

EFECTO DE LAS TEMPERATURAS EN EL RENDIMIENTO DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) VARIEDAD ROMANO

Effect of temperatures in the performance of potato variety Romano (*Solanum tuberosum* L.)

Roberqui Martín Martín[✉] y Eduardo Jerez Mompie

ABSTRACT. The work was developed in the farm “Las Papas”, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences (INCA); located at the 23° 00’ north latitude and 82° 12’ west longitude, to a height of 138 m above sea level in San José de las Lajas, Mayabeque. With the objective of evaluating the responses elicited in performance, product variations of temperatures during the crop cycle, the Roman variety plantations were made during the years 2014 and 2015, respectively. The behavior of the minimum temperatures, average and maximum and the amplitude of these was assessed. The total and commercial yield in t ha⁻¹ and the composition of the tuber size was estimated. Statistical processing was performed with the use of Statgraphycs v5.1 program and graphics were performed using the Sigma Plot v3.1 program.

RESUMEN. El trabajo se desarrolló en la Finca “Las papas”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA); situada a los 23° 00’ de latitud norte y 82° 12’ de longitud oeste, a una altura aproximada de 138 m sobre el nivel del mar en San José de las Lajas, Mayabeque. Con el objetivo de evaluar las respuestas provocadas en el rendimiento producto de las variaciones de las temperaturas durante el ciclo del cultivo, se realizaron plantaciones de la variedad Romano, durante los años 2014 y 2015, respectivamente. Se evaluó el comportamiento de las temperaturas mínimas, medias y máximas así como la amplitud de estas. Se estimó el rendimiento total y comercial en t ha⁻¹ y la composición del tubérculo por calibres. Todo el procesamiento estadístico se realizó con el empleo del programa Statgraphycs v5.1 y los gráficos se realizaron con el programa Sigma Plot v3.1.

Key words: environmental conditions, ambient temperature, crop yield

Palabras clave: condiciones ambientales, temperatura ambiental, rendimiento de cultivos

INTRODUCCIÓN

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto cultivo alimenticio en orden de importancia, después del trigo, el arroz y el maíz. Aunado con estos cereales, tiene gran relevancia en la dieta alimentaria de la población mundial. Se encuentra entre los diez alimentos más importantes producidos en los países en vías de desarrollo (1). Según las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indican que a nivel mundial se sembraron casi 17,8 millones de hectáreas del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), con una producción cercana a 352,4 millones de toneladas y un rendimiento promedio de 19,81 t ha⁻¹ en el año 2011(2).

En Cuba, la papa ocupa el primer lugar entre las raíces y tubérculos, plantándose cada año alrededor de 5 664,0 ha año⁻¹, con rendimiento medio de 22,5 t ha⁻¹ y una producción anual de 127 554,5 toneladas en la campaña 2014-2015^A. Sin embargo, la variedad Romano alcanzó rendimientos por debajo de estos, según el mismo informe. Aunque se planta en muchas zonas geográficas debido a su gran plasticidad ecológica (3), las condiciones idóneas para su producción en Cuba, se presentan en un corto período de tiempo, en el cual las temperaturas resultan más bajas coincidiendo con el período comprendido entre los meses de diciembre-abril. Por esta razón, el ciclo del cultivo se ve reducido teniendo en cuenta sus exigencias edafoclimáticas,

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

✉ rmartin@inca.edu.cu

^A MINAG. *Informe Técnico de campaña de papa 2014-2015*. 2015, La Habana, Cuba, 60 p.

efecto que también se contrarresta en alguna medida al ubicar las áreas de producción en aquellos suelos más productivos y en las épocas más frías del año.

En otras regiones en que las condiciones climáticas son favorables, la obtención de altos rendimientos en el cultivo, depende del potencial productivo de las variedades cultivadas y el tratamiento o manejo agrotécnico realizado a las mismas. Sin embargo, en Cuba la temperatura constituye un factor determinante en el desarrollo fisiológico del cultivo; por lo que se hace necesario valorar cada vez más el comportamiento del rendimiento, teniendo en cuenta las variaciones que se producen en esta variable cada año, lo cual constituye el objetivo del presente trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante los años 2014 y 2015 en plantaciones de papa (*Solanum tuberosum* L.), en las áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Para el estudio se utilizó la variedad Romano, con tubérculos semillas mayores de 45 mm, plantados a 0,30 X 0,90 m, mediante un diseño muestral. El riego se aplicó por aspersión de forma mecanizada, mediante una máquina de Pivote Central, el resto de las atenciones culturales fueron realizadas según el Instructivo Técnico para este cultivo (4).

Los datos de las temperaturas (mínimas, medias y máximas) se obtuvieron a partir de los registros realizados en la Estación Meteorológica aledaña al área experimental (a menos de 1 km de distancia), con los cuales se determinó la amplitud de las mismas, es decir, la diferencia entre la máxima y mínima diaria. A partir de las medias se determinó la temperatura efectiva con la que se calculó la suma por fase,

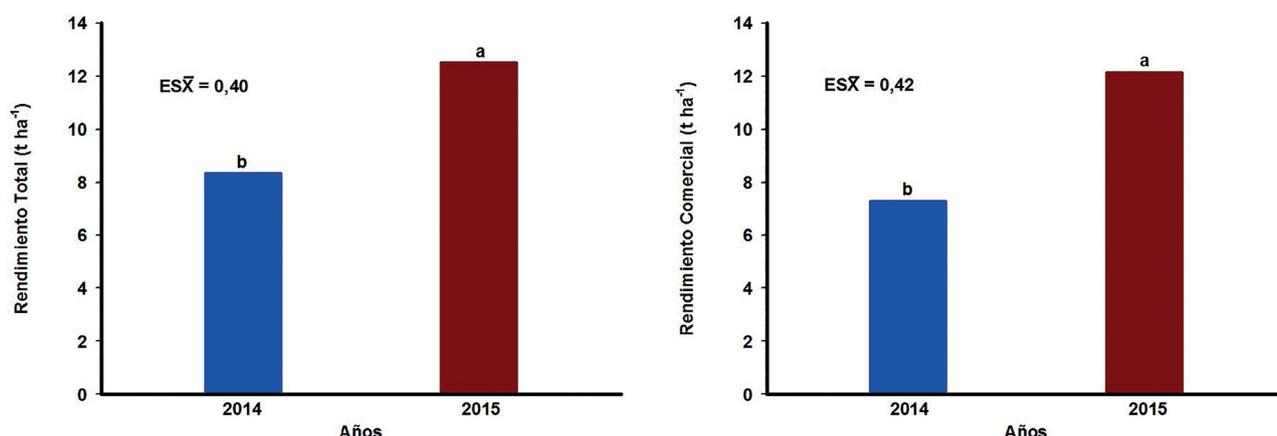
considerando la Fase 1 desde la plantación hasta inicio de tuberización (30 ddp), la Fase 2 desde inicio de tuberización hasta fin de crecimiento de follaje (70 ddp) y la Fase 3 desde este momento hasta la cosecha^B. Al final de la cosecha se determinó el rendimiento total y comercial (> 55 mm) en t ha⁻¹, así como la composición del mismo por calibres, expresados en porcentaje de la masa total, constituyendo estas las variables evaluadas. Todo el procesamiento estadístico se realizó con el empleo del programa Statgraphycs v5.1 (5) y los gráficos se realizaron con el empleo del programa Sigma Plot v3.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el rendimiento total y comercial durante los años evaluados. En ambos casos se evidencian diferencias significativas, siendo el año 2015 el que alcanzó un mayor rendimiento total y comercial (12,5 t ha⁻¹). Valores similares han sido alcanzados para esta variedad en estudios anteriores (6).

Las temperaturas constituyen un factor importante dentro de las condiciones climáticas presentes, con una gran influencia en el comportamiento de los rendimientos, las mismas ejercieron una menor influencia en el año 2015 al mostrar los mayores valores, aún cuando para la región en que se desarrolló el estudio, la variedad empleada en este trabajo, sus rendimientos estuvieron como promedio alrededor de las 18 t (1).

^B Aldabe, L. y Dogliotti, S. *Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa (Solanum tuberosum L.)*. Ed. Universidad de la República, 1996, Montevideo, Uruguay



Medias con letras diferentes encima de las barras significan diferencias significativas entre tratamientos, según prueba de Duncan a $p < 0,05$

Figura 1. Comportamiento del rendimiento Total y Comercial (t ha⁻¹) durante los años de estudio

No obstante en ocasiones, aún cuando las condiciones ambientales son adecuadas para el desarrollo del cultivo, también es posible encontrar bajos rendimientos, lo cual depende de las atenciones culturales (sobre todo la nutrición) que se le haya dado al cultivo^c.

Como se puede observar en la Figura 2, en el año 2014 las temperaturas máximas mostraron valores mayores, manteniéndose por más tiempo en esa condición. Las medias informadas para ambos años sobrepasan a las establecidas como óptimas (15 - 20 °C), aunque algunas variedades rinden el máximo con temperaturas mayores (7), lo cual no es el caso de la variedad empleada, si se tiene en cuenta su comportamiento en las zonas papeiras del país.

Por otra parte, se plantea que las plantas no pueden escapar de las condiciones adversas que pueden presentarse en ocasiones de forma continua, sino adaptar su crecimiento y desarrollo a ese entorno cambiante (8, 9).

Las altas y bajas temperaturas influyen en gran medida en la pérdida respiratoria y en el desarrollo del follaje inicial del cultivo (10). Por tanto, la predicción fenológica con base al tiempo térmico es una alternativa para predecir las diferentes etapas fenológicas del cultivo de papa con respecto a las condiciones ambientales de la zona de estudio, lo que permite determinar la aplicación de insumos agrícolas así como la implementación oportuna de labores culturales.

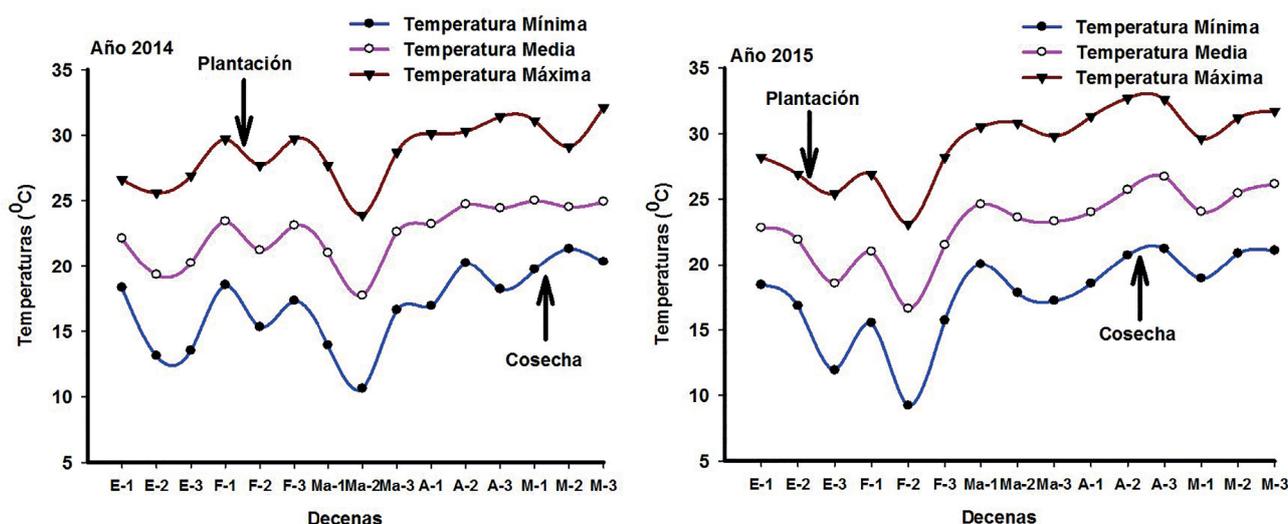
Además, el efecto de la temperatura en el desarrollo de los cultivos se evalúa con la integral térmica, también conocido como los grados día de desarrollo (11). Esta variable relaciona la temperatura ambiental con las etapas fenológicas del cultivo y permite pronosticar cuándo ocurrirá una de ellas.

Se plantea que el conocimiento de los requerimientos térmicos por cada etapa fenológica, representa ventajas prácticas y agronómicas que permiten optimizar la utilización de insumos y planificar el cultivo de la papa bajo condiciones climáticas variables (12).

La mayor influencia de esta variable meteorológica sobre el cultivo, radica en el rango de amplitud que se produzca entre las temperaturas máximas y mínimas (Figura 3). Los años evaluados presentan un buen comportamiento en este indicador, destacándose el año 2015 ya que las fluctuaciones de amplitud entre la mínima y la máxima fueron mayores durante los primeros estadios del crecimiento y desarrollo del tubérculo; lo cual favorece los rendimientos alcanzados, a diferencia del año 2014 en que en ese momento las fluctuaciones fueron menores, en este aspecto se destaca el año 2015 porque las temperaturas resultaron también más bajas.

Además, se puede inferir que una mayor amplitud de estas en el periodo correspondiente al final del ciclo del cultivo, permitió una mayor traslocación de materia seca hacia los tubérculos, lo cual favoreció el incremento de los rendimientos en el año 2015, como ya había sido analizado. Es importante señalar que la biomasa en cultivos como la papa, es la muestra de todo el potencial de fotosíntesis y acumulación de asimilados de la planta (13), que en última instancia es el elemento responsable de los rendimientos que se alcancen.

^c Punina, A. E. I. *Evaluación agronómica del cultivo de papa (Solanum tuberosum) C.V. Fri papa, a la aplicación de tres abonos completos* [en línea]. Tesis de Diploma, Universidad Técnica de Ambato, 2013, Ecuador, 70 p., [Consultado: 19 de diciembre de 2016], Disponible en: <<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6532/1/Tesis-69%20%20%20Ingenier%20Agron%20Agron%20Agron%20CD%202010.pdf>>.



Las flechas en el gráfico indican la fecha de siembra y cosecha del cultivo

Figura 2. Comportamiento de las temperaturas máximas, medias y mínimas durante los dos años de estudio

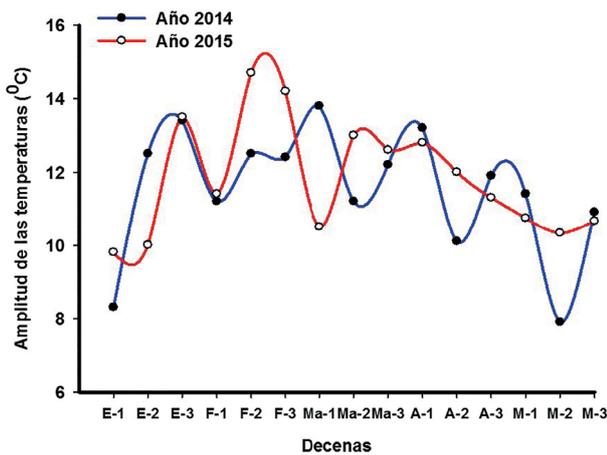
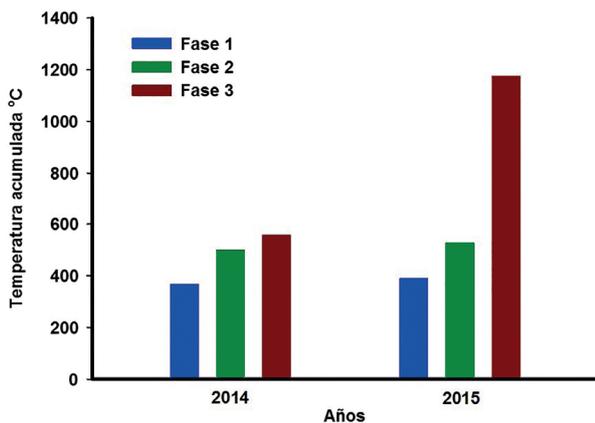


Figura 3. Amplitud térmica de las temperaturas durante los dos años de estudio

En estudios realizados en relación con el cambio climático en América Latina y su influencia en el sector agrícola y en la producción del cultivo de papa en específico, se espera que para el período 2010-2040, la productividad de este cultivo se reduzca entre 10 y 19 %, si no se incorporan medidas de adaptación (14), lo cual pudiera estar relacionado con el empleo de variedades tolerantes a las altas temperaturas aspecto en el que se trabaja con gran intensidad en la actualidad (15).

Partiendo de que cada fase de desarrollo de un cultivo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente, en la Figura 4 se presentan las sumas de temperatura acumulada para cada una de las fases fenológicas (16) consideradas en los dos años de estudio.



Fase 1, (desde la plantación hasta 30 días (inicio de tuberización)), la Fase 2 (desde inicio de tuberización hasta fin de crecimiento de follaje (70 días)) y la Fase 3 (desde este momento hasta la cosecha)

Figura 4. Temperatura acumulada por fase del cultivo durante los años evaluados

Se denota en el año 2015 un comportamiento similar al año 2014 en cuanto a la magnitud de la temperatura acumulada en las dos primeras fases, no así en la tercera, que se corresponde con el fin de crecimiento del follaje hasta la cosecha, la cual tuvo una duración mayor en el año 2015, lo que propició que los rendimientos hayan sido superiores.

El comportamiento observado en el año 2014 no es más que el efecto de las condiciones ambientales que se presentaron ese año en cuanto al efecto de las temperaturas, que provocaron la senescencia del follaje en un tiempo más corto (17); por lo que los requerimientos térmicos en ese año no suplieron las necesidades del cultivo. La tasa de crecimiento de tubérculos se ve afectada aun cuando en las primeras etapas se haya alcanzado un buen desarrollo y una considerable acumulación de biomasa^D.

Se conoce además que el comportamiento de la acumulación de la biomasa en papa, como en otras plantas, es sigmoideal por lo que se busca que la etapa de tuberización se alargue para que se logre una mayor movilización de asimilados al sumidero final, que son los tubérculos.

En la Figura 5 se presenta el porcentaje del rendimiento respecto al total en los diferentes tamaños de tubérculos considerados. En el caso del año 2014 y en correspondencia con el rendimiento para esa plantación no se encontró ningún porcentaje en los tubérculos de mayor calibre (55 mm), lo cual no garantiza que los rendimientos sean superiores a los encontrados.

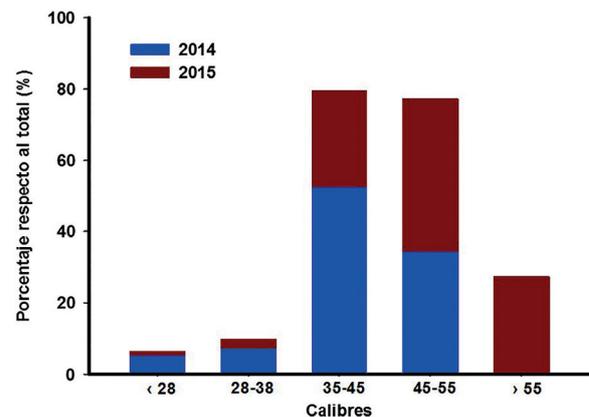


Figura 5. Porcentaje del rendimiento respecto al total en los tamaños considerados durante los dos años

^D Rojas, B. E. O. *Evaluación del desarrollo del cultivo de papa bajo escenarios de variabilidad climática interanual y cambio climático, en el sur oeste de la Sabana de Bogotá* [en línea]. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia, 2011, Colombia, 158 p., [Consultado: 20 de octubre de 2015], Disponible en: <<http://www.bdigital.unal.edu.co/5242/1/edwinoswaldorjasbarbosa.2011.pdf>>

Por el contrario, en el año 2015 el mayor porcentaje en cuanto a la masa se encontró en los calibres superiores a 45 mm, siendo bajos en los dos primeros tamaños, todo lo cual es un reflejo del rendimiento que alcanzaron las plantas en ambas plantaciones. El peso de los tubérculos comerciales resultó semejante en ambos años, aunque no en cuanto al tamaño de los mismos. Se ha comprobado que este tiene una alta correlación con otras variables relacionadas con el crecimiento de la planta como es el caso de la altura (18).

En el trabajo se pudo constatar que la fecha de siembra juega un elemento importante por las condiciones del ambiente imperante, las cuales modificaron el desarrollo del cultivo.

Otro aspecto importante lo constituye el estudio y comportamiento del rendimiento en diferentes ambientes por la importancia que el mismo tiene para definir criterios de selección buscando clones más productivos y de mayor calidad tolerantes a las altas temperaturas (19, 20). En otro sentido, la temperatura resulta el factor más importante a tener en cuenta debido a que induce el desarrollo a través de las diferentes fases del cultivo, desde la emergencia hasta la floración y madurez.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados se comprueba que el cultivo de la papa se muestra extremadamente sensible a los cambios ambientales (con mayor efecto la temperatura). Por lo que en presencia de temperaturas por encima de las óptimas se modifican los patrones de crecimiento en cuanto a la duración de las diferentes fases fenológicas, influyendo en gran medida en los rendimientos que se alcancen, a la vez que se ve reducido el número de tubérculos en los calibres mayores.

BIBLIOGRAFÍA

1. FAO. *FAO statistical yearbook 2013: World food and agriculture*. [en línea]. (ser. FAO statistical yearbook), Ed. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013, Roma, Italia, 307 p., ISBN 978-92-5-107396-4, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3107e/i3107e00.htm>>.
2. Statistics Division. *FAOSTAT* [en línea]. 2012, [Consultado: 18 de noviembre de 2016], Disponible en: <<http://faostat3.fao.org/home/E>>.
3. Khan, M. S.; Struik, P. C.; van der Putten, P. E. L.; Yin, X.; van Eck, H. J.; Malosetti, M. y van Eeuwijk, F. A. "An ecophysiological model approach to analyze canopy dynamics in potato (*Solanum tuberosum* L.)". *Potato Research*, vol. 53, no. 4, 2010, pp. 393-419, ISSN 0014-3065, 1871-4528, DOI 10.1007/s11540-010-9180-z.
4. Deroncelé, R.; Salomón, J.; Manso, F.; Linares, J.; Santo, R.; Roque, R.; González, P.; Navarro, H. y Tabera, O. *Guía técnica para la producción de papa en Cuba*. Ed. Liliana, 2000, La Habana, Cuba, 42 p., ISBN 978-959-7111-05-4.
5. Statistical Graphics Corp. *STATGRAPHICS® Plus* [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
6. Martín, M. R. y Jeréz, M. E. "Evaluación del rendimiento en papa (*Solanum tuberosum*, L.) a partir del comportamiento de las temperaturas". *Cultivos Tropicales*, vol. 36, no. 1, 2015, pp. 93-97, ISSN 0258-5936.
7. Vreugdenhil, D.; Bradshaw, J.; Gebhardt, C.; Govers, F.; Taylor, M. A.; MacKerron, D. K. L. y Ross, H. A. *Potato Biology and Biotechnology: Advances and Perspectives*. 1.ª ed., Ed. Elsevier, 2007, United Kingdom, 857 p., ISBN 978-0-08-052505-1, Google-Books-ID: H9WWTORVS9kC.
8. Katerji, N.; Mastroianni, M. y Lahmar, F. "FAO-56 methodology for the stress coefficient evaluation under saline environment conditions: Validation on potato and broad bean crops". *Agricultural Water Management*, vol. 98, no. 4, 2011, pp. 588-596, ISSN 0378-3774, DOI 10.1016/j.agwat.2010.10.011.
9. Sifuentes, I. E.; Ojeda, B. W.; Mendoza, P. C.; Macías, C. J.; Islas, R.; del Rosario, J. y Inzunza, I. M. A. "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, 2013, pp. 585-597, ISSN 2007-0934.
10. Brackmann, K. y Greb, T. "Long- and short-distance signaling in the regulation of lateral plant growth". *Physiologia Plantarum*, vol. 151, no. 2, 2014, pp. 134-141, ISSN 0031-9317, DOI 10.1111/pp1.12103.
11. Díaz-López, E.; Loeza-Corte, J. M.; Campos-Pastelín, J. M.; Morales-Rosales, E. J.; Domínguez-López, A. y Franco-Mora, O. "Eficiencia en el uso de la radiación, tasa de asimilación neta e integral térmica en función del fósforo en maíz (*Zea mays* L.)". *Agrociencia*, vol. 47, no. 2, 2013, pp. 135-146, ISSN 1405-3195.
12. de Ruiz, S. T. C.; Andrade, F. H. y Mendiburu, A. "Rendimiento potencial del cultivo de papa en Balcarce, causas que limitan la productividad real". *Revista Latinoamericana de la Papa*, vol. 2, 1989, pp. 29-45, ISSN 1853-4961.
13. Flores-Magdaleno, H.; Flores-Gallardo, H. y Ojeda-Bustamante, W. "Phenological prediction of potato crop by means of thermal time". *Revista Fitotecnia Mexicana*, vol. 37, no. 2, 2014, pp. 149-157, ISSN 0187-7380.
14. Morales, R. A.; Morales, T. A. y Rodríguez, S. D. "Identificación de variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) tolerantes a sequía y altas temperaturas, mediante métodos anatómicos y fisiológicos". *Revista Agrociencia de Cuba*, vol. 39, no. 1, 2015, pp. 8-20, ISSN 0568-3114.
15. Solís-Chávez, S.; Vanegas-Carrero, L.; Méndez-Úbeda, J.; Cadenas-Vivas, W.; Castro-Baltodano, M.; Pavón, W. y Alemán-Siu, 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. 156-172, ISSN 1853-4961.

16. Flores-Gallardo, H.; Ojeda-Bustamante, W.; Flores-Magdaleno, H.; Mejía-Sáenz, E. y Sifuentes-Ibarra, E. "Grados día y la programación integral del riego en el cultivo de papa". *Terra Latinoamericana*, vol. 30, no. 1, 2012, pp. 59-67, ISSN 1870-9982.
17. Mueller-Roeber, B. y Balazadeh, S. "Auxin and Its Role in Plant Senescence". *Journal of Plant Growth Regulation*, vol. 33, no. 1, 2014, pp. 21-33, ISSN 0721-7595, 1435-8107, DOI 10.1007/s00344-013-9398-5.
18. Medina, E. L.; Salvatierra, C. Z.; Benavides, M. G.; Rodríguez, R. S. y Torres, J. C. "Rendimiento comparativo de cuatro variedades nuevas de *Solanum tuberosum* L. «papa» en el anexo Chaquicocha, distrito Tayabamba, Pataz, La Libertad". *Arnaldoa*, vol. 20, no. 1, 2013, pp. 155-170, ISSN 2413-3299.
19. Pulido, M. S.; Contrera, G. y Perea, J. "Análisis de la correlación entre el número de ramificaciones y número de tubérculos por planta de cuatro variedades de papa andina". *Biología en Agronomía*, vol. 3, no. 1, 2013, pp. 37-46, ISSN 1853-5216.
20. Pulido, M. S.; Contrera, G. E. y Perea, J. M. "Estudio de los componentes del rendimiento: tamaño de tubérculos y número de tubérculos por planta en cuatro variedades de papa andina (*Solanum tuberosum* ssp. *Andígena*)". *Biología en Agronomía*, vol. 4, no. 1, 2013, pp. 7-16, ISSN 1853-5216.

Recibido: 4 de noviembre de 2015

Aceptado: 27 de mayo de 2016

