

## Comparación de la biomasa de dos cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) de distintos orígenes, plantados en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela

Biomass comparison of two potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties of different origin, sowed in Chirgua, Carabobo state, Venezuela

**Jorge ALMEIDA ROJAS, Miguel RODRÍGUEZ COLMENARES, Eddy GARCÍA HERNÁNDEZ, Petra Mariela MADRIZ ISTÚRIZ** ✉, **Rosana FIGUEROA RUIZ y José Edmundo MANTILLA**

Instituto de Agronomía e Instituto de Ingeniería Agrícola, Facultad de Agronomía, Universidad central de Venezuela (UCV), Apartado Postal 4579. Maracay, 2101, estado Aragua, Venezuela.

E-mail: madrizp@agr.ucv.ve ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 19/09/2012      Fin de primer arbitraje: 03/09/2013      Primera revisión recibida: 27/09/2013  
Fin de segundo arbitraje: 31/10/2013      Segunda revisión recibida: 12/11/2013      Aceptado: 15/11/2013

### RESUMEN

La biomasa, en cultivos como la papa (*Solanum tuberosum* L.), es la muestra de todo el potencial de fotosíntesis y acumulación de asimilados de la planta. En el periodo de enero- abril de 2009, se evaluó el efecto sobre el desarrollo de la biomasa de dos variedades de papa procedentes de Argentina y Canadá, que se utilizan en las siembras comerciales en Chirgua, estado Carabobo. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x2, cultivares "Kennebec" y "Atlantic" y las dos procedencias. Semanalmente se evaluó la formación de la biomasa aérea y de los tubérculos, relacionándola con el tiempo de crecimiento, además de estimar el índice de crecimiento del cultivo (ICC) y de cosecha (IC). Para obtener la biomasa las plantas fueron muestreadas y seccionadas en sus diferentes órganos. Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias, mediante la prueba de Tukey. Se obtuvo la distribución de la biomasa y el número de órganos durante el desarrollo del cultivo. La biomasa y número de órganos mostraron diferentes comportamientos asociados a su origen, a los cultivares y sus relaciones. El ICC fue en incremento y presentó variaciones. El IC no presentó diferencias. La biomasa total varió entre 114 y 1322 g m<sup>-2</sup>, y se asoció a la calidad de la "semilla", procedencia y edades diferentes, que influyeron en el crecimiento de las plantas.

**Palabras clave:** *Solanum tuberosum* L., Índice de crecimiento del cultivo, Índice de Cosecha, calidad de "semillas".

### ABSTRACT

The biomass crops such as the potato (*Solanum tuberosum* L.), is the sign of the potential of photosynthesis and accumulation of assimilates in plants. In the present study evaluated the effect on the development of the biomass of two potato varieties, from Argentina and Canada and which are used in commercial crops, in Chirgua, Carabobo state. The design of the experiment was blocks at random with 2 x 2 factorial arrangement, the cultivars "Kennebec" and "Atlantic" and the two origins. Weekly, assessed the formation of aerial biomass and tubers, relationship it with the time of growth. The rate of growth of the crop (RGC) and harvest index (HI) were estimated. The plants were harvested and sectioned in its different bodies, for their biomass. Analysis of variance and mean comparisons, using Tukey's test were carried out. The distribution of biomass and the number of organs during development of the crop were obtained. Biomass and number of organs showed different behaviors that depended on the origin, the cultivar and its relationship. The CRG was to increase and with variations. HI did not present differences, due to the low leaf area. Total biomass ranged between 114 and 1322 g m<sup>-2</sup>, is also associated with the quality of the "seed", origin and different ages, influencing the growth of plants.

**Key words:** *Solanum tuberosum* L., crop, harvest index, growth index, quality of "seeds".

### INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es un alimento de gran importancia en Venezuela, por su alto aporte en la producción de carbohidratos. Se produce en los estados Andinos (Táchira, Mérida y

Trujillo), en la región Centro Occidental (estado Lara), (Zamora *et al*, 2008), Oriental y Central del país. En esta última se encuentran los Valles de Chirgua del estado Carabobo, donde en 2010 se cosechó un área de 1455,9 ha, con un rendimiento promedio de 14 t ha<sup>-1</sup> y una producción de tubérculos de 20.685 t (MPPAT, 2012).

En Venezuela la siembra de este cultivo depende, mayormente, de la importación de las “semillas”. Esta situación ha llevado a que en la zona Central del país sea poca la diversidad de cultivares disponibles, plantándose principalmente Kennebec y Atlantic, importados de Canadá y Europa. Sin embargo, las nuevas relaciones comerciales de Venezuela con MERCOSUR ha permitido explorar el mercado de semilla de papa argentino, lo cual requiere de la evaluación de dichos materiales.

La variedad y su procedencia tienen influencia en las características de las plantas, entre ellas en su biomasa e índices de crecimiento (Torres *et al.* 2011). La biomasa debe ser considerada para producir papa, porque es la energía solar convertida en materia orgánica, mediante la fotosíntesis y está relacionada con el crecimiento del cultivo. El comportamiento de la acumulación de la biomasa en papa, como en otras plantas, es sigmoidal y se busca que las etapas intermedias de tuberización se alarguen para que se logre mayor movilización de asimilados al sumidero final, que son los tubérculos (Mora-Aguilar *et al.*, 2005). Tanto la biomasa como los índices de crecimiento se ha encontrado que no solo varían con la calidad de las “semillas” sino también con las condiciones ambientales, manejo y edad del cultivo, entre otras (Aguilar *et al.*, 2006, Quispe *et al.*, 1997, Montaldo, 1984).

Estos problemas, antes señalados, asociados a la importación de la semilla y su manejo desde que es cosechada en su lugar de origen y toda la problemática de transporte en barco, manejo en puertos y manejo en carretera hasta el lugar de la siembra, hacen muy difícil que las “semillas” lleguen a tiempo, para ser plantadas entre los meses de noviembre y diciembre. Esto debido a que está muy cercana la fecha de cosecha de papa en los países nórdicos, como Canadá (en septiembre), con la plantación en Chirgua (noviembre a enero) y por dichos problemas de importación, ocurriendo que las

“semillas” llegan tardíamente, lo cual afecta su siembra oportuna y con brotes. Por ello, se ha comenzado a importar de Argentina, de manera que pudiera llegar pre brotada y así poder asegurar una plantación más temprana.

La influencia de las variedades de papa y de su origen tiene efecto en características de importancia de las plantas como son la biomasa e índices de crecimiento, debido a que de la acumulación de materia seca dependerá la producción final del cultivo. Para dar respuesta a esta situación se planteó un trabajo entre la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela (UCV) y PEPSICO Alimentos S. C. A., el cual tuvo como objetivo: evaluar el efecto sobre el desarrollo de la formación de la biomasa aérea y subterránea de dos cultivares de papa y de dos procedencias, como llegan a los productores, y estimar el índice de cosecha del cultivo, en condiciones agroecológicas y de manejo de Chirgua, estado Carabobo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la finca La Emilia, en el Valle de Chirgua, Municipio Autónomo Bejuma del estado Carabobo, de coordenadas 10° 15' 08" N y 68° 10' 39" W y a una altitud de 733 msnm. El área del ensayo presentó suelos de textura franco arcillo arenosa, con pH 5,31 y contenido de materia orgánica de 2,07 % (Análisis de suelos realizados en la finca, 2009, en Laboratorio Edafofinca). En el Cuadro 1 se muestran las condiciones de clima durante el ensayo.

Se evaluaron los cultivares: “Atlantic” y “Kennebec” (Canadian Food Inspection Agency, 2008), procedentes de Canadá y Argentina (Cuadro 2).

El diseño de experimentos utilizado fue de bloques al azar con arreglo factorial 2 x 2, con los factores cultivares y procedencias, para cuatro

Cuadro 1. Condiciones climáticas registradas durante ensayo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Mes	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
Enero	31,6	16,3	73,1	21,0
Febrero	30,5	15,4	73,9	3,80
Marzo	30,5	16,6	74,4	27,40
Abril	31,8	18,0	73,5	0,0
Media	31,1	16,6	73,7	13,0

Fuente: Sección Agrometeorología. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, INIA-Carabobo. 2009.

tratamientos y con cuatro repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por diez hilos de 6 m de longitud y 0,8 m de separación entre sí. El área total del ensayo fue de 960 m<sup>2</sup>.

El ensayo se llevó a cabo simultáneamente con la plantación del productor; razón por la cual, el manejo agronómico, en general, se efectuó de acuerdo a las labores por él realizadas. En cuanto a las “semillas”, los tubérculos enteros, cuyo peso osciló entre 40 y 150 g, se cortaron en trozos con un peso promedio de 40 g/semilla, con presencia de una a tres yemas (como lo hacen los productores en Chirgua y en otros lugares) (Torres *et al.*, 2011). Luego se les aplicó cal, para reducir infecciones, contaminaciones y se almacenaron en un galpón con luz difusa, a fin de estimular la brotación y el posterior verdeo de los brotes. Se debe resaltar que las “semillas” de origen argentino presentaron las yemas brotadas de longitud 1 a 2 cm, mientras las canadienses estaban ciegas o sin brotes.

La plantación manual se llevó a cabo el 15 de enero de 2009, usando 7 tubérculos m<sup>-1</sup>, para una densidad inicial de 87.500 plantas ha<sup>-1</sup>. El riego se aplicó dos veces por semana con lámina aproximada de 4 mm. La fertilización se realizó en cinco ocasiones. Inicialmente se aplicaron 100 kg de la mezcla 12-12-17 con Sulpomag® (S K Mg), en los 960 m<sup>2</sup> de área del ensayo, al momento de la plantación. En las siguientes ocasiones fue por fertirriego; a los 24 días después de la plantación (ddp) se aplicó, con la fórmula 12-12-17, una dosis de 300 kg ha<sup>-1</sup>. Las siguientes tres ocasiones se efectuaron a los 56, 70 y 83 ddp, con Nutrí-K® (11% N - 36% K<sub>2</sub>O) a una dosis de 150 kg ha<sup>-1</sup>.

El control de malezas, plagas y enfermedades se realizó de acuerdo a las prácticas que usan los productores en la zona. La cosecha se realizó a los 90 días, utilizando una arracandora de papa y batata acoplada al tractor y luego recolección manual.

Las variables fueron evaluadas cada semana después de la plantación (dp); el total fue 12 pero por irregularidad de la emergencia, las evaluaciones se señalan desde la semana 4 dp. Para el muestreo se utilizaron los hilos 6, 7 y 8. Semanalmente se cosecharon tres plantas por unidad experimental, se extrajeron cuidadosamente con un palín, en un área alrededor de la canopia de la planta, separando las raíces, estolones y tubérculos del suelo. Fueron colocadas en bolsas debidamente identificadas y se llevaron al Laboratorio de semillas del Instituto de Agronomía, Facultad de Agronomía, UCV. Las plantas fueron seccionadas en cada uno de sus órganos y se contabilizaron por planta los tallos, hojas, estolones y tubérculos.

Se evaluó la biomasa de los órganos por m<sup>2</sup> de: raíz, tubérculo “semilla”, estolones, tallos, hojas y tubérculos, mediante el secado en estufa a una temperatura de 80°C y luego se pesaron para determinar la masa seca de cada órgano, por tratamiento, por metro cuadrado (Ñustez, 2002).

De la biomasa semanal de los órganos de las plantas se obtuvo el índice de intensidad de crecimiento del cultivo (ICC), definido como el incremento en masa seca por unidad de área cultivada en un intervalo de tiempo dado (Piña, 2000).

$$ICC = \frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1}$$

P<sub>1</sub> y P<sub>2</sub> = pesos o masas secas de la biomasa por m<sup>2</sup> de superficie del suelo.

t<sub>1</sub> y t<sub>2</sub> = tiempo en días.

En la semana 12 se realizó la cosecha y determinó el índice de cosecha, el cual es la totalidad de los tubérculos cosechados, expresados en materia seca, dividido por el total de la masa seca de la planta (Contreras, 2005).

Cuadro 2. Identificación de los cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) de distintos orígenes, utilizados en el ensayo en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Variedad	Origen	Identificación	Cosecha de las semillas certificada	Llegada de las semillas a Venezuela
“Atlantic”	Argentina	Aa	Marzo 2008	05/01/09
“Kennebec”	Argentina	Ka	Marzo 2008	05/01/09
“Atlantic”	Canadá	Ac	Septiembre 2008	14/12/08
“Kennebec”	Canadá	Kc	Septiembre 2008	14/12/08

Fuente: Información de PEPSICO Alimentos S. C. A, 2009.

Los resultados de cada variable y por semana se comprobó su homogeneidad, fueron analizados y se aplicó prueba múltiple de medias de Tukey (SAS, 2001).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas de “semillas” argentinas emergieron a los 13 ddp y las canadienses a los 22 ddp, lo cual pudo ser efecto de la presencia de brotes o “grelos” en las argentinas, que acortaron el tiempo de emergencia; no así las canadienses que estaban ciegas, por su cosecha y llegada a los productores cercana a la fecha tope de siembra en Chirgua.

El modelo de análisis de varianza utilizado (Cuadro 3), muestra que para la biomasa de raíces hubo diferencias altamente significativas para origen en la semana 4 y significativas para origen y cultivar\*origen en la 8, para cultivar en la 9, y cultivar\*origen en las semanas 8, 11 y 12. Los altos valores de coeficiente de variación se corresponden a la variabilidad de la edad de las plantas y su muestreo en el suelo.

En la semana 4, las procedencias de las “semillas” marcaron la diferencia en la formación de raíces; ya que las argentinas por su más temprana brotación tuvieron mayor biomasa (7,5 g m<sup>-2</sup>) que las canadienses (3,0 g m<sup>-2</sup>).

Para las semanas 8, 11 y 12 hubo efecto de la interacción cultivar\*origen (Cuadro 3 y Figura 1) y en este caso, principalmente la variedad “Kennebec” y el origen canadiense tuvieron mayor biomasa con valores entre 9 y 21 g m<sup>-2</sup> (Figura 1), respectivamente en dichas semanas. Esto probablemente se debió a su brotación tardía, llevando a que en estas semanas,

especialmente la 8 y 12, presentara mayor materia seca, producto de su crecimiento para extracción de agua y nutrientes. En general, la biomasa de raíces fue en aumento, coincidiendo con el trabajo realizado por Aguilar *et al.* (2006), en donde la acumulación de biomasa en la parte radical fue lineal durante todo el ciclo biológico, alcanzando los valores máximos a los 73 días después de la emergencia.

Para el número de tallos hubo diferencias entre orígenes y entre cultivares, lo cual se corrobora en la variable biomasa de tallos al encontrarse diferencias altamente significativas entre orígenes y significativas entre cultivares, en la semana 4, y significativa entre orígenes y cultivares en la semana 9 (Cuadro 4).

Los cultivares de origen argentino tuvieron mayor número de tallos desde las primeras semanas,

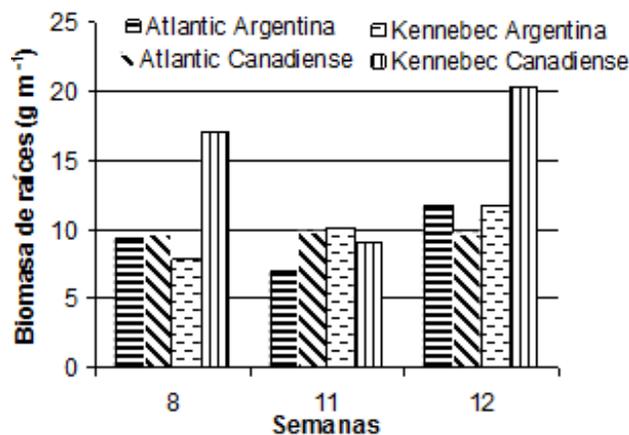


Figura 1. Biomasa de las raíces de plantas (g m<sup>-2</sup>) de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas 8, 11 y 12 del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Cuadro 3. Análisis de varianza (valor de los cuadrados medios) de la biomasa de las raíces en cultivares de papa (*Solanum tuberosum* L.) de dos orígenes en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Fuente de variación	GL	Semanas									
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Bloque	3	3,44 ns	9,96 ns	16,77 ns	15,61 ns	15,85 ns	13,97 ns	0,61 ns	1,42 ns	11,72 ns	
Cultivar	1	2,71 ns	1,22 ns	5,71 ns	9,59 ns	36,99 ns	25,55 *	16,52 ns	4,29 ns	127,46 ns	
Origen	1	77,06 **	6,94 ns	0,19 ns	61,79 ns	88,03 *	3,09 ns	0,54 ns	2,89 ns	37,63 ns	
Cultivar*Origen	1	0,70 ns	0,70 ns	1,13 ns	4,96 ns	78,10 *	1,08 ns	11,49 ns	15,42 *	105,06 *	
Er. Exp.	9	4,22	8,52	6,80	21,52	13,99	4,32	5,34	3,02	16,44	
Total	15										
C. V. (%)		39,41	30,86	26,38	44,33	34,23	22,28	31,16	19,30	30,03	

GL: Grados de libertad; Er. Exp.: Error experimental y C. V. (%): Coeficiente de variación

\* Significativo al 5% de probabilidad; \*\* Significativo al 1% de probabilidad y ns No significativo.

entre 2 y 3 tallos/planta, mientras que en los canadienses estuvieron entre 1 y 2 tallos/planta. En referencia a los cultivares, “Kennebec” para las semanas 4, 8 y 11, tuvo en promedio 2,1 tallos/planta en comparación a “Atlantic” que mostró en promedio 1,6 tallos/planta, resultados que son similares a los señalados en ensayo en el estado Trujillo, con clones de ciclo de 120 días (Meza *et al.*, 2009). Para “Kennebec” la literatura menciona que la planta produce mayor follaje y tiende a ser una planta de mayor tamaño (Canadian Food Inspection Agency, 2008, Zamora *et al.*, 2008).

En general, se observó que el número de tallos se determina en el número de brotes por “semillas”, al inicio del cultivo, y la ventaja de más tallos es el poder aumentar el número de hojas y de tubérculos y, por ende, la producción de materia seca que va a los últimos. La diferencia de estructuras enteras o picadas, como lo realizan los productores para mejor aprovechamiento de las “semillas”, no pareciera haber tenido mayor influencia, ya que el promedio de tallos/planta fue 2; sin embargo, aunque es recomendable el uso de enteras, el picado es una práctica común de los productores (Torres *et al.*, 2011).

Para la biomasa de tallos (Cuadro 4), en la semana 4, los cultivares de origen argentino produjeron promedios de 48,1 g m<sup>-2</sup>, en comparación con los canadienses, 28,6 g m<sup>-2</sup>; esto se correspondió con un mayor número de tallos en esa semana. Por su parte, entre cultivares, “Atlantic” presentó mayor biomasa con 45,9 g m<sup>-2</sup>, superando a “Kennebec” que obtuvo 30,8 g m<sup>-2</sup>; no obstante, el número de tallos fue menor en “Atlantic”, promedio 1,6 tallos/planta, por lo cual su mayor biomasa, probablemente, se debió a un mayor grosor y longitud de los tallos, no referido en este trabajo.

En la semana 9 se observó una alta biomasa de tallos, siendo los cultivares de origen canadiense

superiores a los argentinos con 97,3 g m<sup>-2</sup>, mientras que para el número de tallos no sucedió lo mismo, donde los canadienses fueron inferiores con promedio 1,4 tallos/planta. Este comportamiento pudo estar relacionado a las características de las “semillas” canadienses, que, a pesar de venir sin grelos, eran de mejor calidad (cosecha más reciente) y ante condiciones favorables de manejo, superaron a las argentinas en mayor acumulación de materia seca. Las de origen argentino, más viejas (menor calidad) (Cuadro 2) y cuyos brotes llevaron a emerger primero, no obstante, fueron de menor biomasa pudiendo afectar la movilización de acumulados a los tubérculos, debido a que las temperaturas promedios superiores a 24°C (Cuadro 1) pudieron influir en una mayor respiración y menor acumulación de asimilados (Aldabe y Digliotti, 2006, Mora-Aguilar *et al.*, 2005)

Asimismo, en la novena semana hubo variación en cuanto al cultivar, donde “Kennebec” fue de mayor biomasa con 98 g m<sup>-2</sup>, así como en el número de tallos (2 tallos/planta). La biomasa de este órgano fue en aumento, con una máxima acumulación de asimilados en la semana 9, que seguidamente comienza a disminuir por el proceso de movilización de asimilados a los tubérculos (sin diferencias significativas en la semana 12, cosecha), por su maduración y senescencia (Tavares, 2002). Los valores tuvieron concordancia con la máxima acumulación de biomasa encontrada en los tallos de las variedades “Alpha” y “Milagros” en México, a los 73 dde del ciclo, con 42 y 34 g por planta, respectivamente (Aguilar *et al.*, 2006).

En cuanto al número de hojas, hubo diferencias principalmente para origen en las semanas 4, 6 y 12 como lo muestra la Figura 2.

Para las semanas 4 y 6 las plantas de origen argentino tuvieron mayor número de hojas/planta, entre 30 y 37, mientras que las canadienses

Cuadro 4. Biomasa de tallos de plantas (g m<sup>-2</sup>) de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Tratamientos	Semanas									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cultivar	“Kennebec”	30,81 b	76,02 a	65,48 a	85,45 a	77,16 a	98,00 a	86,29 a	72,64 a	62,87 a
	“Atlantic”	45,91 a	71,46 a	63,89 a	66,90 a	67,25 a	62,62 b	69,55 a	69,04 a	44,09 a
Origen	Argentino	48,10 a	77,34 a	65,90 a	78,58 a	60,35 a	63,30 b	70,63 a	65,61 a	52,99 a
	Canadiense	28,62 b	54,30 a	63,82 a	73,77 a	84,00 a	97,32 a	85,21 a	76,07 a	53,97 a
Coeficiente de variación (%)		35,27	44,25	41,80	31,32	41,14	33,51	36,43	25,22	43,75

Valores en las columnas seguidos de distintas letras son diferentes al nivel 5% de significación, según Prueba de Tukey.

presentaron entre 25 y 30 hoja/planta. En cuanto a los cultivares no mostraron diferencias entre ellos. En la semana 12 el número de hojas/planta fue 12 para las argentinas y 25 para las canadienses. Los coeficientes de variación (%) fueron: 23,73; 38,73; 18,52; 36,81; 33,26; 36,79; 36,25; 24,06 y 36,97, para cada semana evaluada respectivamente, los cuales indican un efecto de la edad cronológica y fisiológica de las plantas.

En la Figura 2 se observa que en la semana 8 hubo un cambio, las plantas de “semillas” canadienses produjeron más hojas. Dicho cambio de comportamiento pudo ser a causa del retraso en la formación de brotes y emergencia, que llevó a las canadienses a encontrarse en su plena producción de hojas; superando a las argentinas, que ya entraban en su período de senescencia.

La biomasa de hojas tuvo diferencias altamente significativas entre orígenes en la semana 4 (Cuadro 5). En dicha semana las plantas argentinas presentaron mayor masa seca  $80,4 \text{ g m}^{-2}$ , en concordancia con su mayor número de hojas (figura 2); no obstante, a partir de la semana 8 comienza a ser superior la biomasa de las canadienses, con diferencias significativas en la semana 9 y con valores de  $141,9 \text{ g m}^{-2}$ . Con respecto a los cultivares, “Kennebec” presentó mayor biomasa de hojas en la semana 9 ( $142,99 \text{ g m}^{-2}$ ); posiblemente porque morfológicamente sus plantas tienden a producir más hojas en contraposición con “Atlantic”, cuyas hojas son más pequeñas (Canadian Food Inspection Agency, 2008).

La biomasa y el número de las hojas fue en aumento hasta la semana 9, después fue disminuyendo, esto relacionado muy probablemente a la movilización de los asimilados a los tubérculos (Segura *et al.*, 2006), órganos donde se reservan los contenidos nutritivos para una nueva planta y/o

consumo. Luego las plantas, en su desarrollo, movilizaron los asimilados a los tubérculos, y se fueron secando las hojas y los tallos, caracterizando el fin del ciclo del cultivo (Figura 2 y Cuadro 5) (Piñeros, 2009), en estas variedades entre 90 y 120 ddp (Canadian Food Inspection Agency, 2008).

En el caso de la zona de Chirgua la llegada tardía de las “semillas” ha afectado la producción de la papa, llevando a siembras entre finales del mes de diciembre y en enero. Muchas “semillas” vienen sin brotes, lo cual significa sembrar con el riesgo de coincidencia de la cosecha con la entrada de las lluvias, obligando a cosechar más temprano, como se observó en las canadienses. Además, hay retardo en la brotación, no se aprovechan las temperaturas más frescas de los meses de diciembre a febrero, afectando la formación y actividad de las hojas, por mayor respiración ante temperaturas altas (Cuadro 1), la papa es una planta  $C_3$  y de mayor biomasa en zonas altas de temperaturas promedios más bajas. Montaldo 1984, Piñeros, 2009).

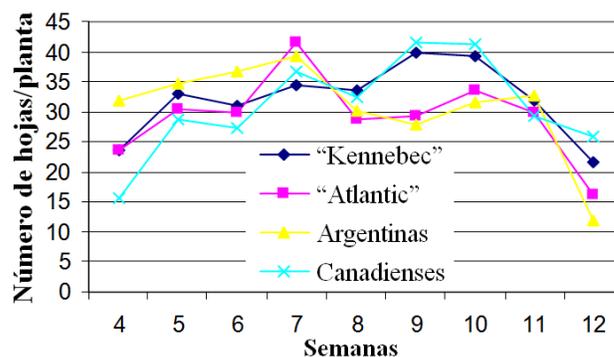


Figura 2. Número de hojas/planta de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, 2009. Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Cuadro 5. Biomasa de hojas ( $\text{g m}^{-2}$ ) de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, 2009.

Tratamientos	Semanas									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cultivar	“Kennebec”	55,84 a	77,95 a	60,35 a	82,83 a	114,75 a	142,99 a	116,23 a	100,2 a	55,48 a
	“Atlantic”	64,58 a	93,89 a	66,31 a	75,68 a	104,93 a	99,23 b	104,41 a	90,79 a	33,57 a
Origen	Argentino	80,45 a	99,46 a	64,84 a	74,27 a	95,95 a	100,31 b	98,46 a	93,26 a	36,71 a
	Canadiense	39,98 b	72,39 a	61,83 a	84,24 a	123,74 a	141,90 a	122,18 a	97,72 a	52,33 a
C. V. (%)		41,21	42,96	35,79	43,41	30,32	33,13	27,56	21,09	25,46

Valores en las columnas seguidos de distintas letras son diferentes al nivel 5% de significación, según Prueba de Tukey.

La variable número de estolones mostró diferencias altamente significativas para el origen en las semanas 4, 10, 11 y 12 y significativas las semanas 6 y 8 (Cuadro 6), mientras que para su biomasa se presentó interacción cultivar x origen, en las semanas 9 y 12 (Figura 3).

El número de estolones (Cuadro 6) fue mayor en las plantas de procedencia argentina durante el ciclo del cultivo, excepto en la semana 12. En cambio, entre variedades se presentó similitud, ya que la prueba de Tukey corroboró que no hubo diferencias entre ellos. Probablemente la diferencia de edad y presencia de brotes también influyeron en más estolones de las plantas argentinas, porque los estolones son formados de las yemas de los tallos que se desarrollaron y dichos tallos en los cultivares argentinos se formaron primero y en mayor número (2 a 3 tallos/planta y canadienses entre 1 y 2 tallos/planta). Los valores estuvieron entre 8 y 16 estolones/planta, los cuales están dentro del rango reportado por Montaldo (1984) entre 4 y 32

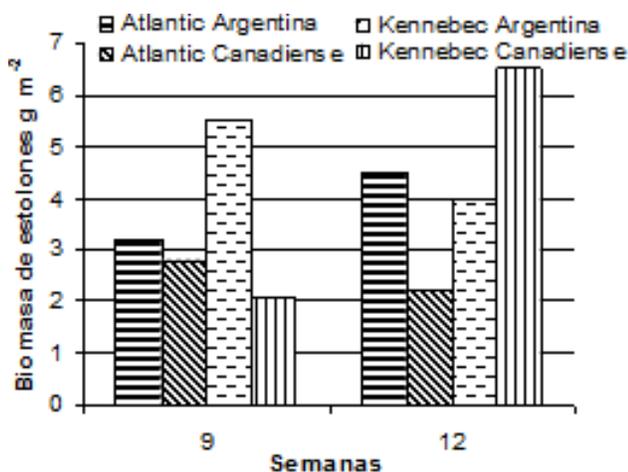


Figura 3. Interacción cultivar x origen de la biomasa de estolones ( $\text{g m}^{-2}$ ) de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) semanas 9 y 12 en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

estolones/planta en condiciones de los estados Aragua y Miranda.

Para la variable biomasa de estolones hubo interacción cultivar\*origen (Figura 3) en la semana 9 cuando los cultivares canadienses ( $4,0 \text{ g m}^{-2}$ ) superaron en biomasa a los argentinos ( $2,9 \text{ g m}^{-2}$ ), donde “Kennebec” fue mayor, principalmente los canadienses, y “Atlantic” fue similar para ambos orígenes. En la semana 12 el marcado efecto de la interacción cultivar\*origen destaca variación en el comportamiento de los cultivares según su origen, como el caso de “Kennebec” argentino con  $6,5 \text{ g m}^{-2}$  pero el promedio de estolones por orígenes fue  $4,4 \text{ g m}^{-2}$ ; esta interacción debe ser considerada, ya que un buen desarrollo y crecimiento de estolones es esencial para la buena producción de tubérculos (Segura *et al.*, 2006).

En la variable número de tubérculos por planta se encontraron diferencias altamente significantes entre orígenes en las semanas 4, 10 y 11, y entre cultivares en la semana 12. Para la biomasa se hallaron diferencias altamente significativas entre orígenes en las semanas 4, 5, 6, 7, 9, 10 y 11, y diferencias significantes entre cultivares en la semana 11 (Cuadro 7).

En promedio hubo entre 6 y 12 tubérculos/planta. Los cultivares argentinos tuvieron mayor número de tubérculos durante el ensayo, con 12 tubérculos/planta en la semana 4 a diferencia de 3 tubérculos/planta de los canadienses. En las semanas 10 y 11 las plantas de procedencia argentina produjeron 10 tubérculos/planta en comparación a 6 tubérculos/planta de las canadienses. La cantidad de tubérculos se corresponde con el número de estolones y probablemente tiene relación con sus “semillas” brotadas al momento de la plantación, que tuvieron ventaja en la producción de tallos y de estas estructuras subterráneas en comparación a las

Cuadro 6. Número de estolones de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo. 2009.

Tratamientos	Semanas									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cultivar	“Kennebec”	12 a	15 a	12 a	10 a	14 a	14 a	14 a	14 a	10 a
	“Atlantic”	12 a	12 a	11 a	14 a	13 a	11 a	13 a	12 a	9 a
Origen	Argentino	17 a	14 a	13 a	14 a	16 a	13 a	16 a	15 a	6 b
	Canadiense	8 b	12 a	10 b	10 a	11 b	12 a	11 b	11 b	14 a
C. V. (%)		29,83	39,42	21,08	38,47	23,04	24,27	17,14	18,31	40,62

Valores en las columnas seguidos de distintas letras son diferentes al nivel 5% de significación, según Prueba de Tukey.

“semillas ciegas” canadienses. La calidad de la “semilla” pareció influir de manera directa en la producción del cultivo y como refirieron Carvalho y Nakagawa (1983), hay un efecto del sitio de origen de la “semilla”, el manejo y tratamiento que se le realice. Aunque entre las “semillas” habían enteras y picadas, la mayoría fue de esta última condición, ya que el productor corta para obtener mayor cantidad, lo cual no se evaluó y no pareció observarse su efecto.

La biomasa de tubérculos, siempre fue en incremento pero semejante entre cultivares (Cuadro 7), no así entre los orígenes, donde los cultivares argentinos produjeron mayor biomasa durante todo el ciclo, excepto en las semanas 8 y 12, donde no hubo diferencias significantes. Los altos coeficientes de variación muestran la diferencia en los tubérculos y efecto del desarrollo del cultivo, aumentando su confiabilidad a partir de las semana 7.

Ha quedado demostrado que la distribución de la biomasa de tubérculos alcanza sus máximos valores en las últimas semanas (Aguilar *et al.*, 2006), a causa de la movilización de los asimilados del follaje al sumidero final que son los tubérculos (Aldabe y Dogliotti, 2006).

Al comparar esta variable con las otras evaluadas, se encontró que las plantas de origen

canadiense mostraron buen comportamiento, a pesar del retardo de provenir de “semillas” ciegas, ya que al final se igualan a las argentinas, de ventajas en la brotación. Esto evidencia la importancia de utilizar “semillas” jóvenes y fisiológicamente maduras, en su óptimo estado de brotación y de calidad para mejorar la producción (Carvalho y Nakagawa, 1983 y Montaldo, 1984, Torres *et al.*, 2011).

Para la biomasa total de las plantas únicamente se observaron diferencias entre orígenes, es decir, diferencias altamente significativas en las semanas 4 y 11 y significativas en las semanas 6, 7, 8 y 10 (Cuadro 8), coincidiendo con la importancia de este carácter referido por Carvalho y Nakagawa (1983), Montaldo (1984) y Torres *et al.* (2011).

Los resultados resaltan las aparentes ventajas del uso de “semillas” brotadas tales como acortar el tiempo de emergencia de las plantas, influir en mayor número de tallos (basado en las yemas por “semillas”, condiciones ambientales y manejo) y, por ende, en el número de tubérculos y aumento de su biomasa. Sin embargo, estas “semillas” son de más edad (Cuadro 2) y Torres *et al.* (2011) refieren al respecto que tubérculos-semillas se pueden almacenar en períodos prolongados no mayores de nueve meses y en condiciones específicas. Por su parte, Peña (SF) indicó que, ciertamente, por los brotes y mayor edad

Cuadro 7. Biomasa de tubérculos ( $\text{g m}^{-2}$ ) de plantas de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Tratamientos	Semanas									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cultivar	“Kennebec”	39,96 a	140,98 a	208,13 a	494,01 a	516,1 a	623,9 a	758,5 a	759,33 b	859,4 a
	“Atlantic”	31,96 a	187,87 a	273,74 a	404,00 a	634,6 a	582,0 a	997,1 a	969,7 a	849,9 a
Origen	Argentino	58,87 a	244,24 a	355,07 a	558,46 a	702,9 a	826,4 a	1164,1 a	1104,9 a	892,4 a
	Canadiense	12,09 b	84,61 b	126,6 b	289,54 b	447,8 a	379,5 b	591,5 b	624,07 b	816,9 a
C. V. (%)		28,24	75,68	55,07	41,11	45,85	36,42	40,06	21,88	27,18

Valores en las columnas seguidos de distintas letras son diferentes al nivel 5% de significación, según Prueba de Tukey.

Cuadro 8. Biomasa total ( $\text{g m}^{-2}$ ) de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

Tratamientos	Semanas									
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Cultivar	“Kennebec”	146,57 a	321,71 a	356,64 a	732,6 a	722,3 a	867,9 a	991,6 a	998,6 a	1012,5 a
	“Atlantic”	179,63 a	400,57 a	452,72 a	582,6 a	839,7 a	810,2 a	1200,5 a	1160,9 a	952,0 a
Origen	Argentino	211,78 a	453,89 a	499,2 a	823,2 a	859,1 a	1020,9 a	1353,3 a	1322,1 a	999,9 a
	Canadiense	114,41 b	268,39 a	310,17 a	492,0 b	702,9 a	657,2 b	838,8 b	837,5 b	964,5 a
C. V. (%)		28,12	53,12	41,02	35,99	37,54	32,56	36,75	18,96	21,26

Valores seguidos de las mismas letras son iguales al nivel 5% de significación, según Prueba de medias de Tukey.

se dan ventajas pero lleva a menor desarrollo del follaje, maduración y senescencia más temprana, que afecta negativamente el rendimiento; a diferencia de las “semillas” jóvenes que producen menor número de tallos, mayor desarrollo del follaje, aunado a emergencia, tuberización, maduración y senescencia tardía (como en el caso de las “semillas” canadienses) que influye favorablemente en el rendimiento.

La diferencia de las biomásas totales entre los orígenes en las distintas semanas dependió del comportamiento de la biomasa de los tubérculos; lo cual se debe, principalmente, a que estas estructuras de reserva representan aproximadamente entre el 70 y 80% de la biomasa total de la planta. Sin embargo, a pesar de que las “semillas” argentinas dieron plantas de mayor biomasa, a la cosecha no hubo diferencias entre orígenes ni cultivares, posiblemente porque las canadienses requerían más días para completar el desarrollo, por la emergencia más tardía (eran de más reciente cosecha (Cuadro 2) pero mostraron su potencial de producción.

La biomasa total de las plantas fue aumentando, con un máximo en la semana 10 y disminuyó en las últimas semanas, a causa de la senescencia de la parte aérea la planta (Cuadro 8). Estos resultados están por debajo de los reportados por Montaldo (1984), quien indicó que las temperaturas de las zonas bajas son más altas (Cuadro 1) que las de zonas altas, llevando a que parte de los asimilados no se depositen en los tubérculos, sino sean utilizados en la respiración.

La variable biomasa total no dependió del cultivar sino de su procedencia. Cabe destacar que la biomasa final en la semana 12 no arrojó diferencias significativas entre los orígenes; indicando la importancia del uso de “semillas” brotadas y de calidad que aseguren el desarrollo de la biomasa (Carvalho y Nakagawa, 1983 y Montaldo, 1984), ya que el uso de “semillas” brotadas y de más edad fueron similares a las jóvenes pero ciegas. En todos

los casos, hay influencia en la formación de los órganos de las plantas, particularmente en el área foliar que es un factor que determina la producción de biomasa, en los cultivos agrícolas, al asociarse directamente con la cantidad de radiación interceptada y la producción de fotoasimilados (Aguilar *et al.*, 2006).

El índice de crecimiento del cultivo (ICC), mostró diferencias significativas entre cultivares en la semana 3 y entre orígenes en la semana 12 (Cuadro 9) siendo una variable muy importante por mostrar cuanto crecieron y aumentaron en masa seca las plantas de papa, semanalmente.

En las primeras semanas este índice presentó crecimiento sostenido y en aumento. En su desarrollo las plantas comenzaron la prefloración (inicio de floración, presencia del botón floral) en la semana 5 y, posiblemente, comenzaron los nutrientes y fotoasimilados a movilizarse a esos órganos. En la semana 7 sucedieron altas ganancias de masa seca entre 18,54 y 53,71 g m<sup>-2</sup>, por semana, en los diferentes órganos (Cuadro 9).

A partir de la octava semana se ve como los valores fueron variables, menores e inclusive negativos, debido, principalmente, a que las plantas ya no presentaban un crecimiento acelerado, sino más bien un poco más lento y, en algunos casos, sin crecimiento como por ejemplo en la semana 10. Además, las plantas entraron en senescencia y las biomásas de la semana siguiente con respecto a la anterior eran menores. Situación que se asume corresponde con la ganancia de biomasa semanal que se acumula en hojas, tallos y raíces y luego se moviliza a los órganos de perpetuación, los tubérculos. Esto tiene concordancia con el trabajo realizado por Aguilar *et al.* (2006), en el cual sus valores máximos de ICC se alcanzaron en los primeros 20 dde y los valores más pequeños, incluyendo negativos, a los 70 dde, lo que indicaba que las plantas estaban en senescencia.

Cuadro 9. Índice de crecimiento (ICC) (g m<sup>-2</sup>/semana) del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) para los diferentes cultivares y orígenes en las semanas del cultivo en Chirgua, estado Carabobo, Venezuela. 2009.

ICC (g m <sup>-2</sup> /semana)	Semanas											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
“Kennebec”	0,19 a	4,14 b	12,56 a	25,02 a	4,99 a	53,71 a	-1,48 a	20,81 a	17,9 a	1,01 a	1,98 a	
“Atlantic”	2,07 a	8,96 a	11,67 a	31,55 a	7,45 a	18,54 a	36,74 a	-4,22 a	55,75 a	-7,23 a	-29,84 a	
Argentino	0,16 a	8,10 a	15,31 a	34,59 a	6,48 a	46,29 a	5,13 a	23,11 a	47,52 a	-6,04 a	-46,01 b	
Canadiense	2,41 a	5,00 a	8,92 a	21,99 a	5,97 a	25,97 a	30,13 a	-6,52 a	26,14 a	-0,19 a	18,15 a	

Valores seguidos de las mismas letras son iguales al nivel 5% de significación, según Prueba de medias de Tukey.

Para el índice de cosecha del cultivo (IC), los cultivares de diferentes orígenes se comportaron de manera similar. Los IC fueron para “Kennebec” 2,46; para “Atlantic” 2,61; para la procedencia argentina 2,60 y para la procedencia canadiense 2,47. Valores que apuntan, para el momento de la cosecha, tanto para cultivares como para orígenes que la masa seca de los tubérculos fue mayor con respecto a la masa total de la planta; ya que en la semana 12, el cultivo presentaba senescencia en un estado avanzado en la parte aérea. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Contreras (2005) y Aguilar *et al.* (2006) quienes reportaron valores entre 0,4 y 0,8; debido fundamentalmente a la fecha de evaluación que fue entre los 58 y 70 dde, cuando la parte aérea tenía masas secas altas, no así en este caso que fue a la cosecha. Sin embargo, se corrobora que los tubérculos son los sumideros principales del cultivo.

### CONCLUSIONES

La formación de la biomasa de los órganos de las plantas y total fue afectada principalmente por la procedencia de las “semillas”. Se evidenció que la calidad de las “semillas” afectó la biomasa al observarse que las brotadas, argentinas y de más edad, acortaron las etapas de desarrollo pero no mostraron mayor biomasa final de tubérculos que las ciegas. Las canadienses sin brotes y más jóvenes fueron más tardías pero igualaron la biomasa final de los tubérculos de las argentinas.

El índice de crecimiento del cultivo tuvo un máximo y luego disminuyó por efecto de la maduración y senescencia del cultivo. Fue afectado por los cultivares y por sus orígenes. Destacó un lento crecimiento de los cultivares canadienses, debido a que provenían de “semillas” sin brotes.

Basado en los resultados, se recomienda el uso de “semillas” maduras fisiológicamente y con un tiempo corto de almacenamiento, que lleguen a tiempo al productor, de manera que no tarden en brotar cuando se importen temprano y si son ciegas se puedan realizar los tratamientos correspondientes, para lograr brotes vigorosos, que aseguren el desarrollo del cultivo y una buena producción.

### AGRADECIMIENTO

A Bingen Barroeta y familia por el aporte y apoyo en la investigación en su finca “La Emilia”. A la empresa PEPSICO Alimentos S. C. A. y a sus representantes Reynaldo Wittendorfel, Juan Núñez y

Edgar Jiménez, por el financiamiento y apoyo en la investigación. A Arístides Campos por su apoyo y acompañamiento en la realización del trabajo.

### LITERATURA CITADA

- Aguilar, M.; J. Camillo, A. Rivero y V. Gonzales. 2006. Análisis de crecimiento y de relaciones fuente-demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista de Fitotecnia Mexicana 29 (2): 145-156.
- Aldabe, L. y S. Dogliotti. 2006. Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.). Universidad de la República, Facultad de Agronomía. Perú. 6 p.
- Canadian Food Inspection Agency. 2008. Potato varieties. <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/potpom/var/indexe.shtml#a>
- Carvalho, N. E. y J. Nakagawa. 1983. Sementes: Ciencia, tecnologia e producao. 2<sup>da</sup> Ed. Fundacao Cargill. 429 p.
- Contreras, M. A. 2005. Ecofisiología del rendimiento de la planta de papa. Información técnica. <http://www.argenpapa.com.ar/default.asp?id=679>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). 2009. Información de clima en Miranda, estado Carabobo. Sección Agrometeorología. INIA-Carabobo.
- Meza, N.; J. Herrera y S. Gudiño. 2009. Comportamiento de clones promisorios de papa (*Solanum tuberosum* L.) en la localidad de Cuencas, estado Trujillo, Venezuela. Bioagro 21 (2): 149-152.
- Ministerio del Poder Popular para la Agricultura y Tierras (MPPAT). 2012. Anuarios estadísticos 1987-2012. Unidad de Estadística del MPPAT.
- Montaldo, A. 1984. Cultivo y mejoramiento de la papa. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica. 675 p.
- Mora Aguilar, R.; J. Ortíz Cereceres, A. Rivera Peña, M. C. Mendoza Castillo, M. T. Colinas León, H. Lozoya Saldaña y J. E. Rodríguez Pérez. 2005. Comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. Revista Chapingo, Serie Horticultura 11(1): 135- 142.

- Ñústez, C. 2002. Evaluación del efecto del tamaño del tubérculo semilla y de la densidad de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y producción en tres variedades de papa colombianas. Informe Técnico. Universidad Nacional de Colombia; Facultad de Agronomía. 8 p.
- PEPSICO Alimentos S. C. A. 2009. Información de “semillas” de papa importada por la empresa. Comunicación personal.
- Peña, L. A. 2000. Fisiología y manejo de tubérculos-semilla de papa. Boletín de la Papa 2 (2). <http://www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaCBasicos/redpapa.pdf>
- Piña, S. 2000. Análisis de crecimiento y distribución de asimilados en el cultivo de piña. Ecofisiología Vegetal, Postgrado de Agronomía. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. 6 p.
- Piñeros, C. J. 2009. Recopilación de la investigación del sistema productivo papa criolla. FEDEPAPA, Convenio SADE045/06. Departamento de Cundinamarca, Colombia. 152 p. <http://www.fedepapa.com/wp-content/uploads/pdf/recopilacion-investigacion-criolla.pdf>
- Quispe, C.; A. Devaux, S. Gonzales, C. Tourneux y R. Hijmans. 1997. Evaluación comparativa del desarrollo y crecimiento de papa, Oca e Isaño en Cochabamba, Bolivia. Revista Latinoamericana de la papa 9/10 (1): 140-155.
- Segura, M.; M. Santo y C. Ñústez. 2006. Desarrollo fenológico de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca) Fitotecnia Colombia 6 (2): 33-43
- Statistical Analysis System (SAS). 2001. SAS Institute Inc The SAS® System for Windows.
- Tavares, S. 2002. Tuberización. Redepapa. Boletín de la Papa 5 (7). <http://www.redepapa.org/boletinochentacinco.html>.
- Torres, L.; F. Montesdeoca y J. Andrade Piedra. 2011. Manejo del tubérculo-semilla. Región LAC-Ecuador. <http://cipotato.org/region-quito/informacion/inventario-de-tecnologias/manejo-del-tuberculo-semilla-de-la-papa>
- Zamora, R.; A. Gutiérrez 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.