina y cascarilla de arroz a razón de 4000 kg·ha<sup>-1</sup>. El sistema de riego fue localizado con una frecuencia diaria. Semanalmente se fertirrigaba variando la fuente según el estado de desarrollo del cultivo. Durante la emergencia de los brotes y crecimiento vegetativo se usaron fertilizante a base de nitrógeno y fósforo; durante y posterior al proceso de tuberización con nitrato de potasio. Se hizo un control adecuado de plagas y enfermedades cuando fue requerido.

A los 26 días después de plantados (ddp) los

tubérculos-semilla se evaluó el porcentaje de emergencia de brotes contando el número de brotes emergidos en la superficie del suelo en las hileras de cada parcela. Posteriormente, esta información se relacionó con el número de tubérculos plantados en campo para obtener el porcentaje de emergencia de cada material genético. A los 41 ddp se contó el número de tallos emergidos directamente de los tubérculos-semilla.

A los 62 ddp en cada una de las cuatro hileras de cada parcela se cortó una planta (cuatro plantas por repetición) a nivel del cuello y se llevaron al laboratorio donde fueron separadas en tallos y hojas. Luego se colocaron en una estufa con ventilación forzada a 75 °C hasta alcanzar peso constante para obtener la materia seca aérea total de la planta (tallos y hojas).

El índice de área foliar (IAF) se midió a los 89 ddp usando un ceptómetro LICOR modelo LAI-2000, y consistió en tomar una lectura en transectas perpendiculares en dos hileras adyacentes. En cada parcela se evaluaron cuatro transectas y estas mediciones siempre se realizaron entre las 8:00 y 10:30 am, bajo condiciones de radiación uniforme.

El contenido relativo de clorofila se determinó a los 74, 81 y 89 ddp para monitorear el proceso de maduración del cultivo, usando un SPAD-502 marca Minolta, midiendo tres plantas en la hilera central de cada parcela. En cada planta se obtuvo un promedio proveniente de tres mediciones realizadas sobre folíolos maduros (completamente expandidos y en buen estado fitosanitario). Estos valores revelaban el contenido relativo de clorofila en el tejido foliar y se expresó como unidades SPAD.

La cosecha se realizó a los 98 ddp cuando los materiales genéticos presentaron, en promedio, al menos un 75% de signos de senescencia. Los tubérculos cosechados fueron contados, pesados y clasificados en tres categorías: Comercial (>80 g), Semilla (25-80 g) y Descarte (<25 g). Con esta información se estableció el rendimiento relativo en función a cada tamaño del tubérculo, y la producción total/planta de cada material genético. Luego, se estimó la producción por hectárea, usando como referencia la densidad de plantación comercial del ensayo.

Los materiales cosechados, previamente clasificados en campo por categorías y material,

se evaluaron en el Laboratorio de Postcosecha de los Postgrados de Agronomía de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”, en Tarabana, estado Lara donde se analizaron características físicas y químicas de los tubérculos, excepto los contenidos de almidón y azúcares reductores en los clones 392634-21.1, 393193-16.1 y 393465-1.1 por insuficiencia de tubérculos.

Para las evaluaciones de calidad se utilizó un de mínimo 12 tubérculos de la categoría comercial por cada material genético, y las determinaciones fueron realizadas por triplicado.

La caracterización física incluyó la medición de los diámetros polares y ecuatoriales con el uso de un vernier digital. El contenido de materia seca se determinó en muestras de pulpa molida de los tubérculos de los diferentes materiales, colocadas en una estufa a 70 °C hasta peso constante. La gravedad específica se determinó a través del método del volumen desplazado, según Kleinkopt et al. (1987).

Para la caracterización química, se determinaron los sólidos solubles totales (SST) en muestras de papa finamente molidas usando un refractómetro digital ATAGO PR-101. El pH se midió directamente en muestras de pulpa molida de tubérculos usando un potenciómetro. La acidez titulable se determinó colocando 10 g de muestra de pulpa molida disuelta en 50 ml de agua destilada y posteriormente titulada con NaOH 0,1 N. Se registró el volumen necesario hasta alcanzar un pH de 8,1 con un potenciómetro, y la acidez se calculó expresada como ácido cítrico. Igualmente, se determinaron los contenidos de azúcares reductores mediante la técnica de Ting (1956) y los contenidos de almidón de acuerdo a lo señalado por Joslyn (1970).

Las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de varianza y prueba de medias según Duncan utilizando el programa SAS versión 8 (Cary, North Carolina). Los datos de las variables número de tallos, materia seca aérea total, producción y contenido de almidón se transformaron según la  $\sqrt{(x+0,5)}$  para disminuir la variabilidad de los datos.

## RESULTADOS

**Evaluación hortícola.** Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de emergencia de los brotes entre los materiales (Cuadro 1). El mayor

valor lo presentó 'Atlantic', seguido de 392634-21, 393194-1, 'Andinita', 393193-16, 393180-10 y 393465-1.1, con un porcentaje de emergencia superior a 85 % para todos estos materiales a los 26 ddp. En contraste, los clones 393180-32 y 392636-4 y 393636-50 mostraron valores

inferiores al 75 %.

El número de tallos principales por planta reflejó que los materiales 'Caribay', 393193-16, 392636-9, 393194-1, 393180-32, 392636-4, 393465-1 y 393180-10 presentaron los más altos promedios con más de dos tallos/planta a los 41 ddp (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Porcentaje de emergencia de brotes, número de tallos, materia seca total aérea e índice de área foliar de 16 materiales de papa cultivados en Duaca, estado Lara

Material	Emergencia de brotes (%) 26 ddp	Número de tallos 41 ddp	Materia seca total aérea (kg) 62 ddp	Índice área foliar 89 ddp
392634-21	91,92 ab	1,90 b	0,1074 ab	3,63 ab
392634-21.1	80,13 bc	1,69 b	0,0508 b	2,43 cd
392636-4	68,01 d	2,13 b	0,0994 ab	3,44 abc
392636-9	83,84 abc	2,19 ab	0,0560 b	3,18 abcd
392636-31	84,85 abc	1,63 b	0,0906 ab	2,87 abcd
393180-10	88,89 ab	2,00 b	0,1138 ab	2,96 abcd
393180-32	64,14 d	2,14 b	0,1065 ab	3,46 abc
393193-16	88,89 ab	2,22 ab	0,1219 a	3,32 abcd
393193-16.1	79,80 bc	1,92 b	0,0467 b	3,44 abc
393194-1	91,92 ab	2,17 ab	0,0890 ab	3,97 a
393465-1	80,30 bc	2,00 b	0,0907 ab	3,22 abcd
393465-1.1	86,86 ab	1,73 b	0,0476 b	2,48 bcd
393636-50	72,73 cd	1,92 b	0,0738 ab	3,46 abc
Andinita	89,90 ab	1,88 b	0,0961 ab	2,24 d
Atlantic	95,96 a	1,74 b	0,0988 ab	3,27 abcd
Caribay	84,85 abc	2,71 a	0,0817 ab	3,84 a
C.V. (%)	13,98**	29,58*	28,97*	19,00*
n	9	33	12	15

Separación de medias según Prueba de Duncan \*P ≤ 0,05; \*\*P ≤ 0,01. Datos de número de tallos y materia seca aérea transformados según ( $\sqrt{x+0,5}$ ). ddp: Días después de plantados

La materia seca total aérea del material 393193-16 obtuvo el mayor valor promedio (Cuadro 1) y la mayoría de los demás materiales fueron similares a éste. El índice de área foliar (IAF) fue mayor para 393194-1 y 'Caribay', y muy similares a éstos estadísticamente la mayoría del resto de los materiales con promedios inclusive superiores a 3 (Cuadro 1).

El contenido relativo de clorofila a los 74 ddp (aproximadamente 21 días antes de la cosecha) de los cultivares Andinita, Atlantic, y el clon 393636-50 presentaron los menores valores (Cuadro 2), señalando un inicio de la senescencia foliar más tempranamente. En contraste, los mayores contenidos lo presentaron los clones 393193-16, 393194-1 (Cuadro 2), y no muy diferentes a éstos 392634-21, 393180-32, 393465-1, 'Caribay' y 393193-16.1 con

resultados promedios superiores a 35 unidades, indicando que aún no presentaban signos de maduración reflejando ser materiales un poco más tardíos. En general, esta misma tendencia del contenido relativo de clorofila se mantuvo para las otras mediciones realizadas a los 81 y 89 ddp, excepto para los materiales 393465-1.1, 393193-16.1 y 392636-31, los cuales aceleraron su proceso de senescencia en apenas 15 días con resultados muy parecidos a los de 'Atlantic' y 'Andinita', es decir, los primeros en presentar indicios de maduración (Cuadro 2).

**Producción de los clones.** El rendimiento más alto lo presentó el cultivar Atlantic con 0,695 kg·planta<sup>-1</sup> y el menor correspondió al clon 392636-4 con una producción por planta inferior a 0,200 kg. (Cuadro 3).

**Cuadro 2.** Contenido relativo de clorofila evaluado al final del ciclo de 16 materiales de papa cultivados en Duaca, estado Lara

Material	Contenido relativo de clorofila (SPAD)		
	74 ddp	81 ddp	89 ddp
392634-21	36,56 ab	30,56 abcdef	23,78 defg
392634-21.1	30,22 cd	29,28 abcdef	21,64 defg
392636-4	33,49 bc	33,81 abc	25,09 bcd
392636-9	30,98 cd	27,89 def	22,34 defg
392636-31	30,37 cd	30,60 abcdef	18,62 g
393180-10	31,48 cd	29,90 bcdef	20,04 efg
393180-32	35,59 b	31,66 abcde	27,76 abc
393193-16	39,07 a	35,70 a	28,53 ab
393193-16.1	35,03 b	30,01 bcdef	18,32 g
393194-1	38,89 a	34,62 ab	27,76 abc
393465-1	35,67 b	33,02 abcd	24,29 bcde
393465-1.1	31,46 cd	31,99 abcde	19,38 fg
393636-50	29,76 d	28,24 cdef	19,74 efg
Andinita	28,14 d	27,10 ef	14,21 h
Atlantic	29,46 d	25,58 f	10,70 h
Caribay	35,76 b	32,42 abcde	30,34 a
C.V. (%)	9,45 **	16,40**	19,93**
n	27	27	27

Separación de medias según Prueba de Duncan \*\*P ≤ 0,01. ddp: días después de plantados

**Cuadro 3.** Producción por planta y superficie, y clasificación según el peso total de los tubérculos de 16 materiales de papa cultivados en Duaca, estado Lara

Material	Producción (kg·planta <sup>-1</sup> )			Producción (kg·ha <sup>-1</sup> )
	Tubérculos > 80 g	Tubérculos 25 - 80 g	Total	
392634-21	0,170 (62 %) d	0,097 (38 %) ab	0,267 cde	11.874 cde
392634-21.1	0,278 (73 %) bc	0,115 (27 %) ab	0,393 bc	17.456 bc
392636-4	0,086 (51 %) e	0,085 (49 %) abc	0,171 f	7.617 f
392636-9	0,215 (69 %) cd	0,086 (31 %) abc	0,301 cde	13.356 cde
392636-31	0,212 (64 %) cd	0,090 (36 %) abc	0,302 cde	13.423 cde
393180-10	0,211 (66 %) cd	0,112 (34 %) ab	0,323 bcde	14.366 bcde
393180-32	0,164 (67 %) d	0,089 (33 %) abc	0,253 def	11.241 def
393193-16	0,249 (65 %) bcd	0,144 (35 %) a	0,393 bc	17.464 bc
393193-16.1	0,266 (75 %) bcd	0,077 (25 %) bc	0,343 bcde	15.219 bcde
393194-1	0,243 (62 %) bcd	0,124 (38 %) ab	0,367 bcd	16.319 bcd
393465-1	0,179 (59 %) d	0,122 (41 %) ab	0,301 cde	13.359 cde
393465-1.1	0,279 (80 %) bc	0,068 (20 %) bc	0,347 bcd	15.443 bcd
393636-50	0,187 (70 %) d	0,074 (30 %) bc	0,261 ef	11.616 ef
Andinita	0,348 (79 %) b	0,089 (21 %) abc	0,437 b	19.439 b
Atlantic	0,651 (94 %) a	0,044 (6 %) c	0,695 a	30.887 a
Caribay	0,227 (64 %) cd	0,119 (36 %) ab	0,346 bcde	15.376 bcde
C.V. (%)	4,70 *	6,34 **	6,36 **	17,06**
n	9	9	9	9

Separación de medias según Prueba de Duncan \*P≤0,05; \*\*P≤0,01, con valores transformados ( $\sqrt{x+0,5}$ )

En general, la producción de tubérculos comerciales (>80 g) mantuvo la misma tendencia

del rendimiento total por planta (Cuadro 3). Los cultivares Atlantic y Andinita, y los clones 393465-

1.1, 393193-16.1, 392634-21.1 y 393636-50 presentaron la mayor proporción (>70 %) de tubérculos comerciales con relación a los clasificados como tubérculo-semillas (25-80 g). El clon 392636-4 presentó la más alta proporción de esta última categoría con un valor de casi 50%, indicando que su mayor producción es de tubérculos tamaño semilla.

Consecuentemente, la producción estimada de los materiales en función a la densidad de plantación comercial utilizada en este ensayo, siguió la misma tendencia que la producción por planta, con los mayores valores observados en 'Atlantic', seguidos de 'Andinita', 393196-16, 392634-21.1, 393194-1, 393465-1.1, 'Caribay', 393193-16.1, 393180-10 (Cuadro 3). No muy diferentes a éstos estuvieron la mayoría de los otros materiales.

**Calidad poscosecha.** En todas las variables físicas y químicas evaluadas en los materiales genéticos se detectaron diferencias altamente significativas ( $P < 0,01$ ). Los cultivares Andinita y Atlantic mostraron los mayores diámetros

polares de los tubérculos (Cuadro 4). En cuanto al diámetro ecuatorial, 'Atlantic', 392636-31 y 393636-50, 393465-1.1, 393193-16.1 fueron superiores con valores en un rango entre 63,37 y 79,28 mm.

El mayor contenido de materia seca fue encontrado en 392634-21 y 393180-32 seguidos de 392636-4 con valores superiores a 24 %. Los materiales 392634-21.1, 393180-10, 393465-1.1 y 'Andinita' presentaron porcentajes de materia seca del tubérculo inferiores a 20 (Cuadro 4).

La mayor gravedad específica correspondió a 'Caribay' con  $1,237 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (Cuadro 4). El resto de los materiales, presentaron valores entre 1,039 y  $1,118 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ .

Con relación a las variables químicas (Cuadro 5), los mayores contenidos de sólidos solubles totales se observaron en 393180-32, y muy similar a éste 392634-21. Los menores valores de pH lo presentaron 'Andinita' seguido de 393636-50 y 392636-31. La acidez se correspondió con los valores de pH, ya que los mayores se observaron en los clones 393636-50 y 392636-31, y los menores en 393193-16, 393194-1 y 'Caribay'.

**Cuadro 4.** Caracterización física de la calidad poscosecha en tubérculos de materiales papa cultivados en la localidad de Duaca, estado Lara

Material	Diámetro polar (mm)	Diámetro ecuatorial (mm)	Materia seca (%)	Gravedad específica ( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )
392634-21	64,93 fg	58,60 de	25,58 a	1,118 b
392634-21.1	74,61 cde	58,35 de	19,90 efg	1,069 b
392636-9	70,27 def	59,28 d	20,36 ef	1,080 b
392636-4	56,90 h	51,54 h	24,24 ab	1,090 b
392636-31	75,32 cd	68,10 b	22,94 bc	1,086 b
393180-10	69,32 ef	53,49 gh	18,28 h	1,066 b
393180-32	55,85 h	53,48 gh	25,48 a	1,098 b
393193-16	64,75 fg	56,16 defg	20,24 ef	1,059 b
393193-16.1	74,69 cde	63,37 c	20,10 efg	1,070 b
393194-1	55,22 h	54,62 efgh	21,30 de	1,081 b
393465-1	60,15 gh	52,08 gh	20,10 efg	1,087 b
393465-1.1	80,17 c	65,90 bc	19,64 fgh	1,079 b
393636-50	70,63 de	67,31 bc	22,54 cd	1,074 b
Andinita	105,57 a	57,80 def	18,64 gh	1,067 b
Atlantic	90,36 b	79,28 a	23,66 bc	1,039 b
Caribay	58,33 h	53,86 fgh	20,12 efg	1,237 a
C.V. (%)	14,40 **	12,61 **	9,37 **	13,97 **
n	30	30	18	30

Separación de medias según Prueba de Duncan \*\* $P \leq 0,01$

En cuanto a los contenidos de almidón, los valores oscilaron entre 46,85 y  $1001,46 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$

(Cuadro 5). Los mayores tenores se obtuvieron en 'Caribay' y 393194-1, seguidos de 393193-16. El

## Ojeda et al. Evaluación hortícola, producción y calidad postcosecha en papa

resto de los materiales fueron estadísticamente inferiores. Los contenidos de azúcares reductores fueron mayores en el 392636-31 y menores en 393636-50 con 663,40 y 267,81 mg·100g<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Caracterización química de la calidad postcosecha en tubérculos de materiales de papa cultivados en la localidad de Duaca, estado Lara

Material	SST (°Brix)	pH	Acidez titulable (ácido cítrico, g·100 <sup>-1</sup> )	Contenido de almidón (mg·100 g <sup>-1</sup> )	Contenido de azúcares reductores (mg·100 g <sup>-1</sup> )
392634-21	4,58 ab	5,91 cd	0,418 b	70,60 ef	534,32 b
392634-21.1	4,06 fg	6,01 b	0,337 f	-	-
392636-4	4,16 def	5,86 def	0,372 cd	107,15 def	356,13 e
392636-9	4,29 cde	5,83 ef	0,353 ef	115,99 def	352,37 e
392636-31	4,36 cd	5,63 g	0,470 a	114,97 def	663,40 a
393180-10	3,67 i	5,93 c	0,340 ef	106,22 def	449,55 cd
393180-32	4,69 a	5,90 cde	0,377 c	150,46 d	511,62 b
393193-16	4,11 ef	6,09 a	0,289 g	652,89 c	458,57 c
393193-16.1	3,88 gh	5,82 f	0,423 b	-	-
393194-1	4,48 bc	6,02 b	0,294 g	896,92 b	430,56 d
393465-1	4,04 fgh	6,01 b	0,351 ef	78,98 def	316,36 f
393465-1.1	3,84 hi	5,80 f	0,426 b	-	-
393636-50	4,15 def	5,65 g	0,469 a	94,31 def	267,81 g
Andinita	3,44 j	5,55 h	0,422 b	46,85 f	323,69 f
Atlantic	4,10 ef	5,85 def	0,358 de	122,20 de	435,30 cd
Caribay	4,35 cd	6,15 a	0,286 g	1001,46 a	423,33 d
C.V. (%)	12,48 **	2,90 **	10,16 **	12,78**	8,76**
n	54	54	36	18	18

Separación de medias según Prueba de Duncan \*\*P≤0,01. SST: Sólidos solubles totales. Datos de contenido de almidón transformados según ( $\sqrt{x+0,5}$ )

## DISCUSIÓN

En general, el porcentaje de emergencia de los brotes fue similar entre los materiales reflejando la calidad de la semilla-tubérculo, con valores cercanos a 90% tres semanas después de plantados (Cuadro 1). Similares porcentajes han sido reportados por otros investigadores en el cultivo de la papa bajo condiciones del estado Lara (Quintero et al., 1998).

El crecimiento vegetativo de los materiales expresado en términos del número de tallos, materia seca total aérea e IAF mostraron un buen desarrollo vegetativo de los mismos (Cuadro 1), lo cual indicó su adaptación bajo las condiciones agroecológicas del ensayo. Estos valores fueron comparables con los reportados por otros investigadores en el cultivo de la papa (Kolbe y Stephan-Beckmann, 1997; Tedone et al., 2005; Kawakami et al., 2006).

El IAF de los materiales cultivados estuvo en

un rango entre 2,24 a 3,97 correspondiendo a 'Andinita' y 393194-1, respectivamente (Cuadro 1). Valores similares dentro de este rango han sido señalados en diferentes cultivares comerciales de papa (Tedone et al., 2005). Este índice es importante ya que sugiere un buen desarrollo vegetativo de la planta para producir fotoasimilados, su consumo de agua (Kawakami et al., 2006), su capacidad de cobertura del suelo para competir con las malezas, así como su relación con la tasa de llenado del tubérculo (Groza et al., 2005), ya que hay una gran interacción entre la tuberización y la estructura del follaje de la planta (Struik et al., 1999). Se ha reportado que cultivares con un excesivo follaje pueden presentar una distribución más gradual y menos rápida de asimilados hacia los tubérculos, en comparación con plantas de menos follaje (Celis-Gamboa, 2002).

Los valores del contenido relativo de clorofila obtenidos en este ensayo (Cuadro 2) son similares a los encontrados por Tedone et al. (2005) en

cultivares tardíos de papa. Esta variable permitió estimar la fecha probable de cosecha, ya que valores menores a 20 unidades SPAD indican la pérdida de clorofila que es la señal usada para monitorear el proceso de senescencia de la planta (Smart, 1994), y criterio utilizado para cosechar. Este proceso refleja la maduración de los órganos cosechables de la papa (Struik et al., 1999), durante el cual hay una secuencia ordenada de movilización de asimilados y nutrientes acumulados durante la etapa de crecimiento que son translocados hacia los tubérculos (Smart, 1994).

El rango de inicio de la senescencia, así como su tasa, varían entre los genotipos (Celis-Gamboa, 2002). Los cultivares que muestran un largo período con follaje verde seguido de un rápido proceso de senescencia han sido reportados como los más potencialmente eficientes en la producción de tubérculos (Firman et al., 1995). Este monitoreo con el SPAD puede representar una herramienta de uso fácil y de tipo no destructiva de gran utilidad para predecir el momento apropiado de cosecha infiriéndose un llenado adecuado de los tubérculos (Struik et al., 1999; Groza et al., 2005).

El cultivar Atlantic, que fue el material utilizado como el principal testigo en la zona, fue el más productivo en tubérculos de categoría comercial (>80 g), seguido por Andinita, 392634-21.1, 393193-16, 393194-1, 393465-1.1, 'Caribay', 393193-16.1 y 393180-10 que también presentaron altos rendimientos (Cuadro 3), con valores que oscilaron entre 0,323 y 0,695 kg por planta, lo cual significaría, con las distancias de plantación utilizadas, el equivalente aproximado entre 15.000 y 30.000 kg·ha<sup>-1</sup>. Es importante señalar que considerando el rendimiento promedio de papa en el estado Lara, el cual se ubica en 11.770 kg·ha<sup>-1</sup> (Unidad de Estadística del Ministerio de Agricultura y Tierras; datos no publicados), la mayoría de los clones evaluados en este ensayo se presentan como materiales promisorios para estas condiciones, excepto 392636-4, 393180-32 y 393636-50.

Zamora et al. (2008) reportaron para el cultivar Atlantic, bajo condiciones de Churuguara en el estado Falcón (800 msnm, precipitación de 1000 mm y temperatura de

22 °C), el mismo rendimiento encontrado en este ensayo de 30.800 kg·ha<sup>-1</sup>. En general, los clones avanzados de papa establecidos en la localidad de Duaca fueron menos rendidores en comparación con ensayos previos, donde se han cultivado algunos de estos mismos materiales genéticos en otras localidades del estado Lara como la zona alta de Sanare ubicada a 1400 msnm (Rodríguez et al., 2008). Estos autores reportaron que 'Andinita' y el clon 393194-1 produjeron más de 1 kg·planta<sup>-1</sup>, demostrando que estos materiales pueden tener un mayor potencial de producción que los rendimientos encontrados bajo las condiciones de Duaca. Estas diferencias pueden deberse a las variaciones climáticas (Quintero et al., 1998; Hajšlová et al., 2005; Rodríguez et al., 2008). Es importante señalar que 'Andinita' a pesar de ser un cultivar que se produce en altitudes superiores a 1500 msnm, tuvo una producción similar a la mayoría de los clones evaluados con un valor cercano a 500 g·planta<sup>-1</sup> bajo las condiciones de este estudio.

La mayoría de los clones mostraron una mayor producción de tubérculos comerciales (> 80 g) que de semillas (25-80 g), de acuerdo a la clasificación según categoría, lo que indica que su ciclo vegetativo fue comparable con el de los testigos. La distribución del tamaño del tubérculo es un factor clave de la producción, ya que se requieren tubérculos con tamaños específicos para industria de semillas, mercado fresco y/o procesamiento, y reflejan cambios de competencia entre varios órganos sumideros (Ferne y Willmitzer, 2001). El clon 392636-4 fue la excepción ya que mostró una proporción de tubérculos de 25-80 g de aproximadamente 50%, lo que sugiere su potencialidad para la producción de tubérculo-semillas más que para consumo.

La calidad postcosecha muestra que todos los clones evaluados presentaron valores de diámetros ecuatoriales similares a los tres cultivares comerciales utilizados como testigo en este ensayo (Cuadro 4), con un rango mayor a 40-60 mm considerado como el adecuado para la elaboración de papas en hojuelas (Andrade, 1997). Con respecto, al diámetro polar, la mayoría de los clones evaluados presentaron valores superiores a 60 mm, recomendado este valor para la elaboración de papas fritas tipo francesa (Andrade, 1997), con la excepción de 392636-4, 393180-32, 393194-1 y 'Caribay'.

La mayoría de los materiales presentaron valores de materia seca superiores al 20% (Cuadro 4) considerado este porcentaje como alto según Cacace et al. (1994). Esta variable representa una característica de calidad importante para la agroindustria de la papa, y está directamente determinada por la condición genética (Dale y Mackay, 1994). Sin embargo, al comparar la calidad de la mayoría de estos clones con la obtenida en un ensayo previo en la zona baja de Sanare, Lara, se observó una disminución en la materia seca de varios materiales de aproximadamente un 12%, especialmente en 393180-10, 393465-1 y 393465-1.1 (Pérez et al., 2006). Los clones 392636-31 y 393180-32 fueron los menos afectados con valores de materia seca relativamente similares a los observados en la localidad de Sanare, evidenciando la estabilidad del componente genético de los mismos. Estos resultados pudieran explicarse por la diferencia de las condiciones ambientales (Kumar et al., 2004), ya que Duaca es una zona que registra temperaturas anuales superiores a las de Sanare por estar ubicada a una menor altitud, lo cual induce una mayor actividad respiratoria de los sustratos del tubérculo (Taiz y Zeiger, 2006).

Todos los materiales evaluados presentaron una gravedad específica mayor a  $1,010 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  (Cuadro 4), la cual se considera recomendable para el procesamiento de la papa (Salunkhe y Desai, 1984). Se ha señalado que esta variable puede variar según la localidad, y está positivamente relacionada con el contenido de materia seca (Vakis, 1978; Gil et al., 1998) y almidón (Feltran et al., 2004), y consecuentemente con un mayor rendimiento para la industria. Tenores similares a los encontrados en esta investigación se han reportado en otros materiales que han sido clasificados como adecuados para la industrialización (González y Carreño, 1993; Ganga et al., 2006; Groza et al., 2005). Los atributos de calidad de algunos de estos clones han sido evaluados por otros investigadores, encontrando que 392636-50, 393180-32 y 'Andinita' presentaron al menos  $1,073 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  de gravedad específica, con materia seca superior a 20 %, por lo que fueron considerados adecuados para el consumo fresco (Zambrano et

al., 2005).

En cuanto a los sólidos solubles totales (Cuadro 5), los valores observados en Duaca fueron relativamente inferiores a los reportados en otros cultivares de papa (Feltran et al., 2004), lo cual podría atribuirse principalmente a diferencias genéticas y climáticas (Kumar et al., 2004).

Los clones 392636-31 y 393636-50 presentaron el menor pH y la mayor acidez (Cuadro 5). Feltran et al. (2004) reportaron valores similares a los encontrados en esta investigación con un rango de pH entre 5,4 y 6,2. Estos mismos autores encontraron una correlación positiva del pH con la gravedad específica y el almidón, y negativa con los azúcares reductores. Algunos autores han reportado que la acidez está muy influenciada por el ambiente (Kolbe y Stephan-Beckmann, 1997; Love et al., 2003; Hajšlová et al., 2005) con una gran diversidad de respuestas en los ácidos orgánicos de los tubérculos de papa presentándose algunos materiales como más estables que otros.

En relación a las variables químicas de calidad en los tubérculos, el almidón representa el mayor componente de la materia seca en un rango entre el 60-80% de su valor (Dale y Mackay, 1994; Feltran et al., 2004). El cultivar Caribay y los clones 393194-1 y 393193-16 presentaron los mayores valores de almidón (Cuadro 5), incluso superiores al testigo 'Atlantic'. El contenido de almidón para el resto de los clones fue similar a los reportados para los mismos materiales en la zona baja de Sanare (Pérez et al., 2006), excepto para 393194-1 y 'Caribay' cuyos valores fueron muy inferiores en comparación a los observados en Duaca.

El mayor contenido de azúcares reductores se observó en el clon 392636-31 (Cuadro 5), por lo que no se recomienda su uso para consumo fresco (Andrade, 1997). Pérez et al. (2005) reportaron mayores valores de esta variable en los materiales 393180-10 y 'Andinita' en la localidad de Chirgua, estado Carabobo (900 m.s.n.m.; precipitación 900 mm y temperatura 23 °C) en comparación con los encontrados en Duaca. Los azúcares reductores han sido correlacionados negativamente con los contenidos de materia seca (Gil et al., 1998; Salamoni et al., 2000). Otras investigaciones han reportado que el contenido de azúcar varía en función a la época de producción durante el año (Dale y Mackay, 1994), al cultivar (Kumar et al., 2004) y la localidad (Pérez et al., 2005).

## CONCLUSIONES

El comportamiento hortícola reflejó la adaptación de los materiales a la zona de Duaca. Aun cuando el rendimiento del testigo comercial 'Atlantic' fue superior a todos los demás materiales, varios de ellos presentaron rendimientos estimados superiores al promedio reportado para el estado Lara. El clon 392636-4 mostró la mayor proporción de tubérculos-semilla. Con respecto a la calidad, considerando el contenido de almidón como la principal fuente energética para el consumo humano, la mayoría de estos clones acumularon contenidos de este carbohidrato similares a los observados en pisos altitudinales más altos del estado Lara. Estos resultados indican el potencial de uso de los clones y su capacidad de competir comercialmente con los cultivares actuales.

## AGRADECIMIENTO

Al Ministerio de Ciencia y Tecnología por el financiamiento a través del Sub-Proyecto BID-FONACIT II No. 2004000370. Al CDCHT-UCLA por el apoyo a través del Proyecto R03-AG-2005. A la Hacienda El Danubio, Duaca estado Lara por su cooperación en la instalación y cuidados del ensayo. A las técnicas Aracelys Giménez, María Milagros Castillo y María Cecilia Santana por su participación en los análisis de calidad.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, H. 1997. Requerimientos cualitativos para la industrialización de la papa. Revista INIAP. Nº 9: 21-23.
- A.O.A.C. 1984. Official methods of analysis of the Association of Agricultural Chemist. 14th edition. Washington, D.C.
- Buckenhuskes, H.J. 2005. Nutritionally relevant aspects of potatoes and potato constituents. *In*: A.J. Haverkort y P.C. Struik (eds.). Potato in progress. Science meets practice. Wageningen Academic Publishers. The Netherlands. pp. 17-26.
- Cacace, J.E., M.A. Huarte y M.C. Monti. 1994. Evaluation of potato cooking quality in Argentina. *American Potato Journal*. 71: 145-153.
- Celis-Gamboa, B.C. 2002. The life cycle of the potato (*Solanum tuberosum* L.) from crop physiology to genetics. Thesis Doctoral. Wageningen University. The Netherlands. Pp. 191.
- Comisión venezolana de normas industriales (COVENIN). 1984. Frutas y productos derivados. Determinación de la acidez. CDU 664.8: 543.24.257 No. 1151-77. Caracas, Venezuela. 12 p.
- Dale, M.F.B. y G.R. Mackay. 1994. Inheritance of table and processing quality. *In*: J.E. Bradshaw y G.R. Mackay (eds.). Potato genetics. CAB, Institute. Wallingford, UK. pp. 285-315.
- Feltran, J., L. Borges y R. Lopes. 2004. Technological quality and utilization of potato tubers. *Sci. Agric*. 61(6): 598-603.
- Fernie, A.R. y L. Willmitzer. 2001. Molecular and biochemical triggers of potato tuber development. *Plant Physiology*. 127: 1459-1465.
- Firman, D.M., P.J. O'Brien y E.J. Allen. 1995. Appearance and growth of individual leaves in the canopies of several potato cultivars. *Journal of Agriculture Science* 125: 379-394.
- Ganga, Z.N., G.A. Porter, D.H. Lambert, G. Sewell, A. Bushway y B. de los Reyes. 2006. Reeves Kingpin: A high-yielding mid-season potato variety suitable for fry processing. *American Journal of Potato Research* 84: 141-147.
- García, R., L. Niño y A. Vargas. 2005. Problemas sanitarios relacionados con la producción de tubérculos-semillas de papa. *In*: R. García, J. Salas y G. Ramos (eds.). Producción de Semilla de Papa en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA Nº. 5. Mérida, Venezuela. pp. 53-116.
- Gil, R., G. Olmos, J. Zambrano e I. Quintero.

1998. Comparación de métodos para la determinación de algunos parámetros de calidad de los tubérculos de papa, variedades 'Granola' y 'Lirio Rojo'. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 42: 456-460.
14. González, L., A. Vargas, L. Niño y J. Salas. 2005. Experiencias generales del mejoramiento de la papa en Venezuela. In: R. García, J. Salas y G. Ramos (eds.). Producción de Semilla de Papa en Venezuela. Serie Manuales de Cultivo INIA N°. 5. Mérida, Venezuela. pp. 117-140.
15. González, M. y R. Carreño. 1993. Evaluación de la calidad de papas de las variedades Kennebec y Sebago en relación con su industrialización. Agronomía Tropical 43(5-6): 287-303.
16. Groza, H.I., B.D. Bowen, D. Kichefski, S.J. Peloquin, W.R. Stevenson, A.J. Bussan y J. Jiang. 2005. Millennium Russet: A dual purpose Russet Potato variety. American Journal of Potato Research 82: 211-219.
17. Hajšlová, J., V. Schulzová, P. Slanina, K. Janné, K.E. Hellenäs y Ch. Andersson. 2005. Quality of organically and conventionally grown potatoes: Four-year study of micronutrients, metal, secondary metabolites, enzymic browning and organoleptic properties. Food Additives and Contaminants 22(6): 514-534.
18. Joslyn, M. 1970. Methods in Food Analysis. Academic Press 2da Edition. New York. Pp. 42.
19. Kawakami, J., K. Iwama y Y. Jitsuyama. 2006. Soil water and the growth and yield potato plant grown from microtubers and conventional seed tubers. Field Crops Research. 95: 89-96.
20. Kleinkopt, G., D. Westerman, M. Wille y G. Klein. 1987. Specific gravity of Russet Burbank potatoes. American Potato Journal 60: 17-26.
21. Kolbe, H. y S. Stephan-Beckmann. 1997. Development, growth, and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. Potato Research 40: 135-153.
22. Kumar, D., B.P. Singh y P. Kumar. 2004. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. Ann. Appl. Biol. 145: 247-256.
23. Landeo, J., M. Gastelo, G. Beltran y L. Díaz. 2000. Quantifying genetic variance for horizontal resistance to late blight in potato population B3C1. International Potato Center. Scientist and Farmer Partners in Research for the 21<sup>st</sup> Century. Program Report 1999-2000. Pp. 63-68.
24. Love, S.L., T. Salaiz, B. Shafii, W. Price, A. Mosley y R. Thornton. 2003. Ascorbic acid concentration and stability in North American potato germplasm. Acta Horticulturae 619: 87-93.
25. Pérez de Camacaro, M., M. Ojeda, D. Rodríguez y M. Gallardo. 2006. Evaluación de nuevos materiales de papa (*Solanum tuberosum* L.) cosechados en la localidad de Sanare, estado Lara, Venezuela. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 50: 46-53.
26. Pérez de Camacaro, M., D. Rodríguez, M. Ojeda y M. Gallardo. 2005. Caracterización física y química de ocho materiales de papa (*Solanum tuberosum* L.) cultivados en la localidad de Chirgua, Carabobo, Venezuela. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 49: 60-64.
27. Quintero, I., J. Zambrano, J. Manzano y W. Materano. 1998. Potencial productivo de trece cultivares de tubérculos de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la zona de Río Claro, estado Lara. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 15: 153-161.
28. Rodríguez, D., D. Alcalá de Marcano y F. Escalona. 2008. Selección preliminar de clones de papa por resistencia a la candelilla tardía y el rendimiento. Bioagro 20(1): 29-35.
29. Salamoni, A.T., A. Da Silva, J. Viégas, A. Diniz y C. Simone. 2000. Variância genética de

- açúcares redutores e matéria seca e suas correlações com características agronômicas em batata. *Pesq. Agropec. Bras.* 35 (7): 1441-1445.
30. Salunkhe, D.K. y B.B. Desai. 1984. *Postharvest Biotechnology of Vegetables*. Volume I. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida. USA. Capítulo 5.
31. Smart, C.M. 1994. Gene expression during leaf senescence. *New Phytologist*. 126: 419-448.
32. Struik, P.C., D. Vreugdenhil, H.J. Van Eck, C.W. Bachem y R.G.F. Visser. 1999. Physiological and genetic control of tuber formation. *Potato Research* 42: 313-331.
33. Taiz, L. y E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Massachusetts. Capítulo 11.
34. Tedone, L., V. Marzi y D. Traversa. 2005. Physiological, productive and qualitative aspects of potato in early and late cycles. *Acta Horticulturae* 684: 187-194.
35. Ting, S.V. 1956. Rapid colorimetric methods for simultaneous determinations of total reducing sugar and fructose in citrus juices. *Agric and Food Chemistry* 4(3): 263-266.
36. Vakis, N.J. 1978. Specific gravity, dry matter content and starch content of 50 potato cultivars grown under Cyprus conditions. *Potato Research*. 21: 171-181.
37. Zambrano, J., F. Montero, I. Quintero, W. Materano, M. Maffei, J. Briceño y R. Infante. 2005. Evaluación de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum*) en la localidad de La Cristalina, municipio Trujillo, Trujillo, Venezuela. *Proc. Interamer. Soc. Tropi. Hort.* 48: 57-59.
38. Zamora, F.R., A. Sánchez y D. Tua. 2008. Evaluación biométrica de dos variedades de papa, en la zona alta del estado Falcón. Venezuela. *Agronomía Tropical* 58(1): 41-43.