



Inhibición de la brotación del tubérculo de papa: una revisión de los métodos empleados

Inhibition of potato tuber sprouting: a review of the methods employed

Velástegui-Espín Giovanny Patricio*, Artieda-Rojas Jorge Rodrigo, Mera-Andrade Rafael Isaías,
López-Villacís Isabel Cristina, Pazmiño-Miranda Nelly del Pilar, Espinoza-Vaca Jorge Santiago

Datos del Artículo

Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Ambato, Cantón
Ambato-Tungurahua-Ecuador.
Casilla postal: 18-01-334.
Telf: (+593) 032872630-0995401298.

***Dirección de contacto:**

Giovanny Patricio Velástegui Espín
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Técnica de Ambato, Cantón
Ambato-Tungurahua-Ecuador.
Casilla postal: 18-01-334.
Telf: (+593) 032872630-0995401298.
E-mail: gp.velastegui@uta.edu.ec

Palabras clave:

Tubérculo,
semilla,
papa,
inhibidor,
brotación,
extractos,
nogal,
juglona.

J Selva Andina Biosph.
2018; 6(2):55-64.

Historial del artículo.

Recibido mayo, 2018.
Devuelto septiembre 2018.
Aceptado septiembre, 2018.
Disponibile en línea, noviembre 2018.

Editado por:
**Selva Andina
Research Society**

Key words:

Tuber,
seed,
potato,
inhibitor,
sprouting,
extract,
walnut,
juggler.

Resumen

La papa es una planta tuberosa cultivada alrededor del mundo, sus tubérculos pueden conservarse por largo tiempo, después de haber sido cosechados y sin perder sus parámetros de calidad, consumo y procesamiento. Existen varios tratamientos que permiten retrasar la aparición de brotes como la utilización de hormonas vegetales como, ácido abscísico, ácido giberélico, ácido indol acético, etileno y citoquininas que intervienen en las fases fisiológicas del tubérculo semilla especialmente en el proceso de dormancia. Agentes externos como el Chlorpropham, hidracida del ácido maleico, aceites esenciales y taninos también juegan un rol importante sobre la inhibición de los brotes. Las plantas elaboran compuestos que son empleados para regular diferentes procesos fisiológicos, entre ellos el de la generación de brotes, es por eso que la obtención de extractos vegetales y el estudio de sus compuestos activos ayudan a la reducción del uso de productos químicos entre ellos el extracto de nogal que por sus compuestos alcaloides, flavonoides, cumarinas y antroquininas que se encuentran en diferentes partes del árbol bloquean los procesos metabólicos y hormonales del tubérculo permitiendo disminuir el crecimiento activo de los brotes y alargar el proceso de dormancia. El presente artículo tiene como objetivo revisar algunos de los tratamientos que se utilizan para alargar el proceso de brotación de los tubérculos-semilla de papa.

© 2018. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. Todos los derechos reservados.*

Abstract

The potato is a tuberous plant cultivated around the world, its tubers can be conserved for a long time, after having been harvested and without losing its parameters of quality, consumption and processing. There are several treatments that allow delay the appearance of outbreaks as the use of plant hormones these are; abscisic acid, gibberellic acid, indole acetic acid, ethylene and cytokinins that intervene in the physiological phases of the seed tuber, especially in the dormancy process. External agents such as Chlorpropham, maleic acid hydrazide, essential oils and tannins also play an important role in the inhibition of outbreaks. The plants elaborate compounds that are used to regulate different physiological processes, among them the one of the generation of shoots, that is why the obtaining of vegetal extracts and the study of their active compounds help to the reduction of the use of chemical products among them the walnut extract that by its compounds alkaloids, flavonoids, coumarins and anthroquinines that are in different parts of the tree block the metabolic and hormonal processes of the tuber allowing to decrease the active growth of the shoots and lengthen the dormancy process. The objective of this article is to review some of the treatments that are used to lengthen the sprouting process of potato seed tubers.

© 2018. *Journal of the Selva Andina Biosph. Bolivia. All rights reserved.*

Introducción

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) es originario de los Andes de América del Sur, una planta herbácea anual que produce un tubérculo, conocido como papa, pertenece a la familia Solanáceas que tiene cultivares Andigenum y Chilotanum. La papa es considerada como pilar fundamental para la seguridad alimentaria, por esta razón se cultiva en más de 100 países, China ocupa el primer lugar en producción a nivel mundial, Perú y Ecuador están en el número uno y nueve respectivamente en América Latina.¹ Después del trigo, maíz y arroz la papa es el cuarto cultivo de importancia mundial. Sus tubérculos pueden mantenerse aptos para el consumo, procesamiento y siembra incluso durante largos períodos de tiempo después de la cosecha, de ahí que en condiciones desfavorables pasa por una etapa de latencia sobreviviendo por períodos indefinidos, en esta etapa la papa previene la brotación de meristemas de crecimiento, disminuyendo sus probabilidades de que muera por bajas temperaturas durante el invierno o altas temperaturas en verano, este estado latente, los tubérculos pueden ser almacenados por varios meses.¹

Uno de los insumos para este cultivo es, bajar costos de producción y obtener un producto, la semilla. La papa se propaga de manera vegetativa, utilizando sus tubérculos, este tubérculo-semilla (TS) que tenga características físicas, sanitarias, fisiológicas de lo contrario no habrá una germinación homogénea, el desarrollo del cultivo será lento y se obtendrán bajos rendimientos. Otro aspecto importante es la fisiología de la semilla, una vez cosechado el tubérculo y almacenado hasta la aparición de sus brotes, este se encuentra en estado de reposo o de inactivación (7 a 120 días) aproximadamente, dependiendo de factores como: la variedad, estado de

cosecha y condiciones de almacenamiento (temperatura, luz) por citar algunos. Posteriormente, se origina la brotación apical, con aparición de un solo brote, para luego iniciar el estado de brotación múltiple con desarrollo de todos los brotes del TS. Finalmente cuando la semilla está almacenada durante mucho tiempo pierde agua, nutrientes, presentando una apariencia envejecida llegando al último estado fisiológico.² Dependiendo de la utilidad que se desea dar a la producción, el manejo de estos estados fisiológicos de la semilla, es muy importante ya que un tubérculo destinado para el consumo no debe presentar ningún brote, de igual manera en épocas, en que su precio de venta bajo, retrasar su brotación para así esperar una mejora de este, es vital para la economía de agricultores dedicados a este rubro.

Existen varios métodos y productos utilizados para aumentar o retrasar la brotación de los tubérculos como, reguladores de crecimiento que retrasen la formación de brotes a través de inhibición de síntesis de giberelinas.² El ácido abscísico (ABA) y el etileno son considerados inhibidores del crecimiento de brotes (ICB), su utilización varía considerablemente y se ven afectados por factores como, la variedad, condiciones ambientales en su almacenamiento, los estados fisiológicos de la planta cosechada, presencia de compuestos fenólicos, metabolismo de azúcares², la cantidad y número de aplicaciones del producto para el control de la brotación.¹ Además existen sustancias químicas que impiden la respiración aeróbica, con un fuerte efecto en la latencia de yemas, esta acción de los ingredientes activos depende del tiempo, dosis, que entre más alta sea y su tratamiento, será más efectivo.³ Como ejemplo se puede mencionar, la quinona, compuesto que secretan algunas plantas, inhiben el crecimiento de otras, así la “juglona”, un metabolito secundario

abundante especialmente en las hojas, cascara de frutas y raíces. Productos con los que se están realizando extractos para la inhibición de brotes de tubérculos de la papa (IBTP).⁴

El objetivo de este artículo fue revisar algunos compuestos y métodos utilizados para inducir o finalizar el proceso de dormancia de los tubérculos semilla de papa.

Desarrollo

Inhibición de la germinación (IG). Las plantas como el Nogal (*Juglans nigra*), fresnos (*Fraxinus excelsior*), las coníferas (*Pinus*)⁴, entre otras producen compuestos con propiedades que pueden ser útiles para controlar diferentes procesos en productos vegetales. De ahí que la obtención de extractos vegetales y el estudio de sus compuestos activos que favorezcan su empleo en diferentes procesos de desarrollo de las plantas. En condiciones *in vitro* los extractos de nogal, por ejemplo, inhiben el crecimiento de brotes en tubérculos, mientras que en *in vivo*, su efecto varía en función de la metodología de preparación, especie, órgano de la planta, tiempo de aplicación entre otros.⁵

La dormancia da inicio a la tuberización y se define como un período que realiza ningún proceso de crecimiento visible de brotes.⁶ El proceso de dormancia de la semilla, el desarrollo de brotes y la formación de tubérculos⁷⁻⁹ van cambiando paulatinamente después de la cosecha y de acuerdo con las condiciones de almacenamiento,^{6,10,11} que se ven afectados por varios procesos metabólicos que suceden a nivel celular, en los plastidios, citosol, influenciados por su genética y factores ambientales, juegan un rol diferenciador.^{12,13}

El tubérculo de papa (TP) requiere condiciones apropiadas para romper su estado de dormancia con

el desarrollo de brotes y estolones, que ocurre una vez que el tubérculo se ha separado de la planta madre¹⁴, convirtiéndose en un órgano de almacenamiento y acumulación de varios solutos, hormonas, carbohidratos^{15,16}, que luego utilizarán en su propagación¹⁷ que inicia con la aparición del brote, la división celular y su alargamiento.⁸

Durante el ciclo de desarrollo los tubérculos de la papa presentan tres tipos de dormancia: *Endodormancia*, no ocurre la brotación de los meristemas de yemas, mientras se sigue almacenando el tubérculo esta endodormancia se inactiva e inicia el proceso de brotación apical inhibiendo el desarrollo del resto de brotes que se encuentran en estado de *paradormancia*. Factores como la temperatura (menor a 3 °C) en el almacenamiento y la presencia de luz, independientemente del estado fisiológico de la semilla, permiten que el tubérculo pase al estado de *ecodormancia*, aquí se inhibe la aparición de brotes.¹⁸

El fenómeno de dormancia o detención del metabolismo (desarrollo) es una estrategia que favorece y ayuda a la supervivencia del tubérculo (o semilla) en condiciones de estrés ambiental, cuando no se encuentra desarrollando los brotes.²

Hormonas vegetales involucradas en las fases de dormancia

Ácido abscísico (ABA) y etileno (E). Necesarios para la inducción de la dormancia sin embargo solo ABA se requiere para el mantenimiento de esta etapa. Los niveles aumentan durante la formación de tubérculos, se mantienen durante la dormancia y reducen durante el crecimiento de los brotes. Para mantener esta dormancia se requiere la presencia de ABA, sin embargo no se conoce una determinada cantidad que induzca la pérdida de la dormancia, lo que muestra la presencia de otros reguladores de

crecimiento.¹⁹

Etileno. Al igual que el ABA actúan sobre la inhibición de los brotes¹⁹, la cantidad de E en el tubérculo de papa aumenta una vez cosechada, disminuyendo posteriormente.²⁰ Sin embargo, no está claro si el aumento de E se relaciona con las condiciones de estrés de la cosecha o con el proceso de dormancia.²¹ Estudios realizados por Rylski *et al.*²² y Suttle²¹ señalan que la utilización temporal de E puede finalizar el proceso de dormancia y un tratamiento permanente, inhibe el crecimiento del brote.

Ácido giberélico (AG). Un incremento de AG constituye un factor necesario para inducir la formación del tubérculo ya que este activa una señal transmisible a la región sub-apical del estolón del tubérculo, que cambia la dirección de la división celular, para producir expansión radial en lugar de crecimiento longitudinal, dando paso a la dormancia.² (Wróbel *et al.*²³ menciona que al colocar las yemas de tubérculos de papa de las variedades Pasat y Dorota en una solución de AG más cinetina, tiourea y daminozida a diferentes concentraciones ayudó con la ruptura de la dormancia de las semillas.

Ácido indol acético (AIA). Ciertos cambios en las cantidades de AIA y AG, están estrechamente relacionados con la regulación del crecimiento del brote del tubérculo, una vez eliminada la dormancia. Aunque el progreso de dormancia del tubérculo y crecimiento requiere la síntesis y acción de muchas hormonas, ABA y citoquininas suelen ser las principales en el proceso de regulación de dormancia del tubérculo.²⁴

Un factor importante, que interviene en la inducción de la tuberización y la pérdida de dormancia, es el flujo simplástico, ya que controla la asignación de azúcares, que inician con un meristemo apical dormante aislado simplásticamente. La pérdida de dormancia está asociada con la conexión simplástica del meristemo del brote, la red de floema del tu-

bérculo, y con una descarga simplástica en la región de la yema, lo cual ayuda en el crecimiento de nuevos brotes.⁴

Citoquininas. Son hormonas reconocidas debido a la capacidad que poseen para estimular la división celular, estudios han señalado que la concentración disminuye en tejidos vegetales que están saliendo de la fase G-1 del ciclo celular.²⁵

En la tuberización, las citoquininas desempeñan un papel importante, ya que promueven la inducción de los tubérculos, convirtiendo el estolón en un brote foliar. Durante la tuberización actúa conjuntamente un grupo de fitoreguladores y factores que llevan a cabo todo el proceso.¹²

Factores externos que limitan la brotación. Existen condiciones externas que limitan la brotación por lo tanto para inhibir la germinación de nuevos brotes no solo se analiza factores fisiológicos del tubérculo sino condiciones, como los cambios ambientales, lugar de almacenamiento, y variedades de papa que se desea inhibir su crecimiento.¹

Bajas temperaturas de almacenamiento. Ayudan sobre la calidad del tubérculo y retrasan la aparición del brote, estos tubérculos mantienen su capacidad de brotación y al aumentar la temperatura también el porcentaje de brotación aumenta. Generalmente este método de inhibición de brote es utilizado para productos dedicados a la industrialización que deben estar almacenados por periodos largos de tiempo.²⁷

Chlorpropham (CIPC). Un herbicida de baja concentración utilizado desde muchos años atrás como agente inhibidor de la germinación en papa, se aplica por diversos medios entre los principales están la aspersión y la inmersión acuosa.¹ CIPC (Chlorpropham (isopropyl (N-(3-chlorophenyl) carbamate) forma parte de los más efectivos porque no solo impide el crecimiento de brotes de papas si no que obstaculiza el proceso de construcción del huso

durante partición de la célula.²⁸ Estudios realizados durante dos años en la Universidad de Idaho se aplicó dosis de CIPC de (1.3 a 10 ppm) observándose una disminución de 94% de brotes.²⁹

Hidracida del ácido maleico. Es el único producto que se aplica en la edad cronológica del cultivo teniendo en cuenta la temporada de senescencia, muy efectivo si se aplica correctamente y con ello se logra obtener tubérculos inhibidos pero en estado de latencia.³

Aceites esenciales (AE). Con el propósito de reducir la utilización de sustancias químicas cuando los brotes de papa inician su germinación se busca sustento en los AE que son extraídos principalmente de plantas denominadas medicinales y entre ellas la menta (*Mentha piperita*) pueden retardar de 2 a 5 semanas la brotación con una desventaja notable en el sabor. Este extracto actúa dañando la parte física del tejido brotado, su efectividad es media debido a que se opta por 2 a 3 aplicaciones para ver excelentes resultados.

Otro de los AE utilizados es el de aceite de clavo (*Syzygium aromaticum*) que en condiciones favorables y en mezclas con los compuestos anteriormente nombrados, puede lograr una alta inhibición, se caracteriza por que tiene característica fúngicas y el método de aplicación más conocido es por medio de aerosoles.¹

Taninos. Como principal función, tienen la defensa de las plantas contra el ataque por insectos, pero como función secundaria inhibir la brotación tubérculos.³⁰

Extracto de nogal. El nogal (*Juglans regia*) un árbol ampliamente distribuido en América Latina, muy buscada por sus hojas que tienen una enorme cantidad de compuestos que pueden utilizarse en los humanos como medicina tradicional por sus propiedades antibacterianas, antioxidante y antidiarreica,

también son utilizados como materia por la industria farmacéutica.³¹

Entre las características favorables que tiene el nogal, en sus diversas partes como, raíz, tallo y hojas están los ácidos elágico y gálico, naftoquinonas como juglona y plumbagina, flavonoides como la juglanina y la quercitina, aceite esencial y taninos.³² El ácido elágico se puede hallar de forma libre como elagitaninos en las semillas procede directamente del ácido gálico que se obtiene por una simple hidrólisis, con capacidad para suprimir tumores cancerígenos, en la planta de nogal esa presente en muy bajas concentración comparado con frambuesa que es rica en este ácido.³³

A diferencia del ácido elágico, los taninos hidrolizables se hallan en su mayoría en las hojas, cáscaras de nogal, además en forma libre en la cera que recubre la cutícula, estos se caracterizan por presentar aproximadamente 10% de elagitanino y naftoquinonas o más conocida como juglona o 5-hidroxi-1,4-naftoquinona.³⁴

Al ser de plantas naturales y estar presentes en diferentes especies las naftoquinonas tienen como propiedades principales la oxidación, reducción y ácido base por lo tanto su importancia se centra en actividades como, antiparasitario, antibacteriano y antifúngico.³⁵ Estas especies vegetales son verdaderas máquinas para generar metabolitos secundarios como, flavonoides, sustancias capaces de producir color, como en el nogal un verde amarillento que es muy atractivo para animales, los cuales ayudan a la dispersión de semilla y así crear una nueva generación.³⁶

Extracto de nogal en la inhibición de la brotación. Existen múltiples especies alelopáticas, entre éstas destaca el nogal negro (*Juglans nigra*) que pocas plantas logran desarrollarse bajo este árbol, el agente químico responsable de la toxicidad causada por

este nogal es la juglona, un inhibidor respiratorio, en plantas herbáceas especialmente Solanáceas tales como tomate, pimiento y berenjena, sensibles a este metabolito, que durante su exposición a la alelotoxina, exhiben síntomas de marchitez, decoloración foliar, y eventualmente muerte. Massey³⁷, observó plantas de tomate y alfalfa ubicadas en un radio máximo de 25 m, del tronco de nogal, un índice mayor de mortalidad, las situadas en un radio de 16 m, mientras las situadas a mayor distancia se desarrollaban normalmente. Posteriormente se estudió la juglona, una hidroxinaftoquinona soluble en agua que concede color pardo a las nueces, lo que provocaba esta fitotoxicidad.³⁸

La juglona también denomina 5-hidroxi-1,4-naftalendiona según la nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), pertenece al grupo de las naftoquinonas compuestos aromáticos estructuralmente conformados por naftaleno, y dos grupos carbonilo en posición 1-4 utilizados como colorantes (amarillo-rojo), además intervienen en las defensas de las plantas por medio de procesos biológicos y oxidativos.³⁵ Además la juglona, compuesto capaz de alterar el crecimiento y otras funciones fisiológicas en especies las plantas. Estudios realizados por Hejl *et al.*³⁹ señalan que este compuesto además de inhibir el crecimiento de lenteja de agua (*Lemna minor L.*) influyó en la cantidad de clorofila y la fotosíntesis neta en tratamientos entre 10 y 40 μM , en hojas de soja infiltradas al vacío con un mínima dosis de juglona redujeron el proceso de fotosíntesis adicionalmente en alverja (*Pisum sativum L.*) la evolución de oxígeno por los cloroplastos fue inhibida en presencia del compuesto, mientras que en soja (*Glycine max*) estimuló la absorción de oxígeno en mitocondrias aisladas, lo que explica las perturbaciones de funciones de cloroplastos y mitocondrias pueden favorecer la reducción del crecimiento de las plantas observadas en la

alelopatía mediada por juglona. Los inhibidores naturales fueron revisados hace tiempo por Kefeli & Kadyrov.⁴⁰ Usualmente los compuestos fenólicos aceleran la AIA-oxidasa destroza a la hormona especialmente AIA pueden interferir con las enzimas respiratorias con el grupo SH14, se ha verificado para la juglona.

Además los compuestos fenólicos, son metabolitos secundarios de plantas y generalmente están involucrados en la defensa contra la radiación ultravioleta⁴¹ mediante la cual se ha podido bloquear los procesos metabólicos al no tener las condiciones ambientales favorables de temperatura y luz, permitiendo disminuir el crecimiento activo de los brotes y además alargar la etapa de dormancia.² También poseen habilidad para evitar el crecimiento de diferentes especies a su alrededor⁴², que van desde la inhibición o estimulación el desarrollo del crecimiento de las plantas cercanas, incluso la inhibición de la formación de las semillas.⁴³ Mediante la que el extracto de nogal es de sumamente esencial en la inhibición de los brotes del tubérculo o en el modo de defensa de la planta.

Conclusiones

Existen varios compuestos relacionados con el rompimiento del estado de dormancia, crecimiento y desarrollo de los brotes en los tubérculos de papa, entre ellos se destacan hormonas vegetales y condiciones propias del entorno tales como temperatura, luz entre otras.

Una alternativa para la inhibición de la brotación en tubérculo de papa serían los aceites esenciales, entre ellos el extracto de nogal, que posee gran variedad de metabolitos secundarios entre los que se destacan están, alcaloides, flavonoides, cumarinas y antraquinonas como la juglona, un metabolito secundario responsable de la coloración en hojas y cascaras

principalmente, capaz de influir en el desarrollo y crecimiento de plantas que se desarrollan junto a ella, sin embargo su actividad en cloroplastos y mitocondrias puede provocar alteraciones en el balance hormonal de la especie vegetal receptora, que en ciertos casos conduce a una inhibición en el crecimiento.

Conflictos de intereses

Esta investigación no presentó conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Técnica de Ambato, facultad de ciencias Agropecuarias por su apoyo logístico para la realización de la presente revisión literaria.

Literatura citada

- Daniels-Lake B, Olsen N, Lopez H, Zink R. Eficacia de los productos controladores de la brotación de papa con el fin de disminuir la producción de brotes. North American Plant protection Organization; 2013;1-20 [citado 2018 mayo 9]. Disponible en: https://www.nappo.org/files/7714/4042/7463/Potato_sprout_inhibition_S_T_s.pdf.
- Rodríguez LE, Moreno LP. Factores y mecanismos relacionados con la dormancia en tubérculos de papa . Una revisión. Agron Colomb 2010;28 (2):189-97.
- Velásquez F, Mendoza R, Aliaga I. Inhibición del brotamiento de tubérculos de papas nativas (*Solanum* sp) durante el almacenamiento postcosecha. Agroind Sci 2013;3(1):53-8.
- Aranda-Ventura J, Villacrés-Vallejo J, García-de Sotero D, Sotero-Solís V, Vásquez-Torrez D, Monteiro-Temmerman U, et al. Toxicidad , actividad antioxidante in vitro e hipoglicemiantes in vitro e in vivo del extracto acuoso de *Juglans neotropica* diels (nogal peruano). Rev Peru Med Integr 2016;1(4):16-24.
- Hernández-Lauzardo AN, Bautista-Baños S, Velázquez del Valle MG. Prospectiva de extractos vegetales para controlar enfermedades postcosecha hortofrutícolas. Rev Fitotec Mex 2007;30 (2):119-23.
- Suttle JC. Dormancy and sprouting. En: Vreugdenhil, D, Bradshaw J, Gebhardt C, Govers F, MacKerron DKL, Ross HA, editors. Potato biology and biotechnology advances and perspectives. Elsevier, Amsterdam; 2007. p. 287-309.
- Claassens MMJ. Carbohydrate metabolism during potato tuber dormancy and sprouting. [Tesis doctoral]. Wageningen University, Wageningen, The Netherlands; 2002.
- Lulai EC. Proceedings from the symposium: recent advances in the physiology of tuberization and dormancy. Am J Pot Res 2004;81(4):251-2. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02_871766.
- Vreugdenil D. Comparing potato tuberization and sprouting: Opposite phenomena? Am J Pot Res 2004;81(4):275-81. DOI: https://doi.org/10.1007/BF02_871769.
- Campbell MA, Segear E, Beers L, Knauber DC, Suttle JC. Dormancy in potato tuber meristems: chemically induced cessation in dormancy matches the natural process based on transcript profiles. Funct Integr Genomics 2008;8(4):317-28. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10142-008-0079-6>.
- Suttle JC, Destefano-Beltrán L. Hormone metabolism during potato tuber dormancy. En: Plant

- and Animal Genome XVI. San Diego, CA; 2008. p. 23.
12. Baguma Y, Sun C, Ahlandsberg S, Mutisya J, Palmqvist S, Rubaihayo P, et al. Expression patterns of the gene encoding starch branching enzyme II in the storage roots of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Plant Sci* 2003;164(5):833-9. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(03\)00072-4](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(03)00072-4).
 13. Mukerjea R, Robyt JF. Starch biosynthesis: further evidence against the primer nonreducing-end mechanism and evidence for the reducing-end two-site insertion mechanism. *Carbohydr Res* 2005;340(13):2206-11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carres.2005.06.021>.
 14. Malagamba P. Producción de tubérculos-semillas de papa. Fisiología y manejo de tubérculos-semillas de papa. Fasc. 2.2-97. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima; 1997.
 15. Viola R, Pelloux J, van der Ploeg A, Gillespie T, Marquis N, Roberts AG, et al. Symplastic connection is required for bud outgrowth following dormancy in potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Plant Cell Environ* 2007;30(8):973-83. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01692.x>.
 16. Hancock RD, Roberts AG, Viola R. A role for symplastic gating in the control of the potato tuber life cycle. *Plant Signal Behav* 2008;3(1):27-9. DOI: <https://doi.org/10.4161/psb.3.1.4813>.
 17. Agrawal L, Chakraborty S, Jaiswal DK, Gupta S, Datta A, Chakraborty N. Comparative proteomics of tuber induction, development and maturation reveal the complexity of tuberization process in potato (*Solanum tuberosum* L.). *J Proteome Res* 2008;7(9): 3803-17. DOI: <https://doi.org/10.1021/pr8000755>.
 18. Lang G, Early JD, Martin G, Darnell R, Lang GA, Early JD, et al. Endodormancy, paradormancy, and ecodormancy-physiological terminology and classification for dormancy research. *Hortscience* 1987;22:371-7.
 19. Alexopoulos AA, Akoumianakis KA, Vemmos SN, Passam HC. The effect of postharvest application of gibberellic acid and benzyl adenine on the duration of dormancy of potatoes produced by plants grown from TPS. *Postharvest Biol Technol* 2007;46(1):54-62 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.03.016>
 20. Cvikrová D, Sukhova LS, Eder J, Korableva NP. Possible involvement of abscisic acid, ethylene and phenolic acids in potato tuber dormancy. *Plant Physiol Biochem* 1994;32, 685-91.
 21. Suttle JC. Physiological regulation of tuber dormancy. *Am J Pot Res* 2004a;81, 253-62. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02871767>.
 22. Rylski I, Rappaport L, Prat HK. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth. *Plant Physiol* 1974;53(4):658-62. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.53.4.658>.
 23. Wróbel S, K sy J, Treder K. Effect of growth regulators and ethanol on termination of dormancy in potato tubers. *Am J Pot Res* 2017;94(5): 544-55. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230017-9592-2>.
 24. Suttle JC. Involvement of endogenous gibberellins in potato tuber dormancy and early sprout growth: a critical assessment. *J Plant Physiol* 2004b;61:157-64. DOI: <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01222>.
 25. Francis D, Sorrell DA. The interface between the cell cycle and plant growth regulators: a mini review. *Plant Growth Regul* 2001;33(1):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1010762111585>.
 26. Firman D, Allen E. Potato biology and biotechnology advances and perspectives. *Agron Pract* 2007;33(5):719-38.

27. Burton WG. Dormancy and sprout growth. En: W.G. Burton, editor. *The Potato*, 3rd ed. John Wiley and Sons, New York; 1989. p. 470-504.
28. Duarte R, Mendoza R, Herrera A. Evaluación de Chlorpropham y S-carvona como inhibidores post-cosecha de la brotación en papa criolla (*Solanum tuberosum* grupo phureja). In: ALAP, editor. XXV Congreso de la Asociación Latinoamericana de la papa. Brazil: ENB; 2012. p. 3-4.
29. Frazier MJ, Olsen N. The Effects of Seed Potato Exposure to Low-rates of Chlorpropham on Field Performance. *Am J Pot Res* 2012; 89:35.
30. Carrillo F, Idrovo N, Espinoza F. Inhibidores Naturales y de síntesis sobre la brotación de tubérculos de papa (*Solanum Tuberosum*) variedad Cecilia. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2017.
31. Hurtado-Manrique P, Jurado-Teixeira B, Ramos-Llica E, Calixto-Cotos M. Evaluación de la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico estandarizado de hojas de *Juglans neotropica* Diels (nogal peruano). *Rev Soc Quim Perú* 2015;81(3):283-91.
32. Dueñas R. Extracto fluido de Muicle. Lab remedios herbolarios [Internet]. 2011;31(I):1-2. Available from: <https://redsa.com.mx/descargas/fichastecnicas/extractos-fluidos/muicle.pdf>
33. Salinas-Moreno Y, Almaguer-Vargas G, Peña-Varela G, Ríos-Sánchez R. Ácido eleágico y perfil de antocianinas en frutos de frambuesa (*Rubus idaeus* L.) con diferente grado de maduración. *Rev Chapingo Ser Hortic* 2009;15(1):97-101.
34. Carretero-Accame ME. Plantas medicinales y derivados en dermatología (V): nogal y bálsamo del Perú. Perú; 2014. [citado 21 de marzo del 2018] <https://docplayer.es/32518309-Plantas-medicinales-y-derivados-en-dermatologia-v-nogal-y-balsamo-del-peru-maria-emilia-carretero-accame.html>
35. López LII, Leyva E, García de la Cruz R. Las naftoquinonas: más que pigmentos naturales. *Rev Mex Cienc Farm* 2011;42(1):6-17.
36. Martínez-Flórez S, González-Gallego J, Culebras JM, Tuñón MJ. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutr Hosp* 2002;17(6):271-8.
37. Massey AB. Antagonism the walnuts (*Juglans nigra* L. and *J. Cinerea* L.) in certain plant associations. *Phytopathology* 1925;15:773-84.
38. Sampietro DA. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. 2001. Universidad Nacional de Tucumán, San Miguel de Tucumán. Argentina. Disponible en <http://fai.unne.ed Hlt146600286u Hlt146600286.ar/biologia/plantas/alelopatia.htm>. Leído el 23/08/2007
39. Hejl AA, Einhellung FA, Rasmussen JA. Effects of juglone on growth, photosynthesis and respiration. *J Chem Ecol* 1993;19(3):559-68. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00994325>.
40. Kefeli VI, Kadyrov SC. Natural growth inhibitors, their chemical and physiological properties. *Ann Rev Plant Physiol* 1971; 22:185-93.
41. Nour V, Trandafir I, Cosmulescu S. HPLC determination of phenolic acids, flavonoids and juglone in walnut leaves. *J Chromatogr Sci* 2013;51(9):883-90. DOI: <https://doi.org/10.1093/chromsci/bms180>.
42. Reyes-Munguía A, Lorenzo-Márquez H, Carranza-Álvarez C, Hernández-Morales A. Actividad antioxidante de seis plantas medicinales de la región Huasteca (Aquismón, S.L.P.). In: XIX Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica. Mexico; 2014. p. 15-20. Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/279906200> Actividad antioxidante de seis plantas medicinales de la region Huasteca Aquismon SL P.

43. Blanco Y. La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. *Cultrop* 2006;27(3):5-16.
