

INFLUENCIA DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS EN LOS PROCESOS FISIOLÓGICOS DEL DESARROLLO DEL CULTIVO DE LA PAPA (*SOLANUM TUBEROSUM* L.) Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO.

M. Sc. Lilibeth Rodríguez Izquierdo¹, Lic. Antonio China Horta², Ing. Jorge Luis Arias Acosta³

1. Universidad de Matanzas – Sede “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca Km.3, Matanzas, Cuba. lilibeth.rodriguez@umcc.cu

2. Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal. Dpto. Fitosanidad, Marina Darsena, Varadero.

Resumen

La papa se planta en muchas zonas geográficas, sin embargo, las condiciones idóneas para su cultivo en Cuba se presentan en un corto período de tiempo. Las áreas de producción generalmente se encuentran ubicadas en los suelos más productivos y en las épocas más frías del año (diciembre-abril) y aunque se aplican los requerimientos agrotécnicos establecidos, el ciclo del cultivo se ve reducido al igual que la obtención del rendimiento potencial de las variedades cultivadas. Estas afectaciones están fuertemente relacionadas con las exigencias climáticas de las variedades cultivadas y su desarrollo en condiciones tropicales. El presente trabajo tiene como objetivo analizar en que medida las condiciones climáticas pueden afectar los procesos fisiológicos del desarrollo del cultivo de la papa y su relación con el rendimiento.

Palabras claves: *Solanum tuberosum*, Variables climáticas, Desarrollo fisiológico, Rendimiento.

Introducción

La papa (*Solanum tuberosum* L.) es el cuarto cultivo alimenticio más importante del mundo después del arroz, el trigo y el maíz (De Almeida *et al.*, 2018). En Cuba, desde 1983 hasta la actualidad, se han plantado como promedio 12 455,44 hectáreas (MINAG, 2018); sin embargo, en los últimos años el área se ha reducido a 6 614,6 hectáreas, con rendimiento medio de 21,31 t.ha⁻¹ y una producción anual de 135 100 toneladas (ONEI, 2019).

Es un cultivo altamente tecnificado, dadas sus exigencias fisiológicas intrínsecas, las características de los suelos, el clima donde se desarrolla y los sistemas de producción que le son propios. Las 33 variedades que se utilizan actualmente en la producción son el resultado de la introducción y selección de materiales foráneos, que no expresan sus potenciales óptimos de producción en las condiciones tropicales, pues son propias de clima y suelo muy diferentes (González, 1998).

La obtención de altos rendimientos en la papa depende del potencial productivo de las variedades y el tratamiento o manejo realizado a las mismas; sin embargo, en el país las variables climáticas constituyen un factor determinante en el desarrollo fisiológico del cultivo, con marcada influencia sobre la actividad fotosintética y la formación del tubérculo, lo que hace importante el estudio del comportamiento del crecimiento de las plantas y su relación con el rendimiento en estas condiciones.

Desarrollo

Las condiciones climáticas influyen de forma marcada en la alta variabilidad que presenta el cultivo de la papa, los efectos de estos factores sobre la fisiología y el rendimiento son bien discutidos en la actualidad (Pereira, *et al.*, 2008; Olivas, 2013).

La papa es esencialmente un cultivo de clima templado, por lo que la temperatura representa la limitante principal en la productividad. Tiene marcada influencia sobre el desarrollo del follaje y los tubérculos: valores inferiores a 10°C y superiores a 30°C inhiben el desarrollo del tubérculo, mientras que la mejor producción ocurre cuando la temperatura diaria se mantiene como promedio de 18 a 20°C, aunque algunas variedades rinden el máximo con temperaturas mayores (López *et al.*, 1995).

La respuesta a este factor también depende de la etapa de desarrollo del cultivo y está determinada por la relación entre la fotosíntesis y la respiración de la planta, teniendo en cuenta que la papa es una planta de metabolismo tipo C3, menos resistente a altas temperaturas; y además resaltando que la respiración también ocurre durante el día y está determinada directamente por este factor (Infantes, 2006). Según Xu *et al.* (1995) y Dekov *et al.*, (2000) la reducción de la tasa fotosintética bajo condiciones de altas temperaturas puede atribuirse a trastornos estructurales y funcionales del cloroplasto, y la reducción de la acumulación de clorofila.

El aumento de la temperatura provoca múltiples efectos en los cultivos, siendo el acortamiento de los estados fenológicos el más universal, lo que conduce a una menor interceptación de radiación acumulada durante el ciclo del cultivo, reduciendo su productividad (Asseng *et al.*, 2009). En papa específicamente, temperaturas sobre 24°C pueden afectar la tasa fotosintética (Kooman y Haverkort, 1995) disminuyendo la eficiencia del uso de radiación (EUR), la producción de biomasa (Haverkort y Verhagen, 2008) y su acumulación en los tubérculos (Ruíz, 2001).

Las altas temperaturas diurnas y nocturnas inducen a que se disminuya el número de tubérculos por planta, las tasas de crecimiento, la masa seca del tubérculo y el índice de cosecha. Esto se debe a los efectos directos de la temperatura sobre la fotosíntesis, respiración y tasas de conversión de azúcares a almidones en el tubérculo (Beukema y van der Zaag, 1990).

La tuberización y el crecimiento de los tubérculos son inhibidos con temperaturas sobre 30°C (Ewing y Struik, 1992). La partición de biomasa en papa también es afectada por altas temperaturas que aumentan las concentraciones de la enzima sacarosa 6-fosfato sintetasa (SPS) en las hojas, aumentando la concentración de sacarosa en este órgano y disminuyendo su traslocación y la síntesis de almidón en los tubérculos (Lafta y Lorenzen, 1995; Timlin *et al.*, 2006). El estrés por alta temperatura puede afectar la calidad de los tubérculos formando crecimientos secundarios conocidos como “cadenas de tubérculos”.

Lafta y Lorenzen (1995) informaron una reducción en la masa seca del tubérculo del 44 - 72% en plantas de genotipos tolerantes y susceptibles al calor, respectivamente, cultivadas a temperaturas diurnas/nocturnas de 31/29 °C en comparación con temperaturas de 19/17°C, lo que resultó en un bajo índice de cosecha.

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. En condiciones naturales las temperaturas diurnas, generalmente, son más altas que las nocturnas lo que provoca un efecto benéfico en el crecimiento de las plantas denominado termoperiodicidad. La papa es considerada una planta termoperiódica, indicando que necesita una variación entre la temperatura máxima y mínima de al menos 10°C; si la diferencia es menor, el crecimiento y tuberización se ven afectados. La presencia de estas condiciones de forma frecuente a lo largo del ciclo vegetativo, ponen en riesgo el rendimiento y la calidad, pues las temperaturas altas son ideales para el crecimiento de tallos y hojas, pero no para el desarrollo de los tubérculos (Centro Nacional de tecnología Agropecuaria y Forestal [CENTA], 2002).

Se ha observado que el crecimiento de los tubérculos en la planta de papa es mayor, cuando ocurre bajo un régimen de fluctuación térmica que cuando crece bajo una temperatura constante (Zamora, 2014). Estas condiciones favorecen la exportación de asimilados hacia los órganos de reserva, logrando una mayor acumulación de masa seca en los tubérculos, que se traduce en mayor índice de cosecha y rendimiento (Jerez *et al.*, 2016).

La respuesta termoperiódica está relacionada con un equilibrio favorable entre la producción de fotoasimilados y su pérdida por respiración nocturna. La base de este comportamiento radica en que todos los procesos presentan diferentes temperaturas óptimas. Mientras la fotosíntesis tiene un rango óptimo de temperatura entre 20 a 25° C, la intensidad de la respiración se incrementa fuertemente con temperaturas sobre 25°C, observándose que algunas especies duplican su respiración con temperaturas superiores a 30°C. Así, entre más elevada sea la temperatura nocturna, mayor será la respiración y por ende la pérdida de fotoasimilados sintetizados durante el día. Es importante, para el crecimiento, que durante la noche la pérdida de fotoasimilados sea mínima, lo que ocurre en temperaturas nocturnas bajas (Fernández y Johnston, 2006).

Aunque los requerimientos térmicos pueden diferir según la variedad, se puede generalizar, que temperaturas máximas o diurnas de 20 a 25°C, son óptimas para el desarrollo profuso del área foliar de la planta, y mínimas o nocturnas de 8 a 13°C son excelentes para una buena tuberización (Estévez *et al.*, 2005).

Por otra parte, se ha demostrado experimentalmente que las plantas solo crecen cuando la temperatura sobrepasa un cierto umbral térmico durante el tiempo que demora en completar su ciclo de desarrollo, es constante de año en año, e independiente de la ubicación geográfica del cultivo (Gutiérrez *et al.*, 1985). Cada fase de desarrollo requiere un mínimo de acumulación de temperatura para llegar a su término y que la planta pueda pasar a la fase siguiente. Por tanto, los grados días acumulados por las plantas, están estrechamente relacionados con la duración las etapas fenológicas y por ende con los procesos que en cada una de ellas determinan la productividad y el rendimiento en la cosecha.

El conocimiento de los requerimientos térmicos para cada etapa fenológica, constituye información útil en la planeación de las actividades agrícolas, pues representa ventajas prácticas y agronómicas, que permiten optimizar la utilización de insumos y planificar el cultivo de papa bajo condiciones climáticas variables (Flores-Magdaleno *et al.*, 2014).

El fotoperíodo es otro de los factores climáticos de mayor importancia en la productividad de las plantas de papa, específicamente determinante en la inducción e incremento del proceso de tuberización. La respuesta de la papa a la longitud del día depende de la subespecie y variedad considerada. Generalmente, el cultivo requiere fotoperíodo largo (más de 14 horas de luz) para desarrollar su área foliar y fotoperíodo corto (menor de 14 horas de luz) en su proceso de tuberización. Bajo condiciones de días cortos las plantas muestran una tuberización temprana, los estolones son cortos y el follaje permanece reducido; bajo condiciones de días largos (sobre 25° de latitud norte o sur) ocurre lo contrario (Valbuena, 2001).

Aunque las variedades de papa presentan diferencias en cuanto a la respuesta al fotoperíodo, en general, el fotoperíodo corto acelera el inicio de la tuberización en la mayoría de estas (Allemann y Hammes, 2006) y la exportación de asimilados desde las hojas es mayor en días cortos que en días largos (Vreugdenhil *et al.*, 2007).

El acortamiento del fotoperíodo es una señal de la llegada de condiciones desfavorables, por lo que la planta se prepara para la formación de sus órganos de almacenamiento y resistencia propiciando la tuberización. Debe aclararse que el acortamiento de los días estimula el proceso de tuberización en la mayoría de las variedades, pero no lo determina, pues puede empezarse este proceso aun contando con fotoperíodos largos (Aldabe y Dogliotti, 2006).

La radiación solar tiene carácter preponderante dentro de los factores ambientales que determinan la producción de masa seca y el rendimiento de las plantas (Fischer y Orduz-Rodríguez, 2012). La intercepción de luz en el cultivo de la papa depende de la intensidad lumínica, la arquitectura del follaje, el porcentaje de suelo cubierto por el mismo y la edad de las hojas.

La producción de biomasa total es el resultado de la eficiencia del follaje del cultivo en la intercepción y utilización de la radiación solar disponible durante el ciclo de crecimiento (Santos *et al.*, 2010). Además de los factores antes descritos, esta eficiencia puede estar influenciada por la habilidad de las hojas para fotosintetizar, el índice de área foliar, la respiración, entre otros; lo cual se resume en factores internos de crecimiento y factores externos relacionados con el ambiente y las prácticas de manejo utilizadas durante el ciclo del cultivo.

La asimilación bruta de la papa en un día luminoso pleno a 18 - 20°C es de 1,92 g de CO₂ por metro cuadrado de área foliar por hora, con una concentración de 0,03% de CO₂, lo que equivale a un rendimiento neto potencial de 1,23 g de masa seca (Navarro, 2000).

El desarrollo y acumulación de biomasa en los tubérculos es mayor a radiaciones continuas de 400 $\mu\text{moles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ por períodos de 12 h de irradianza. En el tercio superior del follaje de la planta de papa, las hojas pueden absorber hasta 1200 $\mu\text{moles.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ y dejar pasar la radiación fotosintéticamente activa restante a los tercios medio e inferior del follaje para ser aprovechada en estos. En condiciones de alta intensidad luminosa, la asimilación de nutrientes es más elevada (Vos y van der Putten, 2001).

La presencia de luz desplaza la relación follaje–crecimiento del tubérculo a favor de este último (López, *et al.*, 1995). Los niveles bajos de irradianza, pueden provocar cambios en algunas características morfológicas de la planta, disminución total de la biomasa, descenso en la producción de tubérculos y alteraciones en las relaciones fuente-demanda de asimilados y su distribución (Kooman *et al.*, 1996).

La percepción del fotoperíodo ocurre en la hoja y es transmitida a los estolones para la formación de los tubérculos; la señal es transportada a través del floema acropetalamente. Investigadores reportan que el fitocromo B está involucrado en la inhibición de la tuberización en día largo y en la inducción de la tuberización en día corto (Batutis y Ewing, 1982; Snyder, 1989; Jackson, 1999; Allemann y Hammes, 2006;). Niveles reducidos del fitocromo B inhiben la tuberización en fotoperíodo de día largo (Jackson y Prat, 1996). El

fitocromo B también parece estar involucrado en el control de la floración, especialmente en plantas de día corto (Lorenzen y Ewing, 1992).

El agua es un elemento fundamental para el crecimiento de la planta, indispensable para la fotosíntesis, la respiración y otras funciones fisiológicas (Kalazich, 1993), Es el medio de transporte de minerales y productos de la fotosíntesis, necesarios para la turgencia de las células de la planta, para la transpiración y regulación de la temperatura de las hojas.

El consumo de agua por el cultivo es ampliamente influenciado por las condiciones climáticas, así como el rendimiento final puede variar ampliamente de acuerdo a la disponibilidad de agua, ya sea de precipitación o regadío (Jara, 1999). Mucha o poca lluvia afecta el rendimiento del cultivo, ya que, debido a la poca profundidad de las raíces de la papa, la respuesta productiva a la irrigación frecuente es considerable y se obtienen cosechas muy abundantes con sistemas de riego automático que sustituyen a diario o cada tercer día el agua perdida por evapotranspiración y mantienen en un buen nivel la humedad del suelo.

Un suministro adecuado de agua es determinante desde el inicio de la tuberización hasta que la planta alcance la madurez fisiológica para obtener altos rendimientos y tubérculos de excelente calidad (Haverkort *et al.*, 1990; Tourneux *et al.*, 2003; Sermet *et al.*, 2005).

El cultivo demanda entre 6 000 y 8 000 m³.ha⁻¹ de agua durante todo el ciclo biológico para satisfacer sus necesidades (requiere 300 kg de agua por cada kg de masa seca) (MINAG, 2018). Las deficiencias hídricas reducen el crecimiento del follaje y pueden disminuir el desarrollo y porcentaje de masa seca acumulada de los tubérculos (Jerez, 1991); sin embargo, un estrés hídrico moderado durante la etapa de expansión del follaje, puede frenar el crecimiento del mismo y favorecer la partición de asimilados hacia el crecimiento de los tubérculos, sobre todo si ya ha iniciado la tuberización (Darwish *et al.*, 2006).

La papa soporta mal la alternancia de períodos de estrés hídrico con otros de humedad excesiva, y presenta un período crítico entre el inicio de la tuberización y la floración. En terrenos secos las ramificaciones del rizoma se alargan demasiado y el número de tubérculos aumenta, pero su tamaño se reduce considerablemente. Los terrenos con excesiva humedad, afectan a los tubérculos ya que se hacen demasiado acuosos, poco ricos en fécula, poco sabrosos y conservables (Montoya, 2013).

La sequía durante el período de tuberización y llenado de los tubérculos tiene un efecto drástico sobre el rendimiento (Sermet *et al.*, 2005); la disponibilidad limitada de agua durante los diferentes estadios de desarrollo de la papa, reduce el crecimiento, el rendimiento, el número de tubérculos por planta, su tamaño y calidad (Karafyllidis *et al.*, 1996; Dalla-Costa *et al.*, 1997; Yuan *et al.*, 2003).

Se debe considerar que el exceso de agua en el suelo, provoca un desarrollo pobre de las raíces, retraso de la madurez, la pudrición de los tubérculos recién formados y los que se

utilizan como semilla, los cuales son especialmente susceptibles a la pudrición, máxime si se siembran y tapan estando húmedos (Ruíz, 2001). Esto, además de la humedad ambiental alta puede favorecer la proliferación de enfermedades fungosas y bacterianas (Franco, 2002).

También la humedad relativa moderada del ambiente es un factor muy importante para el éxito del cultivo. La humedad excesiva, especialmente si va acompañada de temperaturas en torno a 18-20 °C, favorece el ataque de enfermedades.

Conclusiones

En condiciones de campo donde acontecen todos los factores limitantes o no, que influyen en la producción del cultivo de la papa, el rendimiento es una respuesta a los factores meteorológicos que influyen directamente sobre la planta, los mismos regulan los procesos de transpiración, fotosíntesis y respiración, de tal manera que definen el crecimiento y desarrollo del cultivo, aun cuando las respuestas de esa interacción resultan en extremo complejas y en ocasiones difíciles de interpretar. Las condiciones climáticas, en especial las temperaturas, tienen una marcada influencia en la duración de las fases fenológicas de las plantas de papa y en los procesos fisiológicos que en ellas determinan la productividad y el rendimiento en la cosecha.

Bibliografía

ALDABE, L. y DOGLIOTTI, S. *Bases fisiológicas del crecimiento y desarrollo del cultivo de papa*. Revista Latinoamericana de la Papa, vol. 7, no. 8, 2006, pp. 86-93.

ALLEMANN, J. y HAMMES, P. *Effect of photoperiod on tuberization in the Livingstone potato (Plectranthus esculentus N.E.Br. Lamiaceae)*. Field Crops Res., vol. 98, 2006, pp. 76-81.

ASSENG, S.; CAO, W.; ZHANG, W. y LUDWIG, F. *Physiology, modelling and climate change: Impact and adaptation strategies*. In: SADRAS, V. O. Y CALDERINI, D. F. *Crop Physiology: Applications for genetic improvement and agronomy*. (Eds.) Academic Press. Elsevier. 2009.

BATUTIS, E.J. y EWING, E. *Far-red reversal of red light effect during long night induction of potato (S. tuberosum L.) tuberization*. Plant Physiol., vol. 69, 1982, pp. 672-674.

BEUKEMA, H. P. y VAN DER ZAAG, D. E. *Introduction to Potato Production*. PUDOC. Wageningen, The Netherlands. 1990.

CENTA. *Guía técnica cultivo de la papa*. [en línea]. [Consulta: 23 de septiembre 2018]. Disponible en: <http://www.centa.gob.sv/documentos/guias/papa.pdf>. 2002.

DALLA-COSTA, L.; VEDOVE, G.; GIANQUINTO, G.; GIOVANARDI, R. y PERESSOTTI, A. *Yield, water use efficiency and nitrogen uptake in potato: influence of drought stress*. Pot. Res., vol. 40, 1997, pp. 19-34.

DARWISH, T. M.; ATALLAH, T.; HAJHASAN, S. y HAIDAR, A. *Nitrogen and water use efficiency of fertigated processing potato*. Agr. Water Manage., vol. 85, 2006, pp. 95-104.

DE ALMEIDA, F.; TORRES, W.; CABRERA, J. A. y ARZUAGA, J. *Crecimiento de plantas de papa (Solanum tuberosum L., cv Romano), en la provincia de Huambo, Angola, bajo dos densidades de plantación*. Cultivos Tropicales, vol. 39, no. 3, 2018, pp. 31-40.

DEKOV, I.; TSONEV, T. y YORDANOV, I. *Effects of water stress and high temperature stress on the structure and activity of photosynthetic apparatus of Zea mays and Helianthus annuus*. Photosynthetica, vol. 38, 2000, pp. 361 – 366.

ESTÉVEZ, A.; GONZÁLEZ, M.E.; CASTILLO, J. y SALOMÓN, J.L. *Mejoramiento genético*. En: ESTÉVEZ, A. *El cultivo de la papa en Cuba*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana. 2005.

EWING E.E. y STRUIK P.C. *Tuber formation in potato: Induction, initiation, and growth*. Hort Rev., vol. 14, 1992, pp. 89-198.

FERNÁNDEZ, G. y JOHNSTON, M. *Crecimiento y temperatura* [en línea]. [consulta: 15 de febrero 2018]. Disponible en: www.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Crecimientoyttemperatura.pdf. 2006.

FISCHER, G. y ORDUZ-RODRÍGUEZ, J.O. *Ecofisiología en frutales*. En: FISCHER, G. (ed.). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Produmedios, Bogotá. 2012.

FLORES-MAGDALENO, H.; FLORES-GALLARDO, H. y OJEDA-BUSTAMANTE, W. *Predicción fenológica del cultivo de papa mediante tiempo térmico*. Rev. Fitotec. Mex., vol. 37, no. 2, 2014, pp. 149 – 157.

FRANCO, J. *El cultivo de la papa en Guatemala*. Ministerio de Agricultura. 2002.

GONZÁLEZ, M. E. *Mejoramiento por hibridación de la papa (Solanum tuberosum L.) en Cuba*. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 1998.

GUTIÉRREZ, J. R.; BRAVO, A.; JAEGER, N. y HAJEK, E. R. *Fenología de la papa (Solanum tuberosum) y su relación con la temperatura en Lipingue (Decima Region, Chile)*. Ciencia e Investigación Agraria, vol. 12, no. 2, 1985, pp. 137-142.

HAVERKORT, A.J.; VAN DE WAART, M. y BODLAEADER, K.B. A. *The effect of early drought stress on numbers of tubers and stolons of potato in controlled and field conditions*. Pot. Res., vol. 33, 1990, pp. 89-96.

HAVERKORT, A. y VERHAGEN, A. *Climate change and its repercussions for potato supply chain*. Potato Research, vol. 51, 2008, pp. 223-237.

INFANTES, E. *Papa* [en línea]. [consulta: 15 de febrero 2019]. Disponible en: www.monografias.com/trabajos35/papa.shtml. 2006.

JACKSON, S. D. *Multiple signaling pathways control tuber induction in potato*. Plant Physiol., vol. 119, 1999, pp. 1-8.

JACKSON, S. y PRAT, S. *Control of tuberization in potato by gibberellins and phytochrome B*. Physiol. Plant., vol. 98, 1996, pp. 407-412.

JARA, J. *Relaciones agua, planta, producción*. En: XI Jornadas de Extensión Agrícola. Avances en Tecnología de Riego y Mecanización. (Temuco, Chile). Universidad Católica de Temuco. 1999.

JEREZ, E. I.; MARTÍN, R.; MORALES, D. y DÍAZ, Y. *Análisis clásico del crecimiento en tres variedades de papa (Solanum tuberosum L.)*. Cultivos Tropicales, vol. 37, no. 2, 2016, pp. 79-87.

JEREZ, E.I. *El abastecimiento hídrico al suelo y su efecto sobre el desarrollo y las relaciones hídricas en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.)* Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 1991.

KALAZICH, J. *Nuevas variedades de papa, objetivos, aptitudes y usos*. En: 5° Jornada de extensión Agrícola. "Manejo Agronómico del Cultivo de Papa y las perspectivas de mercado". Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. 1993.

KARAFYLLIDIS, D.I.; STAVROPOULOS, N. y GEORGAKIS, D. *The effect of water stress on the yielding capacity of potato crops and subsequent performance of seed tubers*. Potato Res., vol. 39, 1996 pp. 153-163.

KOOMAN, P.L.; FAHEM, M.; TEGERA, P. y HAVERKORT, A.J. *Effects of climate on different potato genotypes II. Dry matter allocation and duration of the growth cycle*. European Journal of Agronomy, vol. 5, no. 3-4, 1996, pp. 207 – 217.

KOOMAN, P. L. y HAVERKORT, A. J. *Modelling development and growth of the potato crop influenced by temperature and daylength: LINTUL–POTATO*. In: HAVERKORT, A.

LAFTA, A. y LORENZEN, J. *Effect of high temperature on plant growth and carbohydrate metabolism in potato*. Plant physiology, vol. 109, 1995, pp. 637-643.

LÓPEZ, M.; VÁZQUEZ, E. y LÓPEZ, R. *Raíces y tubérculos*. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. 1995.

LORENZEN, J. Y EWING, E. *Starch accumulation in leaves of potato (*S. tuberosum* L.) during the first 18 days of photoperiod treatment*. Ann. Bot., vol. 69, 1992, pp. 481–485.

MINAG. *Balance técnico de la campaña de papa 2017-2018. Directivas de trabajo para la campaña 2018-2019*. Dirección de Agricultura MINAG. 2018.

MONTOYA, F. *Calibración y validación de modelos para la simulación de patata (*Solanum tuberosum* L.) bajo diferentes tratamientos de riego con pivot en condiciones semiáridas*. Tesis en opción al título de Doctor en Ciencias. Universidad de Castilla - La Mancha. España. 2013.

NAVARRO, F. *Etimologías. Patata (I)*. Revista Rinconete. Centro Virtual Cervantes. Instituto Cervantes. España. 2000.

OLIVAS, T. C. *Fisiología de la papa* [en línea]. [Consulta: 20 de marzo 2019]. Disponible en: <http://www.slideshare.net>. 2013.

ONEI. *Sector agropecuario. Indicadores seleccionados. Enero -diciembre de 2018*. Oficina Nacional de Estadística e Información. República de Cuba. 2019.

PEREIRA, A.B.; VILLA NOVA, N.A.; RAMOS, V.J. y PEREIRA, A.R. *Potato potential yield based on climatic elements and cultivar characteristics*. Bragantia, Campinas, vol. 67, no. 2, 2008, pp. 327 – 334.

RUÍZ, J.I. *Nutrición y fertilización de la papa (*Solanum tuberosum* L.) en suelo Ferralítico Rojo de la provincia La Habana*. Tesis en opción al título de Máster en Ciencias en Nutrición de las Plantas y Biofertilizantes. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. 2001.

SANTOS, M.; SEGURA, M.y ÑÚSTEZ, C. E. *Análisis del crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia)*. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín, vol. 63, no. 1, 2010, pp. 5253 – 5266.

SERMET, O.; CALISKAN, H.M. y CALISKA, O. *Different irrigation methods and water stress effects on potato yield and yield components*. Agric. Water Manage., vol. 73, 2005, pp. 73-86.

SNYDER, E. *Interactive effects of temperature, photoperiod and cultivar on tuberization of potato cuttings*. HortScience, vol. 24, 1989, pp. 336-338.

TIMLIN, D.; LUTFOR, S.; BAKER, J.; REDDY, V.; FLEISHER, D. y QUEBEDEAUX, B. *Whole plant photosynthesis, development, and carbon partition in potato as a function of temperature*. Agronomy journal., vol. 3, 2006, pp. 1195-1203.

TOURNEUX, C.; DEVAUX, A.; CAMACHO, M.R.; MAMANI, P. y LEDENT, J.F. *Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia (I): morphological parameters, growth and yield*. Agronomie, vol. 23, 2003, pp. 169-179.

VALBUENA, I. *Aspectos ecofisiológicos básicos sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la papa*. En: HERRERA, C. A., et al. *Manejo Integrado del cultivo de la papa. Manual técnico*. Ediciones CORPOICA. Bogotá D.C. 2001.

VOS, J. y VAN DER PUTTEN, P. E. *Effects of partial shading of the potato plant on photosynthesis of treaded leaves, leaf area expansion and allocation of nitrogen and dry matter in components plants parts*. European Journal of Agronomy, vol. 14, no. 3, 2001, pp. 209-220.

VREUGDENHIL, D.; BRADSHAW, J.; GEBHARDT, C.; GOVERS, F.; MACKERRON, D.; TAYLOR, A. y HEATHER, A. *Potato biology and biotechnology: Advances and perspectives*. Elsevier, Amsterdam. 2007.

XU, Q.; PAULSEN, A.Q.; GUIKEMA, J.A. y PAULSEN, G.M. *Functional and ultrastructural injury to photosynthesis in wheat by high temperature during maturation*. Environ. Exp. Bot., vol. 35, 1995, pp. 43 – 54.

YUAN, B. Z.; NISHIYAMA, S. y KANG, Y. *Effects of different irrigation regimes on the growth and yield of dripirrigated potato*. Agric. Water Manage., vol. 63, 2003, pp. 153-167.

ZAMORA, K. *Estudio del crecimiento, potenciales fuente - demanda y formación del rendimiento en el cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.), variedad Spunta y su relación con las condiciones climáticas*. Tesis en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Matanzas. Matanzas. 2014.