



ANÁLISIS CLÁSICO DEL CRECIMIENTO EN TRES VARIEDADES DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.)

Classic growth analysis in three potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties

Eduardo I. Jerez Mompie✉, Roberqui Martín Martín,
Donaldo Morales Guevara y Yusnier Díaz Hernández

ABSTRACT. Dry biomass and leaf area growth data were collected every decennial from three potato varieties developed under field conditions at the experimental areas of the National Institute of Agricultural Sciences, with the aim of evaluating the behaviour of different growth indexes: Leaf Area Index (LAI), Net Assimilation Rate (NAR), Relative Growth Rate (RGR) and Crop Growth Rate (CGR), as well as Source Power (SP) and Demand Power (DP). Thus, seed tubers imported from Call White, Santana and Spunta varieties were planted in three plots following a sample design during 2010 and 2011. Cultural farming was performed according to the Technical Instructions for potato crop. Samplings to gather primary data started 30 days after planting until harvesting. Every time, 10 plants were randomly sampled per each variety, in order to know by oven drying the amount of dry biomass produced in different organs and to estimate leaf area from linear measurements of leaves as well as using previously obtained regression equations. Mean, maximum and minimum temperatures were recorded along crop cycle. Differences on the indexes evaluated were detected between varieties. Likewise, the influence of temperatures on growth is discussed in general, due to its importance in dry mass production.

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar el comportamiento de diferentes índices del crecimiento: Índice de Área Foliar (IAF), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa Relativa del Crecimiento (TRC), y Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC); así como también la Potencia o Fuerza de la Fuente (FF) y de la Demanda (FD), se colectaron datos con una frecuencia decenal del crecimiento en biomasa seca y superficie foliar, de tres variedades de papa que se desarrollaron en condiciones de campo en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Las plantaciones se realizaron con tubérculos de semillas importados de las variedades Call White, Spunta y Santana, plantadas en tres parcelas siguiendo un Diseño Muestral, durante los años 2010 y 2011. Las atenciones culturales se realizaron según lo recomendado en el Instructivo Técnico para el cultivo. Los muestreos para la colecta de la información primaria, comenzaron a partir de los 30 días después de la plantación y hasta la cosecha. En cada momento se muestrearon 10 plantas al azar por cada variedad, para conocer mediante secado en estufa la cantidad de biomasa seca producida en los diferentes órganos y la estimación de la superficie foliar a partir de las medidas lineales de las hojas y el empleo de ecuaciones de regresión previamente obtenidas. Durante el ciclo del cultivo se registraron las temperaturas medias, máximas y mínimas ocurridas en ese periodo. Se detectaron diferencias entre variedades en relación a los índices evaluados. Asimismo, se discute la influencia de las temperaturas en el crecimiento en general, por su importancia en la producción de masa seca.

Key words: biomass, physiology, leaf area, temperature, growth rate

Palabras clave: biomasa, fisiología, superficie foliar, temperatura, velocidad de crecimiento

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), gaveta postal 1, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP 32 700.

✉ ejerez@inca.edu.cu

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de una planta superior se ha definido, como el incremento irreversible en el tamaño del organismo y no es más que la resultante de la interacción de múltiples procesos fisiológicos

y bioquímicos, tales como: la absorción de agua y nutrientes, la asimilación del carbono, la distribución a diferentes órganos de la planta del material sintetizado, definidos en última instancia por el balance de reguladores del crecimiento que presenta el vegetal y la dotación de genes que caracteriza a un organismo (1).

Por otra parte, se define también como el aumento en el tiempo del tamaño del vegetal, asociado generalmente a un incremento en masa seca, aunque no de modo necesario. El crecimiento de la planta (2) se constituye en un fiel reflejo de que en ella tienen lugar una serie de cambios estructurales de tamaño, peso y forma específicos, que ocurren de acuerdo con los patrones de división celular y diferenciación, los cuales no pueden considerarse fuera del contexto ambiental.

El análisis del crecimiento es una aproximación cuantitativa para entender el crecimiento de una planta o de una población de plantas bajo condiciones ambientales naturales o controladas (3), a la vez permite obtener información importante si de lo que se trata es de continuar el trabajo a partir de la simulación del crecimiento y por ende del rendimiento. Ha sido usado ampliamente para el estudio de los factores que influyen en el desarrollo de la planta y el rendimiento, a través del seguimiento de la acumulación de materia seca durante el tiempo.

El análisis matemático del crecimiento usa medidas directas, tales como Peso Seco (PS), Área Foliar Total (AF) y Tiempo (T), mientras que las medidas derivadas: Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), Tasa de Asimilación Neta (TAN), Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), Índice de Área Foliar (IAF), entre otras, son calculadas a partir de la relación que se establece entre las medidas directas (4).

Teniendo en cuenta que las variedades Call White, Spunta y Santana, ocupaban un área de producción importante en el momento en que se desarrolló la investigación, se propuso como objetivo del presente trabajo, evaluar su comportamiento fisiológico en condiciones de campo mediante diferentes índices de crecimiento a través del enfoque clásico, lo cual permitirá realizar trabajos futuros de simulación del crecimiento en este cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), siguiendo un diseño muestral para el que se plantaron tres bloques de 0,03 ha por cada una de las variedades. Se realizaron plantaciones en la primera quincena de enero de los años 2010 y 2011, en un suelo Ferralítico Rojo Eútrico Compactado (5), empleándose en todos los casos, tubérculos semilla importados de tamaño mayor de 45 mm, de las variedades Call White (canadiense) y Spunta y Santana (holandesas) bajo un

marco de plantación de 0,30 x 0,90 m (una parcela por cada variedad de 252 m²). Estas variedades ocupaban en ese instante un volumen importante en las distintas plantaciones realizadas en el país.

Las atenciones culturales se realizaron según lo recomendado en el Instructivo Técnico para el cultivo (6), incluyendo el riego que en este caso se realizó por aspersión con una máquina de Pivote Central. Durante el tiempo que permanecieron los experimentos en el campo se registraron las temperaturas máximas, mínimas y media en la Estación Meteorológica aledaña al área experimental, procesándose los datos de las tres variables de forma decenal.

Mediante muestreos destructivos de 10 plantas por cada variedad, tomadas al azar de la parcela experimental, y luego de ser separados los diferentes órganos de las plantas (raíz, tallos y hojas) y colocados en estufa a 80 °C hasta masa constante, se obtuvo la masa seca. En el caso de los tubérculos se determinó el porcentaje de masa seca en cada momento de muestreo, el cual representa la cantidad de masa seca presente en 100 g de masa fresca, por lo que a partir de la masa fresca total de los mismos, se determinó la masa seca acumulada, por una simple regla de tres. La superficie foliar se obtuvo a partir de las medidas lineales de las hojas y ecuaciones de regresión previamente obtenidas (7).

Con la información de las variables de área foliar y materia seca se calcularon los siguientes índices de crecimiento: Índice de Área Foliar (IAF), Tasa de Asimilación Neta (TAN), la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC) y la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC). Adicionalmente, se determinó la Fuerza o Potencia de la Fuente (FF) y de la demanda (FD) de cada variedad a lo largo del ciclo, para lo que se utilizó el enfoque de análisis de crecimiento clásico (8).

Los datos fueron procesados estadísticamente para calcular en cada momento de muestreo el intervalo de confianza de las medias a un nivel de $\alpha=0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se presenta el comportamiento de las temperaturas máximas, mínimas y medias durante los tres años en los que se llevó a cabo el experimento. El comportamiento en cuanto a los rangos de valores alcanzados en cada año fueron similares, en el año 2010 las temperaturas máximas mostraron valores más bajos, manteniéndose por más tiempo en esa condición, mientras que las bajas temperaturas fueron más elevadas en el 2011.

Se ha señalado a las temperaturas y al fotoperiodo como los elementos del clima más importantes que influyen en el crecimiento y desarrollo de la papa (9).

Por otra parte, se plantea (10) que rápidas variaciones de las temperaturas tal y como ocurrió en el año 2011 afectan el comportamiento en general del cultivo, lo que trae como consecuencia menor rendimiento, y producción de masa seca. De igual manera, se ha señalado (11) que, resultado de las múltiples interrelaciones que se establecen entre los elementos climáticos y las plantas de papa, será en gran medida la producción general del cultivo.

En la Figura 2 se presenta el Índice de Área Foliar (IAF). En promedio se observaron valores superiores en las variedades Call White y Spunta en el 2010, respecto a los alcanzados en 2011, no obstante la variedad Santana, mostró valores similares en ambos años. Los máximos del IAF sufrieron desplazamiento en cuanto al momento en que se alcanzó dicho valor, que fue a los 60 Días Después de la Plantación (DDP) para Call White y Santana en el año 2010, a diferencia de lo ocurrido en el año 2011 que se había alcanzado el máximo IAF a los 50 DDP. En Spunta, el valor máximo se alcanzó después de los 50 DDP en ambos años, lo que denota su crecimiento más lento.

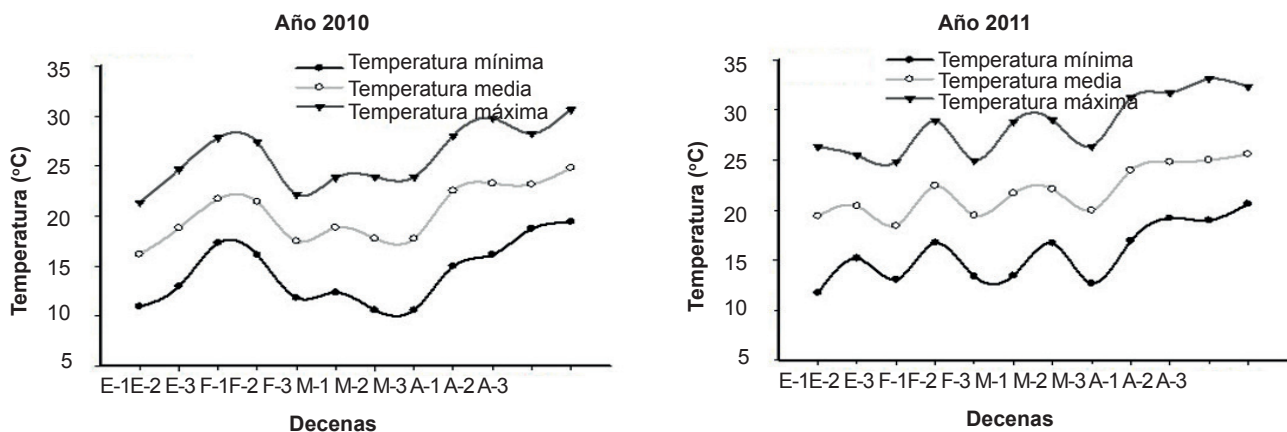
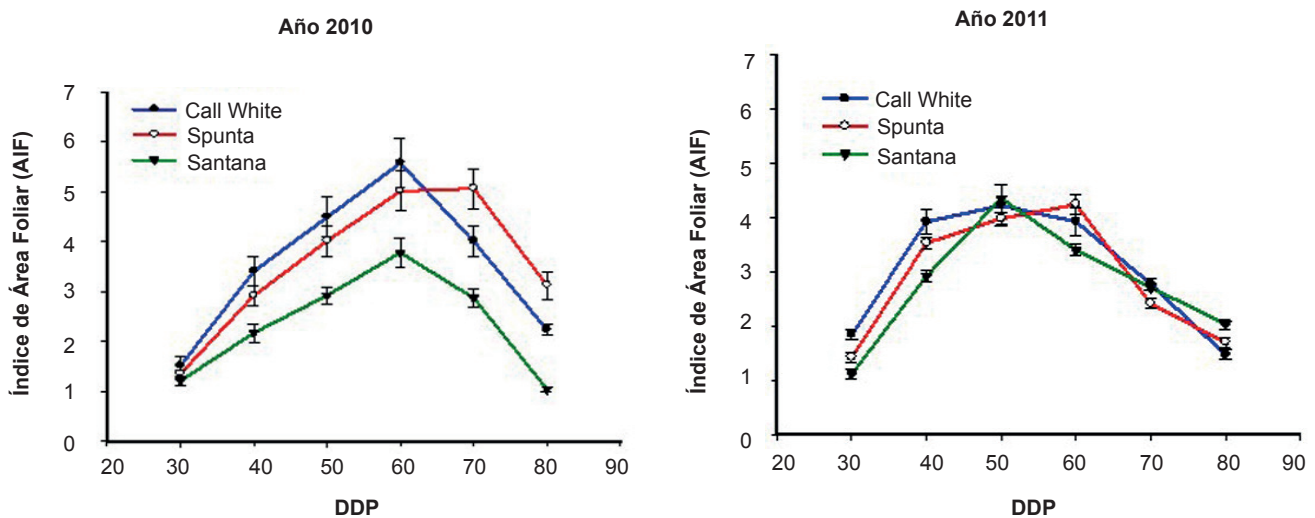


Figura 1. Comportamiento de las temperaturas máximas, medias y mínimas durante el desarrollo de la plantación en los años 2010 y 2011



La barra en cada punto significa el intervalo de confianza para las medias ($\alpha=0,05$)

Figura 2. Comportamiento del Índice de Área Foliar (IAF) en tres variedades de papa en plantaciones realizadas en los años 2010 y 2011

Los momentos en que se observaron los máximos valores coincidieron con el máximo follaje, es decir, cuando el suelo ha sido cubierto completamente por el mismo.

Un índice de área foliar elevado, está en correspondencia con el tamaño alcanzado por la superficie foliar, de ahí que en el caso de la variedad Call White, presentó mayor valor para esta variable respecto del resto de materiales evaluados (7).

El IAF representa la relación entre el área fotosintetizadora de la planta y la proyección de ésta en el suelo, varía con la forma de la hoja y la distribución tanto vertical como horizontal del follaje y es un indicador usado ampliamente para representar la arquitectura vegetativa de la parte aérea (4).

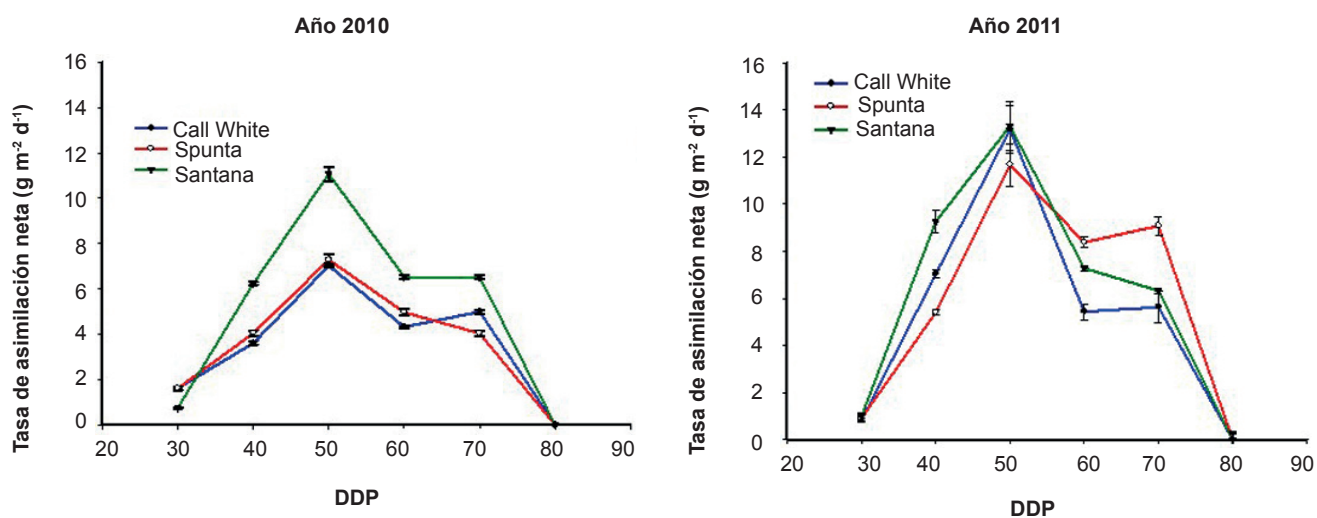
La estructura del follaje desempeña un papel fundamental en los procesos de intercambio de materia y energía entre la planta y la atmósfera, de tal forma que describir su estado y condición constituye un objetivo prioritario y fundamental en estudios sobre el crecimiento vegetal (12, 13). Un IAF máximo, puede relacionarse con la mayor partición de asimilados desde las hojas hacia los tubérculos; mientras que un índice de área foliar más bajo podría garantizar la mayor exposición de las hojas remanentes a la radiación fotosintéticamente activa (RFA) y por tanto mayor eficiencia fotosintética.

La Tasa de Asimilación Neta (TAN) se presenta en la Figura 3. Los valores encontrados en este indicador estuvieron en correspondencia con los analizados anteriormente para el IAF. Los mayores valores para TAN se correspondieron con los menores valores de IAF, como fue observado en la plantación de 2011. En este sentido, la variedad Santana que alcanzó los menores valores de IAF, fue la que en ambas plantaciones, presentó los valores más altos de TAN.

Para esta variable el máximo se alcanzó a los 50 días en ambas plantaciones, por lo que a partir de ese momento la partición de asimilados desde la parte aérea hacia los tubérculos resulta un elemento importante, ya que disminuyen de forma general los valores del indicador, con pequeñas variaciones que podrían deberse al ambiente, lo cual se puede comprobar a partir del comportamiento en el 2010 de las temperaturas, las que disminuyeron y se mantuvieron por un mayor tiempo (Figura 1) en esa condición, mientras que en el 2011, resultaron más fluctuantes, con descensos y ascensos periódicos. El comportamiento observado en la variedad Spunta, reflejaría su maduración tardía, al igual que la variedad Santana, siendo más precoz Call White. Esta situación, aunque no se detectó de manera precisa en las condiciones experimentales de este trabajo, ya que las tres variedades mostraron un ciclo similar, sí podría manifestarse cuando se analiza el crecimiento a través de distintos índices (9) que involucran para su cálculo a ambas variables.

Por otra parte, TAN es el índice de eficiencia productiva de las plantas, calculada en relación con el área foliar total y constituye una medida de la actividad fotosintética neta. Indica la capacidad de la planta para incrementar el peso en términos de superficie asimilatoria y de los procesos de regulación interna relacionados con el proceso y la demanda de asimilados (8).

El comportamiento de TAN en los cultivares evaluados de papa, resulta diferente al observado en otras especies vegetales, ya que la acumulación de reservas ocurre en los tubérculos y no en la parte aérea de la planta, razón por la cual, puede incrementarse dicho índice al final del ciclo de cultivo, debido a una alta actividad de la demanda (tubérculos).



La barra en cada punto significa el intervalo de confianza para las medias ($\alpha=0,05$)

Figura 3. Comportamiento de la Tasa de Asimilación Neta (TAN) en tres variedades de papa en plantaciones realizadas en los años 2010 y 2011

En la Figura 4 se muestran los resultados del comportamiento de la Tasa Relativa de Crecimiento (TRC), la cual representa la capacidad de la planta para producir material nuevo por unidad de tiempo; la misma se ve afectada por diferencias en la tasa de asimilación neta, en la tasa respiratoria, en el grosor de la lámina foliar y en la distribución de los productos elaborados. La variedad Santana, mostró un patrón de crecimiento similar para este indicador en los dos años evaluados, con ligeros incrementos al inicio (30-40 DDP) para luego disminuir hasta la evaluación final.

En el caso de las variedades Call White y Spunta, los valores fueron similares en la plantación del 2010, y se produjo una disminución desde la primera evaluación, pero con ligeros incrementos hacia los 50 DDP. Se destaca Call White al final del ciclo por mostrar un ligero incremento en relación a los otros cultivares, que es un indicativo de cierto aumento en la producción de masa seca, lo que podría indicar que la traslocación de la misma hacia los tubérculos no se produjo con la eficiencia requerida.

Las variedades Call White y Santana en la segunda plantación (2011, Figura 4), presentaron mayor acumulación de masa seca por unidad de tiempo en relación al valor inicial, que la variedad Spunta, en los momentos iniciales del ciclo del cultivo.

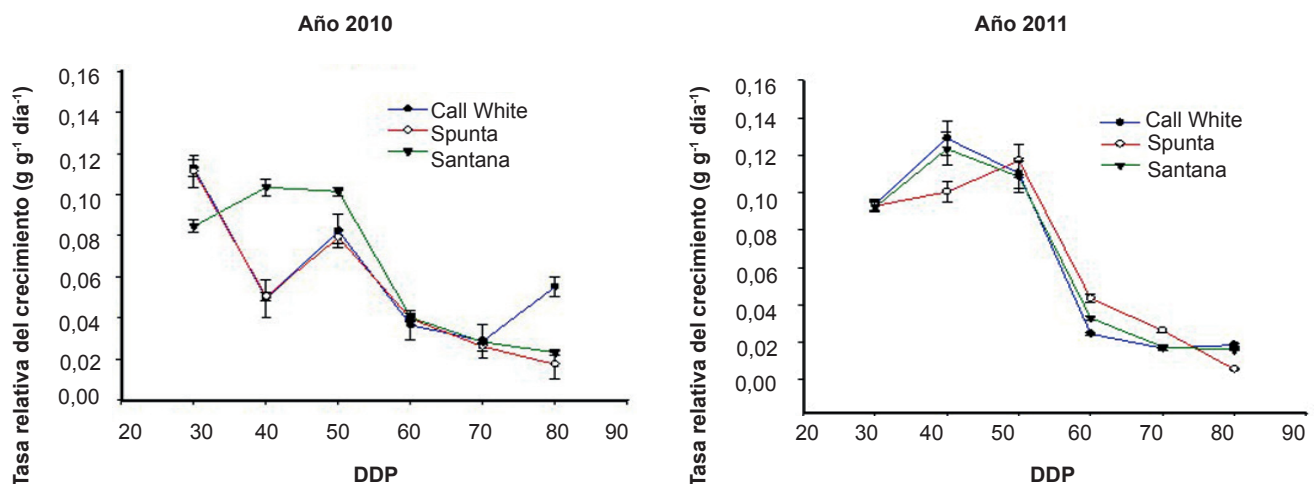
El comportamiento de esta variable (TRC), exhibió un patrón similar a lo ocurrido en la segunda plantación, es decir, incrementos al inicio del ciclo del cultivo con disminuciones de los valores a partir de cierto momento, en que la actividad del sitio demanda (tubérculos) se intensifica por la necesidad de asimilados.

El cultivo de la papa en clima tropical (14, 15) se caracteriza por enfrentarse a un comportamiento de las temperaturas que se consideran supra-óptimas, pero estas zonas están también caracterizadas por mayores valores de energía solar durante todo el año. Los valores de energía solar alta favorecen la tendencia a tuberizar bajo temperatura alta. Las papas de ciclo corto, como la Call White, requieren de alta intensidad lumínica, fotoperiodo corto, altas temperaturas y humedad restringida para obtener los mejores resultados. No obstante, resulta interesante y necesario continuar trabajando en el cultivo de la papa, en relación con su adaptación al cambio climático (16) y las afectaciones que se producen en el proceso de crecimiento y desarrollo de diferentes cultivares.

La Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC), la cual representa la productividad agrícola, se muestra en la Figura 5. Independientemente de los valores alcanzados por la variable en cada año, el comportamiento fue similar entre variedades, con ligeras diferencias del cultivar Call White, respecto a las otras dos. Los valores para este índice resultaron mayores en la plantación del 2011, pero el patrón de comportamiento fue similar en ambos años, en que el cultivar Spunta alcanza los menores valores.

Resultó interesante que el cultivar Call White mostrara un incremento pronunciado al final del ciclo para este indicador, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que dicho material de estudio fue el que alcanzó el mayor rendimiento en ambos años (datos no presentados).

Por otra parte, cuando la tasa de crecimiento vegetativo disminuye y comienza el llenado de los tubérculos (17), si se producen disminuciones en el follaje, generalmente por factores del tipo biótico (presencia de enfermedades fungosas u



La barra en cada punto significa el intervalo de confianza para las medias ($\alpha=0,05$)

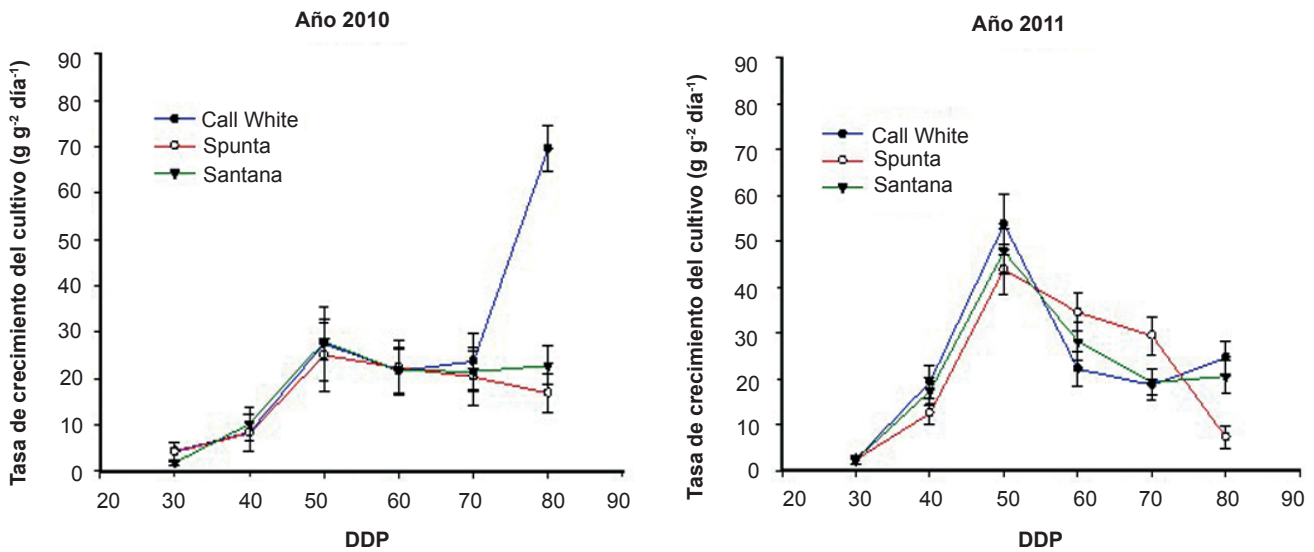
Figura 4. Comportamiento de la Tasa Relativa de Crecimiento en tres variedades de papa en plantaciones realizadas en los años 2010 y 2011

otras) disminuyen los rendimientos, aunque se ha comprobado que la densidad de tallos no afecta la superficie foliar total ni la producción de masa seca en papa (18).

La Fuerza de la Fuente (FF), relacionada con el comportamiento de los órganos asimilativos (TAN), se presenta en la Figura 6. Los valores de esta variable resultaron superiores en la plantación del 2011 y cabe señalar que, en ambos años el patrón de crecimiento fue similar, excepto en la variedad Spunta, que mostró desfase respecto al momento en que se alcanza el máximo valor, en la segunda plantación.

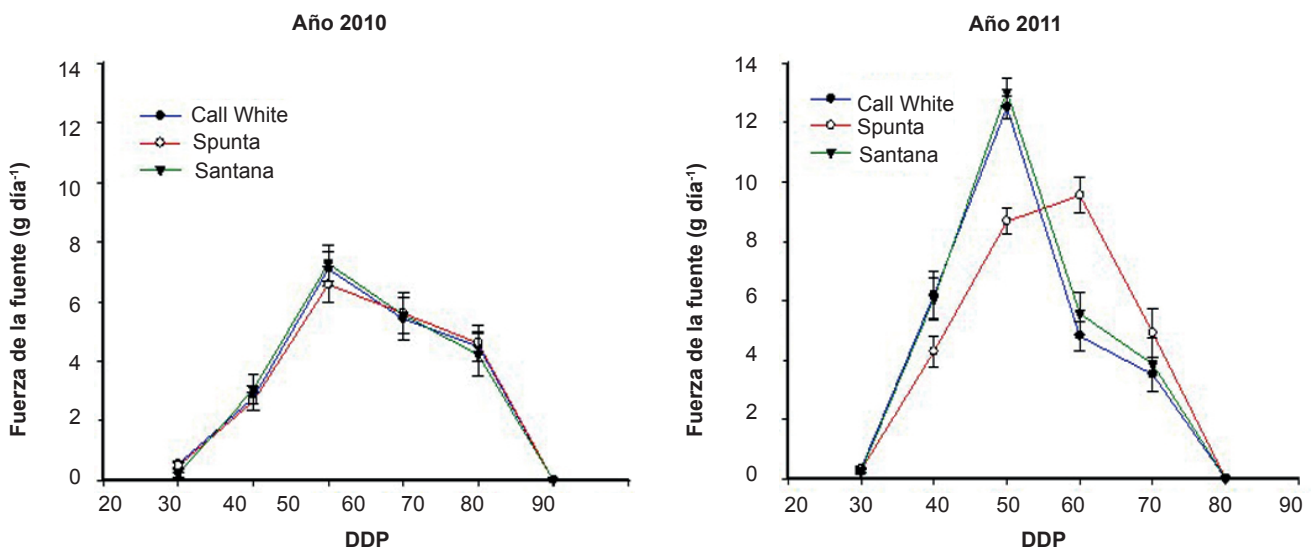
Los mayores valores encontrados en la plantación del 2011 podrían estar relacionados con una menor demanda por parte de los órganos acumuladores, (tubérculos) lo que significa menor traslocación de asimilados hacia esos órganos, y la consecuente reducción del rendimiento (19).

Por otra parte, el hecho de observar mayores valores de IAF en la plantación del 2010, acompañado por menores valores de TAN y FF, denotan deficiencias en el uso de la radiación fotosintéticamente activa para producir mayor cantidad de asimilados.



La barra en cada punto significa el intervalo de confianza para las medias ($\alpha=0,05$)

Figura 5. Comportamiento de la Tasa de Crecimiento del Cultivo (TCC) en tres variedades de papa en plantaciones realizadas en los años 2010 y 2011



La barra en cada punto significa el intervalo de confianza para las medias ($\alpha=0,05$)

Figura 6. Fuerza de la Fuente (FF) en tres variedades de papa en plantaciones realizadas en los años 2010 y 2011

La fuerza de la fuente disminuye con el tiempo y está asociado a una menor actividad fotosintética y por lo tanto, reducción de biomasa (20) como ocurre en otros cultivos, en este aspecto también influye la forma de la hoja (21) y una adecuada fertilización nitrogenada (22).

Al analizar la Fuerza de la Demanda (FD) que se presenta en la Figura 7, se encontraron valores bajos en la plantación realizada en el 2010, con un patrón de comportamiento diferente al que se observa en el 2011, donde se produce un incremento de la variable, con una posterior disminución en las magnitudes alcanzadas.

Este comportamiento estuvo relacionado en gran medida con el seguido por la TAN, lo que asegura que de la manera en que se produzcan asimilados en los órganos asimilativos estos serán exportados hacia los sitios de consumo o de almacenamiento.

Si se tiene en cuenta que en promedio, el IAF resultó menor en la plantación del 2011, sería posible sugerir que la fuerza de la demanda (tubérculos) fuese de mayor valor en dicho año. Cabe señalar por otra parte, la eficiencia de conversión de la energía fotosintéticamente activa en masa seca, de lo cual, además de la calidad de los tubérculos, dependerá el tiempo de almacenamiento de los mismos en condiciones ambientales, sin sufrir severos daños (23).

La acumulación total de materia seca es más rápida en el periodo de 40 a 100 días después de la plantación, que corresponden a los periodos de inicio de tuberización y desarrollo del tubérculo; al final de la temporada los tubérculos registran hasta un 90 por ciento de la masa seca total (24).

Algunos de estos índices no solo tienen importancia para interpretar el crecimiento en función de la influencia de diferentes factores abióticos, sino

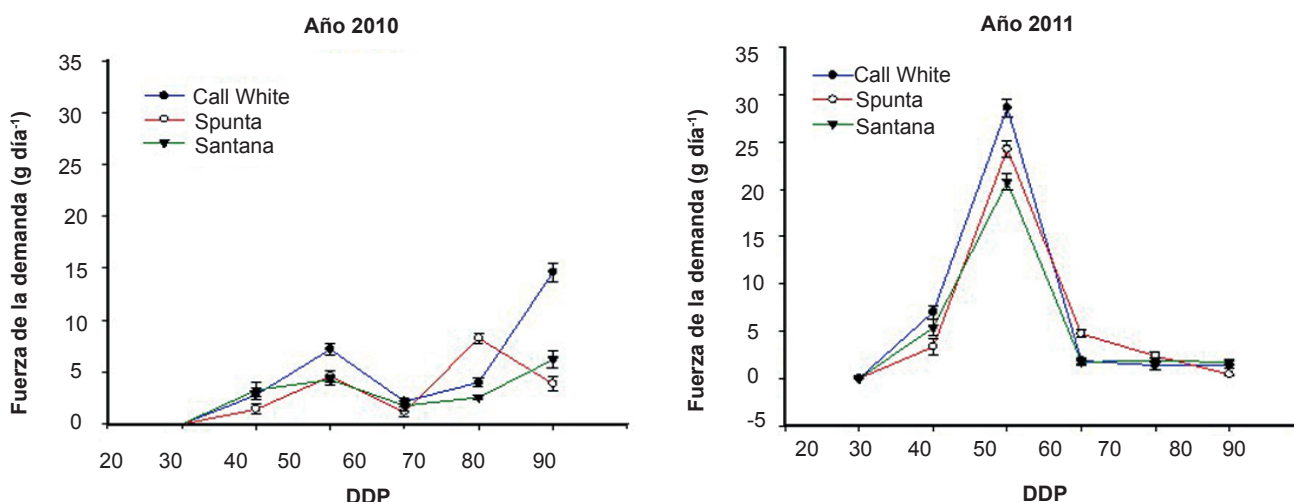
también por su empleo en modelos para simular el comportamiento del crecimiento y su efecto en los rendimientos (25).

Hay que tener en cuenta también que la formación de tubérculos en papa depende de la disponibilidad de asimilados y de la habilidad de los tubérculos para acumularlos, pero esto depende de la capacidad de la fuente (26).

Por último hay que señalar que un rápido incremento de materia seca en los tubérculos, presupone un incremento de la TAN, que asegure dicho comportamiento, pero no siempre ocurre así; esta variable llegó a alcanzar valores mínimos al final del ciclo del cultivo, lo cual indicaría la disminución del rendimiento y está asociado a la intercepción de la radiación solar, aspecto que debe ser valorado en trabajos futuros, si se tiene en cuenta que el índice de área foliar óptimo, es aquel que soporta la máxima tasa de materia seca, y se consigue cuando el cultivo intercepta toda la radiación fotosintéticamente activa, pero dado que el ciclo del cultivo resulta muy corto en las condiciones tropicales, no siempre se satisfacen esas exigencias.

CONCLUSIONES

Entre variedades se denotan diferencias en cuanto a los índices evaluados, pero el ciclo de cultivo resultó similar en ellas, por lo que dependerá de la eficiencia fisiológica de cada una para alcanzar rendimientos elevados. Resultó interesante el comportamiento del IAF y la TAN, en lo fundamental porque el segundo, depende netamente del primero.



La barra en cada punto significa el intervalo de confianza para las medias ($\alpha=0,05$)

Figura 7. Fuerza de la demanda en tres variedades de papa en plantaciones realizadas en los años 2010 y 2011

BIBLIOGRAFÍA

1. Gómez, C.; Buitrago, C.; Cante, M. y Huertas, B. "Ecofisiología de papa (*Solanum tuberosum* L.) utilizada para cultivo fresco y para la industria". *Revista Comalfi*, vol. 26, no. 1-3, 1999, pp. 42-55, ISSN 0120-0682.
2. Barraza, F. V.; Fischer, G. y Cardona, C. E. "Estudio del proceso de crecimiento del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Valle del Sinú medio, Colombia". *Agronomía Colombiana*, vol. 22, no. 1, 2004, pp. 81-90, ISSN 0377-9424.
3. Rojas, T. V.; Soto, C. M. y Montero, W. R. "Análisis del crecimiento de cinco híbridos de zanahoria (*Daucus carota* L.) mediante la metodología del análisis funcional". *Agronomía Costarricense*, vol. 36, no. 2, 2012, pp. 29-46, ISSN 2215-2202.
4. Tekalign, T. y Hammes, P. S. "Growth and productivity of potato as influenced by cultivar and reproductive growth: II. Growth analysis, tuber yield and quality". *Scientia Horticulturae*, vol. 105, no. 1, 30 de mayo de 2005, pp. 29-44, ISSN 0304-4238, DOI 10.1016/j.scienta.2005.01.021.
5. Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, D. y Castro, N. *Clasificación de los suelos de Cuba 2015*. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7.
6. Deroncelé, R. *Guía técnica para la producción de papa en Cuba*. edit. Liliانا, La Habana, Cuba, 2000, 42 p., ISBN 959-711-05-05.
7. Jerez, M. E.; Martín, M. R. y Díaz, H. Y. "Estimación de la superficie foliar en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) por métodos no destructivos". *Cultivos Tropicales*, vol. 35, no. 1, marzo de 2014, pp. 57-61, ISSN 0258-5936.
8. Santos, C. M.; Segura, A. M. y Núñez, L. C. E. "Análisis de Crecimiento y Relación Fuente-Demanda de Cuatro Variedades de Papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia)". *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, vol. 63, no. 1, junio de 2010, pp. 5253-5266, ISSN 0304-2847.
9. Molahlehi, L.; Steyn, J. M. y Haverkort, A. J. "Potato Crop Response to Genotype and Environment in a Subtropical Highland Agro-ecology". *Potato Research*, vol. 56, no. 3, 6 de agosto de 2013, pp. 237-258, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-013-9241-1.
10. Luciano-Lulli, L.; Palchetti, E.; Vecchio, G. y Caruso, A. M. "Potato (*Solanum tuberosum* L.)". En: *Manual of Methods for Soil and Land Evaluation*, edit. Science Publishers, Italia, 2009, p. 221, ISBN 978-1-57808-571-2.
11. Iwama, K. "Physiology of the Potato: New Insights into Root System and Repercussions for Crop Management". *Potato Research*, vol. 51, no. 3-4, 25 de noviembre de 2008, pp. 333-353, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-008-9120-3.
12. de la Casa, A.; Ovando, G.; Bressanini, L.; Rodríguez, Á. y Martínez, J. "Uso del Índice de Área Foliar y del Porcentaje de Cobertura del Suelo Para Estimar la Radiación Interceptada en Papa". *Agricultura Técnica*, vol. 67, no. 1, marzo de 2007, pp. 78-85, ISSN 0365-2807, DOI 10.4067/S0365-28072007000100010.
13. Jerez, M. E. y Martín, M. R. "Comportamiento del crecimiento y el rendimiento de la variedad de papa (*Solanum tuberosum* L.) Spunta". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 4, diciembre de 2012, pp. 53-58, ISSN 0258-5936.
14. Franco, J.; Main, G.; Navia, O.; Ortuño, N. y Herbas, J. "Improving productivity of Andean small farmers by bio-rational soil management: I. The potato case". *Revista Latinoamericana de la Papa*, vol. 16, no. 2, 2011, pp. 271-290, ISSN 1853-4961.
15. Solis, S.; Vanegas, C. L.; Méndez, Ú. J.; Cadenas, V. W.; Castro, B. M.; Pavón, W. y Alemán, B. "Comportamiento de tres variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en zonas de poca altitud de clima cálido en Nicaragua". *Revista Latinoamericana de la Papa*, vol. 18, no. 1, 2015, pp. 157-171, ISSN 1853-4961.
16. Franke, A. C.; Haverkort, A. J. y Steyn, J. M. "Climate Change and Potato Production in Contrasting South African Agro-Ecosystems 2. Assessing Risks and Opportunities of Adaptation Strategies". *Potato Research*, vol. 56, no. 1, 9 de marzo de 2013, pp. 51-66, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-013-9229-x.
17. Rodríguez, C. D.; Rico, T. M. S.; Rodríguez, M. L. E. y Núñez, L. C. E. "Efecto de diferentes niveles y épocas de defoliación sobre el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* cv. Parda Pastusa)". *Revista Facultad Nacional de Agronomía, Medellín*, vol. 63, no. 2, 2010, pp. 5521-5531, ISSN 0304-2847.
18. Fleisher, D. H.; Timlin, D. J.; Yang, Y. y Reddy, V. R. "Potato Stem Density Effects on Canopy Development and Production". *Potato Research*, vol. 54, no. 2, 7 de abril de 2011, pp. 137-155, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-011-9185-2.
19. Hernández, N. y Soto, F. "Influencia de tres fechas de siembra sobre el crecimiento y la relación fuente-demanda del cultivo del maíz (*Zea mays* L.)". *Cultivos Tropicales*, vol. 33, no. 1, marzo de 2012, pp. 28-34, ISSN 0258-5936.
20. Pérez, L. A. E.; Martínez, B. E.; Vélez, V. L. D. y Cotes, T. J. M. "Acumulación y Distribución de Fitomasa en el Asocio de Maíz (*Zea mays* L.) y Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)". *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, vol. 66, no. 1, 2013, pp. 6865-6880, ISSN 0304-2847.
21. Wang, Z. y Zhang, L. "Leaf shape alters the coefficients of leaf area estimation models for *Saussurea stoliczkai* in central Tibet". *Photosynthetica*, vol. 50, no. 3, 26 de mayo de 2012, pp. 337-342, ISSN 0300-3604, 1573-9058, DOI 10.1007/s11099-012-0039-1.
22. Sun, L.; Gu, L.; Peng, X.; Liu, Y.; Li, X. y Yan, X. "Effects of Nitrogen Fertilizer Application Time on Dry Matter Accumulation and Yield of Chinese Potato Variety KX 13". *Potato Research*, vol. 55, no. 3-4, 11 de octubre de 2012, pp. 303-313, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-012-9220-y.
23. Asmamaw, Y.; Tekalign, T. y Workneh, T. S. "Specific Gravity, Dry Matter Concentration, pH, and Crisp-making Potential of Ethiopian Potato (*Solanum tuberosum* L.) Cultivars as Influenced by Growing Environment and Length of Storage Under Ambient Conditions". *Potato Research*, vol. 53, no. 2, 11 de junio de 2010, pp. 95-109, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-010-9154-1.

24. Sifuentes, I. E.; Ojeda, B. W.; Mendoza, P. C.; Macías, C. J.; Rúelas, I. J. del R. y Inzunza, I. M. "Nutrición del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) considerando variabilidad climática en el «Valle del Fuerte», Sinaloa, México". *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 4, no. 4, junio de 2013, pp. 585-597, ISSN 2007-0934.
25. Šťastná, M.; Toman, F. y Dufková, J. "Usage of SUBSTOR model in potato yield prediction". *Agricultural Water Management*, vol. 97, no. 2, febrero de 2010, pp. 286-290, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j.agwat.2009.09.015.
26. Torres, S.; Cabrera, L. J.; Hernández, M.; Portela, Y. y García, E. "El número de tallos por plantón afecta el crecimiento y rendimiento de la papa variedad Cal White". *Centro Agrícola*, vol. 39, no. 1, 2012, pp. 11-16, ISSN 0253-5785.

Recibido: 5 de diciembre de 2014

Aceptado: 31 de julio de 2015