

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GIBERELINAS (GA_3) SOBRE GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE TOMATE (*Solanum lycopersicum L.*) VARIEDAD SANTA CRUZ.

EFFECT OF THE APPLICATION OF GIBBERELLIN (GA_3) ON TOMATO SEED GERMINATION (*Solanum lycopersicum L.*) VARIETY SANTA CRUZ.

DEAQUIZ-OYOLA, Yuli Alexandra ¹
BURGOS-AVILA, Yamith Ernesto ²

RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas de mayor importancia económica y nutricional a nivel mundial, donde el proceso de germinación es una de las fases de vital relevancia en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En este estudio se evaluó el efecto de diferentes dosis de giberelinas sobre la germinación de semillas de tomate variedad Santa Cruz, imbibidas durante 24 horas en distintas concentraciones de ácido giberélico, sembradas en sustrato turba en el invernadero casa de malla de la UPTC. Se utilizó un diseño completamente aleatorio, con 4 tratamientos que correspondieron a 0, 100, 200 y 400 mg L⁻¹ de GAs con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales (UE), cada una con 35 semillas. El tratamiento de 0 mg L⁻¹ incidió favorablemente en el tiempo medio de germinación (TMG), velocidad media de germinación (VMG) y porcentaje de germinación (PG), presentando diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos. Las semillas imbibidas en 400 mg L⁻¹ de GAs presentaron los menores valores en las variables TMG, VMG y PG, esto se atribuye al efecto negativo de la hormona en este tipo de variedad de tomate, donde retrasó la germinación de las semillas.

Palabras clave: fitohormonas, porcentaje de germinación, propagación sexual, tiempo de germinación.

1 Ingeniera Agrónomo, M. Sc
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA)
yulideaquiz@gmail.com

2 Ingeniero Agrónomo, M. Sc (c)
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia Grupo de Investigaciones Agrícolas (GIA)
yamithburgos@gmail.com

Recibido: 06/06/2013

Aceptado: 27/09/2013

ABSTRACT

The tomato is one of the most important vegetable, economical and nutritionally, around the world. For this reason the germination process in the tomato is a vital stage in the growth and development of plants. In this study, the effect of different doses of gibberellin over the germination of Santa Cruz variety tomato seeds was evaluated. The seeds were embedded for 24 hours in different concentrations of gibberellic acid, sown in a peat substrate in the screen house of the UPTC. A complete randomized design was used with 4 treatments corresponding to 0, 100, 200 and 400 mg L⁻¹ of GAs with three replicates, for a total of 12 experimental units (EU), and each unit with 35 seeds. The treatment of 0 mg L⁻¹ had a favorable impact on the mean germination time (GT), average speed of germination (ASG) and germination percentage (GP), showing significant differences with respect to the other treatments. The seeds soaked in 400 mg L⁻¹ of GAs presented the lowest values in the variables GT, ASG and GP, attributed to negative effect this type of hormone over this tomato variety, which delayed the death of the embryo and the seed germination.

Key words: *germination percentage, germination time, phytohormones, sexual propagation.*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), es una de las hortalizas más importantes a nivel mundial, con aproximadamente 4,5 millones de ha (Corporación Colombiana Internacional, 2006). Para el año 2012, la producción de tomate en Colombia fue de 646.904 ton, con un área sembrada de 16.844 ha (FAO, 2012), siendo uno de los cultivos hortícolas de mayor importancia; los principales productores para este mismo año fueron los departamentos de Norte de Santander, Caldas y Boyacá con producciones de 46, 33 y 19 mil ton respectivamente, con un rendimiento de 39.3, 56.8 y 53.7 ton ha⁻¹ (Agronet, 2013).

La germinación es una de las etapas importantes en el proceso de crecimiento y desarrollo de la planta, la cual comienza con la toma de agua por parte de la semilla en un proceso llamado imbibición (Bewley, 1997). Esta absorción de agua desencadena una secuencia de cambios metabólicos, tales como: activa-

ción de la respiración, síntesis proteica y la movilización de reservas, que a su vez dan paso a procesos de división y elongación celular del embrión, lo que provoca la ruptura de las cubiertas seminales y produce la emergencia de la radícula (Nicholls, 2008).

Según Samperio (2001), la semilla absorbe agua y se produce un reblandecimiento en la capa protectora y se inicia el proceso enzimático que activa el crecimiento de la raíz y esta empieza a alargarse, por tanto, un contenido adecuado de humedad en el medio de crecimiento de la semilla garantiza que el proceso germinativo se lleve a cabo en menor tiempo.

Ensayos realizados por Maldonado *et al.* (2002) concluyen que la capacidad de germinación de las semillas está restringida a condiciones de abastecimiento hídrico favorable o desfavorable, provocando una reducción o aumento en la germinación, debido pro-

bablemente a que las enzimas hidrolíticas de los cotiledones son activadas dependiendo del suministro de agua, lo que desencadena la activación metabólica de la semilla que incluye la respiración, síntesis proteica, movilización de reservas, la división y el alargamiento celular en el embrión que produce por la emergencia de la radícula (Chongi *et al.*, 2002).

Las giberelinas (GAs) son hormonas que estimulan la síntesis de enzimas hidrolíticas de α -amilasa, en la capa de aleurona (Davies, 2004), activando la transcripción de los genes que codifican para dichas proteínas (Sponsel & Hedden 2004). Las amilasas degradan el almidón y los productos de la digestión almacenados en la aleurona y el endospermo almidonoso, que luego son movilizados al escutelo para iniciar el crecimiento de las plántulas (Azcón-Bieto & Talón, 2000).

De igual forma, las GAs actúan como reguladores endógenos del crecimiento y desarrollo de las plantas superiores, donde se han identificado aproximadamente 112 giberelinas diferentes, nombradas sucesivamente GA₁, GA₂, GA₃, etc. (Kende & Zeevaart, 1997). La aplicación exógena de GAs produce una amplia variedad de respuestas en el crecimiento y desarrollo, donde la inducción del crecimiento del tallo y semillas es probablemente el efecto más evidente (Talon, 2000; Bywater, 2001). Las GAs poseen más de un sitio de acción en la estructura de la semilla y están directamente relacionadas con la terminación de la latencia del embrión, así como con la reanudación del abastecimiento del endospermo, adicionalmente, existe evidencia de que altera la membrana celular incrementando su permeabilidad (Abou-Quad, 2007), debido a que esta hormona aumenta la extensibilidad y la tensión de relajación de la pared celular, lo que debilita la capa del endospermo y moviliza las reservas en el endospermo (Taiz & Zeiger, 2006).

Son importantes también para inducir rompimiento de la latencia después de la imbibición de las semillas, permitiendo la germinación y crecimiento del embrión (Siobhan & McCourt, 2003). Existen estudios sobre la estimulación de la germinación mediante el uso de giberelinas (GA₃) en semillas de tomate (Balaguera-López *et al.*, 2009a; Balaguera-López *et al.*, 2009b), no obstante, los resultados obtenidos en este estudio son contrarios a lo esperado, por tal razón es importante determinar la dosis exacta de esta hormona en variedades de tomate, ya que estos estudios se han realizado en híbridos.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes dosis de giberelinas sobre el porcentaje de germinación, tiempo medio de germinación y velocidad media de germinación en semillas de tomate variedad Santa Cruz.

METODOLOGÍA

El experimento se realizó en el invernadero de plástico tipo tradicional, casa de mallas (constituido de 7 naves con medidas de 7 x 2.5 m, cada una), de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, en la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), sede Tunja, el cual se encuentra a una altitud de 2.782 m s. n. m. y coordenadas 5° 32' N y 73° 23' W; al interior del invernadero la temperatura promedio durante el estudio fue de 16 °C y la humedad relativa promedio (HR) del 70 %.

Para la realización del experimento se emplearon semillas de *Solanum lycopersicum* Variedad Santa Cruz compradas a la empresa Semillas S. A., las cuales se imbibieron en agua por 24 horas con diferentes concentraciones de ácido giberélico, las semillas fueron sembradas en bandejas de polietileno de 144 celdas (Herkupak®) que contenían como sustrato turba rubia.

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos que correspondieron a las concentraciones de GA₃ (Proggib® 10 SP) (0, 100, 200 y 400 mg L⁻¹) con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales (UE), y cada unidad estuvo compuesta por de 35 semillas.

Se imbibieron las semillas en las diferentes soluciones de GA₃ durante 24 h en agua destilada, luego se

procedió a la siembra, una semilla por alveolo. Las variables de respuesta medidas fueron el porcentaje de germinación (PG), el tiempo medio de germinación (TMG) y la velocidad media de germinación (VMG), para las cuales se hicieron observaciones diarias de las semillas hasta que emergió el primer cotiledón y se tuvo en cuenta el número de días que empleó cada semilla para germinar en un periodo de 20 días (tabla 1).

Tabla 1. Fórmulas empleadas para el cálculo de las variables de germinación.

Variable	Ecuación	Unidades
Velocidad media de germinación	$VMG = \sum (n_i / t_i)$	Semillas germinadas / día
Tiempo medio de germinación	$TMG = N * (A_1 + A_2 + A_x) / A_1 * T_1 + A_2 * T_2 + A_x * T_x$	Días
Porcentaje de germinación	$PG = (N / N_s) * 100$	%

n_i = Número de semillas germinadas en el *i*-ésimo día;

t_i = Tiempo en días, para la germinación en el *i*-ésimo día.

N = Número de semillas germinadas.

NS = Número de semillas totales.

A₁, *A₂*, ..., *A_x*: Número de semillas germinadas en el día 1, en el día 2, y en el día *x*.

T₁, *T₂*, ..., *T_x*: Número de días entre la siembra y el primer día 1 de germinación, entre el día 2 y entre el día *x*. Tomado de Balaguera et al. (2008).

Los datos obtenidos fueron sometidos a pruebas de normalidad, homogeneidad de varianzas y se realizó un análisis de varianza (ANOVA), luego se llevó a cabo la prueba de comparación múltiple de Tukey al 5 % de error, empleando el programa estadístico SPSS versión 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TIEMPO MEDIO DE GERMINACIÓN (TMG)

El TMG presentó diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos. La concentración de 0 mg L⁻¹ presentó el menor tiempo medio de germina-

ción con 9,6 días en comparación con las concentraciones de 100, 200 y 400 mg L⁻¹ con valores de 11.82; 13.17 y 15.08 días respectivamente, no obstante, las concentraciones de 100 y 200 mg L⁻¹ no presentaron diferencias significativas entre ellas (figura 1).

Estos resultados difieren de los encontrados por Balaguera-López *et al.* (2009a), quienes hallaron un TMG de 10.1 cuando sometieron semillas de tomate a 300 mg L⁻¹ de GA₃. Según Bewley (1997) las giberelinas aceleran el proceso de germinación, sin embargo, en este experimento el efecto positivo de las giberelinas sobre la germinación no se dio. Esta respuesta pudo deberse a un tiempo de imbibición muy largo para este tipo de semillas. Lo que coincide con Amador-Alfarez *et al.*, (2013) quienes encontraron que en semillas de *Ferocactus histrix* con la aplicación de ácido giberélico a 125, 250 y 500 mg L⁻¹ presentaron tiempos de germinación de 9 a 15 días. De igual forma, Bohórquez - Sandoval *et al.* (2011) encontraron en semillas de tomate que la dosis de 200 mg kg⁻¹ de GA₃ tuvo un promedio de 13.94 días.

De igual manera, las giberelinas son importantes para inducir rompimiento de la latencia después de la imbibición de las semillas, permitiendo la germinación y crecimiento del embrión (Siobhan & McCourt, 2003). Lo que estimula a la alfa amilasa y otras enzimas proteolíticas, que influyen en la hidrólisis de almidón en azúcar, lo que reduce el potencial hídrico de la célula (Gil & Miranda, 2008) y promueve la hidrólisis de la pared celular de semillas ricas en galactomananos como el tomate, que forman parte de la resistencia mecánica para la protrusión de la radícula (Amador-Alfarez *et al.*, 2013). Lo que concuerda con Peñapareja *et al.*, (2007), quienes observaron disminución del TMG en *Peonia broteroi* por efecto de la aplicación exógena de GA, consiguiéndose el menor valor con la dosis de 250 mg L⁻¹, no obstante, Gil & Miranda (2008) encontraron que concentraciones elevadas de GA₃ tienen un efecto fitotóxico en semi-

llas de papaya, de igual forma en cactáceas la aplicación de GA₃ tuvo un efecto inhibitorio sobre la germinación (Rojas-Aréchiga, 2007; Cervantes-Olvera *et al.*, 2010, Amador-Alfarez *et al.*, 2013).

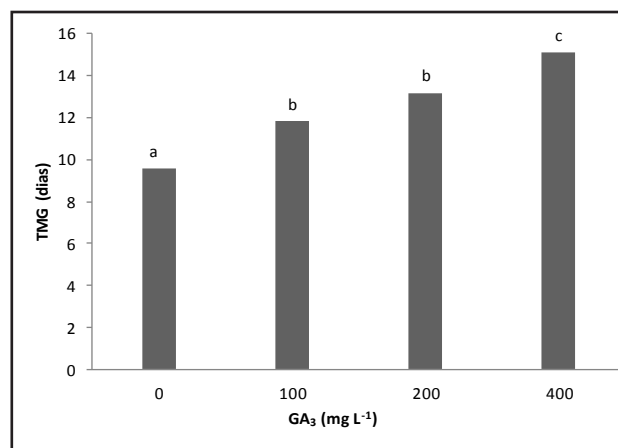


Figura 1. Tiempo medio de germinación de semillas de tomate variedad Santa Clara embebidas en diferentes concentraciones de GA₃. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

VELOCIDAD MEDIA DE GERMINACIÓN (VMG)

Esta variable presentó efectos significativos ($p \leq 0,05$) entre los tratamientos y la mayor VMG (2.93 semillas/día) se obtuvo con la dosis de 0 mg L⁻¹. Las concentraciones de 100, 200 y 400 mg L⁻¹ no presentaron diferencias significativas, no obstante con 400 se obtuvo los valores más bajos con 0.68 semillas/día (figura 2).

Estos resultados difieren de lo reportado por Balaguera-López *et al.* (2009b), quienes obtuvieron una menor VMG con el testigo, pero a 300 mg L⁻¹ de GA₃ obtuvieron valores de 1.02 semillas germinadas por día, lo que coincide con lo obtenido en esta investigación. Esto probablemente ocurre debido a que las GA₃ activan el crecimiento vegetativo del embrión, debilitando la capa del endospermo que rodea al embrión y movilizándolo las reservas almacenadas en el endospermo (Taiz & Zeiger, 2006). Lo cual acelera el

proceso de germinación, al actuar directamente en la multiplicación celular, debido a la aceleración de la actividad enzimática, lo que aumenta la longitud de la plúmula e induce la proliferación de raíz. (Bohórquez-Sandoval *et al.*, 2011).

Además, la aplicación de giberelinas estimula la producción de numerosas hidrolasas, sobre todo la enzima α -amilasa la cual se mueve al endospermo donde convierte el almidón en azúcar y luego es transportado a los puntos de crecimiento del embrión con el fin de alimentarlo e iniciar el crecimiento de las plántulas (Davies, 2004).

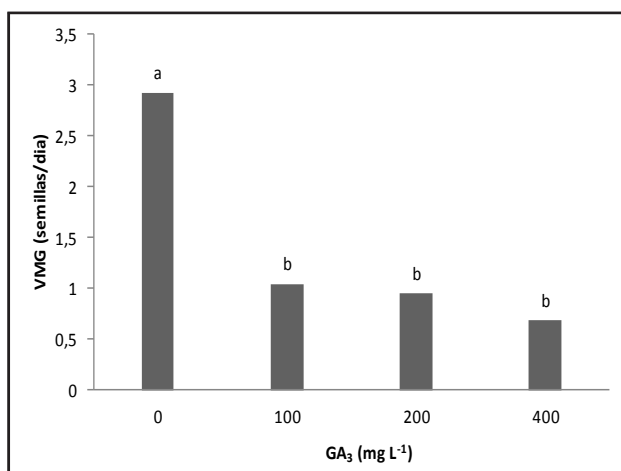


Figura 2. Velocidad media de germinación de semillas de tomate embebidas en diferentes concentraciones de GA₃. Promedios con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

PORCENTAJE DE GERMINACIÓN (PG)

Los resultados mostraron que el mayor porcentaje de germinación (78.10 %), ocurrió con 0 mg L⁻¹ de GA₃ y este presentó diferencias estadísticas significativas con los tratamientos de 100, 200 y 400 mg L⁻¹, donde este último obtuvo el menor porcentaje de germinación con 28.57 %, no obstante, entre dosis de GA₃ no se presentaron diferencias significativas (figura 3).

Estos resultados fueron similares a los reportados por Amador-Alvarez *et al.*, (2013) quienes encontraron

que dosis de 125, 250 y 500 mg L⁻¹ de GA₃ en semillas de Ferocactus presentaron porcentajes de germinación bajos (38.6, 37.4 y 33.38 % respectivamente), en comparación con el testigo donde obtuvo el mayor porcentaje con 56.7 %, atribuido al efecto inhibitorio de las GA₃ en la hidrólisis de carbohidratos en este proceso de germinación, lo que coincide con Cervantes-Oliviera *et al.* (2010). Sin embargo, esto contrasta con Fraile *et al.*, (2013) quienes encontraron que la aplicación de giberelinas en semillas de tomate presentó una germinación del 100 % en comparación con el testigo, y Balaguera-López *et al.* (2009b), quienes encontraron que la aplicación de 900 mg L⁻¹ de GA₃ en tomate híbrido Daniela, aumenta significativamente el porcentaje de germinación.

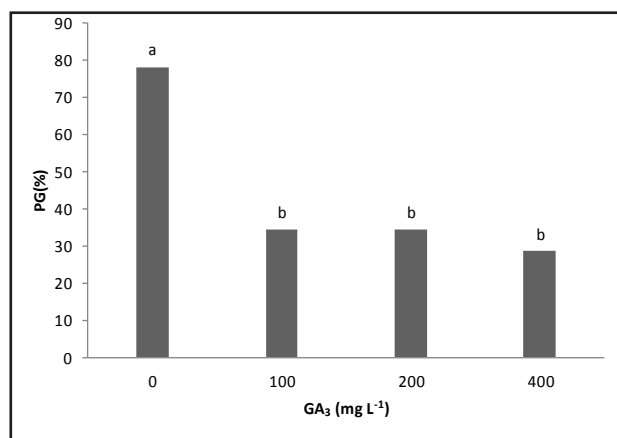


Figura 3. Porcentaje de germinación de semillas de tomate embebidas en diferentes concentraciones de GA₃. Promedio con letras distintas indican diferencia significativa según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

CONCLUSIONES

La imbibición de las semillas de tomate variedad Santa Clara en GA₃ durante 24 horas afectó negativamente el proceso de germinación, se obtuvo un menor porcentaje de germinación y velocidad media de germinación, y mayor tiempo medio de germinación. El porcentaje de germinación se vio afectado positivamente con la imbibición de las semillas de tomate variedad Santa Clara con la dosis de 0 mg L⁻¹.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABOU-QUAD, H. 2007. Effect of scarification, gibberellic acid and scarification on seed germination of three Pistacia species. A-Njah Univ. J. Res. (N. Sc.) 21: 1-11.
- AGRONET. 2013. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. República de Colombia. Análisis y Estadística. Disponible en <http://www.agronet.gov.co/agronetweb/Boletines/tabid/75/Default.aspx> Consultado: 20/05/2013.
- AMADOR-ALFÉREZ, K., DÍAZ-GONZÁLEZ, J., LOZA-CORNEJO, S. & BIVIÁN-CASTRO, E. 2013. Efecto de diferentes reguladores de crecimiento vegetal sobre la germinación de semillas y desarrollo de plántulas de dos especies de Ferocactus (cactaceae). Polibotánica 35: 10-131.
- AZCÓN-BIETO, J. & TALÓN M. 2000. Fisiología y bioquímica vegetal. ED., McGraw Hill/Interamericana, Barcelona, España. 123 pp.
- BALAGUERA-LÓPEZ, H., ÁLVAREZ-HERRERA, J. & RODRÍGUEZ, J. D. 2008. Efecto del déficit de agua en el trasplante de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) Agron. Colomb. 26: 246-255.
- BALAGUERA-LÓPEZ, H., DEQUIZ, Y. & ALVAREZ-HERRERA, J. 2009a. Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas (GA3). Agronomía Colombiana 27 (1): 57-64.
- BALAGUERA-LÓPEZ, H., CÁRDENAS-HERNÁNDEZ, J. & ÁLVAREZ-HERRERA, J. 2009b. Effect of gibberellic acid (GA3) on seed germination and Growth of tomato (*Solanum lycopersicum L.*). Acta Horticulturae 821:141-145.
- BEWLEY, J. D. 1997. Seed Germination and Dormancy. The Plant Cell. 9: 1055-1066.
- BOHÓRQUEZ-SANDOVAL, C., ÁLVAREZ-HERRERA, J. & NIÑO-MEDINA, R. 2011. Giberelinas y 6-bencilaminopurinas en la plantulación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) híbrido de Adrale RZ F1. Temas Agrarios 6(2): 42-53.
- BYWATER, M., 2001. "Plant Growth Regulators. Mode of Action. Australian Turfgrass Management". Disponible en http://www.agcsa.com.au/static/atm_articles/html/3_3c.html. Consultado: 20/09/2011.
- NAVARRO, C., CERVANTES-OLVERA, G. & LÁZARO, C. 2008. Efecto de la escarificación de semillas en la germinación de dos especies de Mammillaria (Cactaceae). Zonas áridas 12 (1): 97-105.
- CORPORACIÓN COLOMBIA INTERNACIONAL. 2006. Plan Hortícola Nacional. Disponible en http://www.cci.org.co/publicaciones/1_PHNfinal.pdf. Consultado: 20/05/2013.
- DAVIES, P. 2004. Plants hormones. ED. Kluwer Academic Publishers, New York. 717 pp.
- FAO. 2012. Estadísticas Agrícolas mundiales. FAOSTAT. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>. Consultado: 20/05/2013.
- FRAILE, L., ÁLVAREZ-HERRERA, J. & DEQUIZ, Y. 2012. Efecto de las giberelinas en la propagación de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) bajo diferentes sustratos enriquecidos con fertilizante. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 6 (1): 41-54.
- GIL, A. & MIRANDA, D. 2008. Efecto de la temperatura, inmersión en agua y concentración de fitoreguladores sobre la germinación de semillas de papaya (*Carica papaya L.*). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas 2 (1): 9-20.

KENDE, H. & ZEEVAART, J.A.D. 1997. The five “classical” plant hormones. *Plant Cell*. 9: 1197-1210.

MALDONADO, C., PUJADO E. & SQUEO, F. A. 2002. El efecto de la disponibilidad de agua durante el crecimiento de *Lycopersicon chilense* sobre la capacidad de sus semillas para germinar a distintas temperaturas y concentraciones de manitol y NaCl. *Rev. Chil. Histor. Natur.* 75: 651-660.

NICHOLLS, M. G. 2008. Efectos de luz, temperatura, salinidad y GA3 en la germinación de semillas de Pumamaqui (*Oreopanax spp*). Disponible en <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/562>. _Accesado: 20/05/ 2013.

PEÑAPAREJA, D., SÁNCHEZ-GÓMEZ, P., LÓPEZ, J., GONZÁLEZ, A., FRANCO, J. & FERNÁNDEZ, J. 2007. Influencia de la aplicación de ácido giberélico y el tiempo de almacenamiento en la germinación de *Peonia broteroi*. *Rev. Colomb. Cienc. Hortic. Actas de Horticultura (Sociedad Española de Ciencias Hortícolas)* 48 (2): 17-24.

ROJAS-ARÉCHIGA, M., CASAS, A. & VÁZQUEZ-YANES, C. 2007. Seed germination of wild and cultivate *Stenocereus stellatus* (Cactaceae) from the Tehuacan Cuicatlan Valley, Central Mexico. *J. Arid Env.* 49: 279-287.

SAMPERIO, G. 2001. Germinación de semillas: Manual de divulgación para uso en instituciones de educación. Toluca, Estado de México. Disponible en <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/aup/pdf/mexico.pdf>. Accesado: 05/05/2013.

SIOBHAN, M.B. AND MCCOURT, P. 2003. “Hormone Cross-Talk in Seed Dormancy”. *J. Plant Growth Regul* 22: 25-31.

SPONSEL, V. M. & HEDDEN, P. 2004. Gibberellin biosynthesis and inactivation. En: DAVIES, P. J. (ed.), *Plant hormones Biosynthesis, signal transduction, action*. Kluwer Academic Publishers. Ithaca, NY, U.S.A. 63-94.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. 2006. *Plant physiology*. 4th ED., Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA. 876 pp.

TALON, M. 2000. Giberelinas. En: AZCONBIETO & TALÓN (eds.) *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Interamericana McGraw-Hill. España. 325-341.