

Dinámica de crecimiento de *Pisum sativum* L bajo la aplicación de ácido giberélico en la provincia de Chachapoyas – Amazonas

Growth dynamics of *Pisum sativum* L under the application of gibberellic acid in the province of Chachapoyas - Amazonas

Tito Sanchez ^{1*}, María Huamán ², Eli Morales³ y Ariel Chichipe ⁴.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la dinámica de crecimiento de *Pisum sativum* L bajo la aplicación de ácido giberélico en la provincia de Chachapoyas - Amazonas. El experimento se instaló bajo un diseño completo al azar, se tuvo un tratamiento T1: ácido giberélico y T0: testigo; se tuvo 8 repeticiones y 16 plantas en total. Se utilizaron macetas de polietileno, llenadas con sustrato (tierra agrícola + tierra de bosque en proporción 2:1 de v/v). El ácido giberélico se diluyó en etanol a una concentración de 10Mm, la misma que se aplicó con una micropipeta, sobre el ápice de la planta. Se encontró que el ácido giberélico tuvo efectos positivos en número de brotes (1.51), tamaño de brotes (5.63 cm) y tamaño de entrenudos (2.39 cm); no obstante, no presentó efectos positivos el tamaño total de la planta, materia seca y área foliar. Se concluye que el ácido giberélico favorece la elongación de algunas partes de la planta y poco efectúa en la biomasa seca y área foliar, comportándose igual que el testigo.

Palabras clave: Altura de planta, alverjas, área foliar, giberelinas, brotes.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the growth dynamics of *Pisum sativum* L under the application of gibberellic acid in the province of Chachapoyas - Amazonas. The experiment was installed under a complete random design, there was a treatment T1: gibberellic acid and T0: control; there were 8 repetitions and 16 plants in total. Polyethylene pots were used, filled with substrate (agricultural land + forest land in a 2: 1 v / v ratio). Gibberellic acid was diluted in ethanol to a concentration of 10Mm, the same as that was applied with a micropipette, on the apex of the plant. Gibberellic acid was found to have positive effects on number of shoots (1.51), size of shoots (5.63 cm) and size of internodes (2.39 cm); However, the total size of the plant, dry matter and leaf area did not show positive effects. It is concluded that gibberellic acid favors the elongation of some parts of the plant and has little effect on the dry biomass and foliar area, behaving the same as the control.

Keywords: plant height, peas, leaf área, gibberellins, sprouts.

DOI: <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v8i4.148>

Recibido: 10/11/2020. Aceptado: 17/12/2020

* Autor para correspondencia

1. Servicios Generales Jucusbamba EIRL, Conila, Amazonas, Perú; E-mail: titosanchezsantillan@gmail.com

2. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Calle Higos Urco N° 342 – 350 - 356, Amazonas, Perú.; marihuamanv170@gmail.com

3. Instituto de Investigación para el Desarrollo sustentable de Ceja de Selva INDES-CES, Amazonas; eli.morales@untrm.edu.pe

4. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Amazonas, Perú; achichipe@iiap.gob.pe

INTRODUCCIÓN

La arveja (*Pisum sativum* L.) es uno de los principales cultivos comestibles en el mundo ya que es una fuente excelente de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales (P y Fe). Además, es una fuente importante de sacarosa y aminoácidos, incluyendo la lisina (Maiza et al., 2015), lo que constituye que actualmente sea un cultivo de alta importancia y gran demanda en el mercado nacional e internacional, debido al considerable número de familias que dependen de su cultivo, ya que es de vital importancia para la soberanía alimentaria y por los ingresos que genera su comercialización (Subía et al., 2007).

Las zonas productoras de arveja en la sierra se sitúan por debajo de los 2600 m.s.n.m., centralizándose en los departamentos de Cajamarca, Ancash, Junín, Piura, Huancavelica y Cusco mientras que en la costa se dan en los departamentos de Lambayeque y Arequipa (Valladolid, 2016).

Si bien es cierto no hay muchos trabajos relacionados a aplicaciones de giberelinas en este cultivo, sin embargo se tiene conocimiento de las bondades de este regulador de crecimiento probados en diversas especies vegetales.

Es así que, Hooley (1994), describe las AG como hormonas diterpenoides tetracíclicas esenciales para el normal desarrollo de las plantas. Los niveles de AG en los vegetales están regulados por mecanismos homeostáticos que incluyen cambios en la expresión de una familia de enzimas de inactivación de AG, conocidas como AG-2-oxidasas (Singh & Swain, 2002). Éstos cumplen un importante papel fisiológico en el desarrollo de las semillas, el desarrollo de la floración, el crecimiento del tubo polínico y la elongación de brotes y tallos. Los cambios en la concentración de la hormona y la susceptibilidad del tejido vegetal influyen en estos procesos. Sin embargo, los mecanismos moleculares por los cuales las estas fitohormonas son traducidas a cambios morfológicos y bioquímicos dentro de las plantas son desconocidos (Ikeda et al., 2001).

Existen diversos trabajos de aplicación de ácido giberélico (AG3), con el fin de obtener una producción precoz, reducir el número de nudos y alargar la longitud de los mismos (Jaramillo, 1982). Una de ellas es la investigación que realizaron (González et al., 2007), donde probaron dosis de ácido giberélico en dos etapas en el crecimiento de coliflor, evaluándose floración, altura de planta y materia seca. Ellos encontraron que el ácido giberélico tuvo efectos positivos, siendo la dosis más apropiada para la inducción de la floración de 25 mg. L⁻¹, y para el incremento de altura, así mismo para la materia seca total la mejor dosis fue de 5 mg. L⁻¹.

Sin lugar a duda los efectos de las giberelinas, se conoce ampliamente el crecimiento de los tallos, el cual involucra una secuencia de procesos y respuestas, como son la recepción de señales, la activación de uno o más señales de transducción para la transcripción de la respuesta primaria por parte de los genes y una respuesta secundaria que se traduce como tal en la elongación celular. Este efecto se evidencia en el

incremento de la longitud en las células y el número de las mismas, lo cual es directamente proporcional al número de aplicaciones de AG3 (Taiz & Zeiger, 1998).

Así mismo González et al. (2007) afirman que en casi todas las especies estudiadas (maíz, arveja, arroz, espinaca), la ruta más importante, o la única en los tejidos de la parte aérea, es la vía de la 13 hidroxilación temprana, en donde la AG20 es la primera giberelina de 19 carbonos formada y ésta se transforma en AG1 a través de 3β -hidroxilación. La AG1 sería la giberelina activa en la elongación de la parte aérea en las especies mencionadas.

Por lo descrito con la presente investigación se busca determinar la dinámica de crecimiento de *Pisum sativum* L bajo la aplicación de ácido giberélico en la provincia de Chachapoyas – Amazonas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación estuvo situada en los ambientes de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ubicada en la provincia de Chachapoyas, región Amazonas, con coordenadas $6^{\circ}13'46''S$ $77^{\circ}52'21''O$, altitud de 2483 m.s.n.m. Presenta un clima templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada. La temperatura media oscila sobre los $15.6^{\circ}C$, con precipitación promedio de 811 mm.

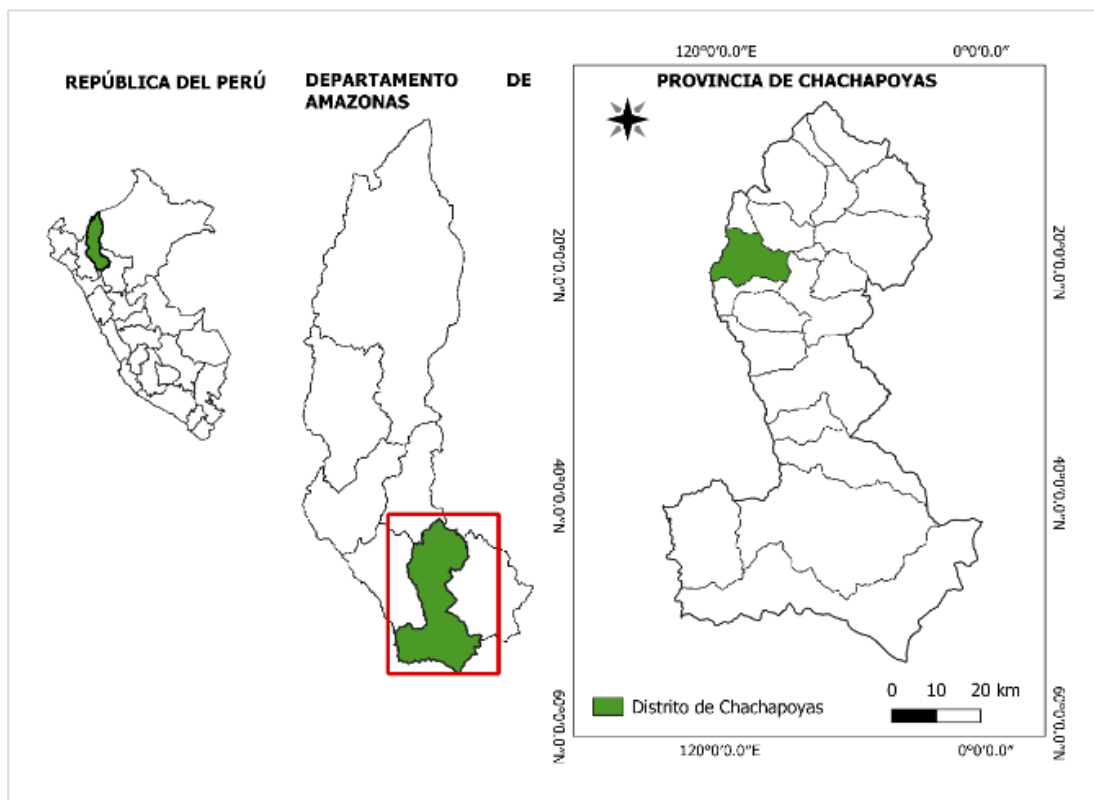


Figura 1. Mapa ubicación del área de investigación en la provincia de Chachapoyas, región Amazonas

Preparación de sustrato y siembra

Como medio para la siembra de las alverjas se utilizaron un sustrato de suelo agrícola y tierra de bosque, mezclado en proporción 1:2, respectivamente. El suelo agrícola se seleccionó de parcelas agrícolas aledañas a la universidad, éste presentó un pH 6.7 considerado un suelo cercano a neutro. La turba se obtuvo de bosques montanos de Molinopampa, seleccionado para mejorar la estructura del sustrato y permita un óptimo desarrollo de las plantas.

En una maceta de polietileno, las mezclas de sustratos fueron colocados, aproximadamente 3 kg de peso. Se aplicó un riego controlado, agregando en total 500 ml por maceta. La cantidad fue calculada con la prueba de capacidad de campo. Posteriormente se colocaron 4 semillas de alverja, por cada maceta y distribuidas en toda el área.

Aplicación de ácido giberélico

La aplicación se realizó a los 28 días después de la siembra; para ello anteriormente en laboratorio se preparó la solución de AG3 diluidas en etanol, a una concentración de 10 Mm. Con una micropipeta se depositaron 20 mililitros de esta solución en el ápice de las plantas.

Variables evaluadas

Se realizaron tres evaluaciones con un intervalo de 7 días durante 21 días, se tomaron datos de las siguientes variables:

Altura de planta: se midió con una regla milimetrada de 30 cm, tomando datos desde la base de la planta hasta la base del ápice.

Numero de brotes: se contabilizó todos los brotes que aparecieron posterior a la aplicación de AG3. Los datos fueron transformados sacando la raíz cuadrada, en el software Excel para ser analizados.

Tamaño de brotes: con una regla milimetrada, se tomaron medidas desde la base del brote hasta la parte apical de la misma.

Tamaño de entrenudos: se tomó las medias de los tres últimos entrenudos cercanos al ápice, con una regla milimetrada.

Materia seca: las plantas fueron colocadas en bolsas de papel y colocados en estufa a 60 °C por 48 horas; una vez secas fueron pesadas en una balanza analítica.

Área foliar: se retiraron todas las hojas y se colocaron en un papel A4, junto a regla milimetrada que servirá como calibrador. Se tomaron 2 fotografías por cada muestra y se colocaron en el software IMAGEJ, para calcular el área foliar en cm².

Diseño experimental

La investigación fue instalada bajo un Diseño Completo al Azar (DCA) con 2 tratamientos y 8 repeticiones. Todas las variables fueron verificadas el cumplimiento de supuestos de normalidad (Shapiro Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). A los datos normales y homogéneos se realizó varianza y comparación múltiple de medias con el test post-hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$). Se utilizó el software estadístico InfoStat versión 2017.

RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestra el análisis de varianza ANOVA, para las características morfológicas de alverjas, observando que existe diferencia significativa entre los tratamientos aplicados para el número de brotes, tamaño de brotes y tamaño de entrenudos (p -valor < 0.05). No obstante, no fueron significativos para la altura total, materia seca y área foliar.

Tabla 1. Análisis de varianza las características morfológicas de *P. sativum* L. bajo la aplicación de ácido giberélico

Fuente de variación	p-valor					
	H	NB	TB	TE	MS	AF
Tratamiento	0.2314 ns	0.027*	0.0314*	0.0193*	0.6613 ns	0.5128 ns

*= diferencia significativa; ns: no significativo; H: altura; NB: número de brotes; TB: tamaño de brotes; TE: tamaño de entrenudos; MS: materia seca; AF: área foliar

En la Tabla 2, se presenta la comparación de medias según el test de Tukey ($\alpha = 0.05$), dónde el T1 (ácido giberélico) fue superior en número de brotes, tamaño de brotes y tamaño de entrenudos, superando al testigo (sin giberelina) (Figura 2). Así mismo, esta fitohormona no mostró efectos en la altura total, materia seca y área foliar, mostrándose similar al testigo.

Tabla 2. Comparación múltiple de medias test de Tukey ($\alpha = 0.05$) para las variables morfológicas de *P. Sativum*

TRATAMIENTO	H	NB	TB	TE	MS	AF
T0 (TESTIGO)	20.9 a	1.08 b	2.20 b	1.73 b	0.83 a	81.48a
T1 (AG3)	25.59 a	1.51 a	5.63 a	2.39 a	0.78 a	76.12a

H: altura; NB: número de brotes; TB: tamaño de brotes; TE: tamaño de entrenudos; MS: materia seca; AF: área foliar



Figura 2. a) Aplicación de AG3 en plantas de *P. sativum* L.; b) medición de tamaño de entrenudo

DISCUSIÓN

Las plantas de alverjas bajo el efecto del AG3, no manifestaron respuesta alguna, presentado resultados similares al testigo. Al respecto, González *et al.* (2007), mencionan que el AG3, ayudan en el incremento de altura total (en concentraciones altas). Similar, Martínez *et al.* (2013), exponen que el uso de esta fitohormona, tiene una potente acción en las plantas, incrementando significativamente la altura, y otras características morfológicas; ayudando también en otras plantas con caracteres genéticos diferentes (enanismo) (Phinney, 1956), citado por Azcón-Bieto (2000). Por su parte, Salisbury & Ross (2000). Los resultados encontrados para la altura total, pudieron estar afectados por efectos secundarios causados por la solución (alcohol etílico), donde fue disuelta la fitohormona, ya que este compuesto puede provocar quemaduras del ápice de la planta (Cervený & Gibson, 2005).

Sin embargo, presentó efectos significativos en la elongación individual de los entrenudos, superando al testigo; en ocasiones puede darse el caso de que, esta fitohormona no tenga efectos positivos en el tamaño total de la planta, sino en la elongación del tallo o partes de él (Phinney, 1956).

Aunque, dentro de la planta como efecto de las giberelinas, el compartimiento de los órganos es interactivo, tal como señala Azcón-Bieto (2000), que el aspecto foliar presenta una relación directa con la elongación del tallo, siendo influenciada por el control fotoperiódico del metabolismo de giberelinas. Pese a esta relación en la presente investigación, el ácido giberélico tampoco tuvo efectos positivos en el área foliar ni en la materia seca, esto puede darse a que las giberelinas en ocasiones y según especies pueden afectar ya sea en la formación de hojas y otras características, siendo un factor determinante una alta concentración de la fitohormona (Garrod, 1974). Los hallazgos son contradictorios a otras

investigaciones, ya que giberelinas ayudan a la expansión foliar (Ogawa *et al.*, 2003), debido a que, la transformación de los primordios foliares ocurre más rápido, por ende, la expresión foliar será mayor (Almeida & Pereira, 1996); también puede guardar relación directa con la elongación del tallo (Almanza, 2000). Sin embargo, las condiciones climáticas en el momento de la aplicación y durante la investigación, también pueden generar efectos adversos en el área foliar (Luckwill, 1994), y es que, en la presente investigación se realizó en condiciones, poco favorables como una alta humedad relativa y fuertes vientos. Otro factor, pueda que esté determinado por el tipo de especie, así lo menciona Vilanova & Larios (1972), el ácido giberélico incrementó un 20 % en el peso seco total de las plantas, aunque redujo el peso seco del sistema radical.

Para el número y tamaño de brotes de alverjas, el ácido giberélico, mostró superioridad respecto al testigo. Resultados similares fueron encontrados por Alia *et al.* (2011), mencionando que existió una mayor brotación cuando el ácido giberélico fue aplicado hasta por dos periodos, independientemente de la concentración normal, e incrementó el tamaño con dosis altas, pudiendo estar asociado a cambios del balance hormonal de las yemas axilares con dosis altas de la fitohormona aplicada. Por el contrario, Tucker (1976), afirma que la aplicación de éste puede inhibir la brotación. No obstante, el incremento de número de brotes e incremento de su tamaño como respuesta al AG3, pueden estar dados al efecto regulador de crecimiento que presenta para la elongación celular (Srivastava, 2002); iniciando con la división celular en meristemos apicales y sub-apicales (Little & MacDonald (2003). Por su parte, González *et al.* (2007), menciona que existe una hipótesis, que las giberelinas pueden actuar de forma asociada con las auxinas, permitiendo la penetración de la expansina en la pared celular y estimulando la brotación.

CONCLUSIONES

Las plantas de alverja responden bien a la hormona ácido giberélico, éste ayuda principalmente en el crecimiento, diferenciándose de una planta con crecimiento natural. Sin embargo, no mejora la ganancia de área foliar ni materia seca de las plantas. Actuando más como un regulador de crecimiento y no como un bioestimulante para la planta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alia-Tejacal, I., Valdez-Aguilar, L. A., Campos-Bravo, E., Sainz-Aispuro, M. D. J., Pérez-Arias, G. A., Colinas-León, M. T., ... & Alvear-García, A. (2011). Efecto de la aspersion de ácido giberélico en el crecimiento de cinco cultivares de nochebuena. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE3), 577-589. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342011000900014&script=sci_arttext
- Almanza, P. (2000). *Fisiología vegetal*. Editorial Instituto Universitario Juan de Castellanos, Tunja, Colombia.
- Almeida, J. D., & Pereira, M. F. D. A. (1996). Efeito de GA3 e paclobutrazol no desenvolvimento vegetativo do girassol. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 9(1).
- Azcón-Bieto, J. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal* (No. 581.1 F981f). Madrid, ES: McGraw-Hill Interamericana. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=earth.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=028145>
- Cerveny C, J Gibson. 2005. *Grower 101: Rooting Hormones*. Greenhouse Product News. Consultado 10 set. 2020. Disponible en <https://gpnmag.com/article/grower-101-rooting-hormones/>.
- Garrod, JF (1974). El papel de las giberelinas en el crecimiento y desarrollo temprano de la remolacha azucarera. *Revista de botánica experimental*, 25 (5), 945-954. <https://doi.org/10.1093/jxb/25.5.945>
- González, M. L., Caycedo, C., Velásquez, M. F., Flórez, V., & Garzón, M. R. (2007). Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (*Brassica oleraceae* L.) var. Botrytis DC. *Agronomía Colombiana*, 25(1), 54-61. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316240007>
- Hooley, R. (1994). Gibberellins: perception, transduction and responses. *Plant molecular biology*, 26(5), 1529-1555. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00016489>
- Ikeda, A., Ueguchi-Tanaka, M., Sonoda, Y., Kitano, H., Koshioka, M., Futsuhara, Y., ... y Yamaguchi, J. (2001). El arroz delgado, un mutante constitutivo de respuesta a la giberelina, es causado por una mutación nula del gen SLR1, un ortólogo del gen regulador de altura GAI / RGA / RHT / D8. *The Plant Cell*, 13 (5), 999-1010. <https://doi.org/10.1105/tpc.13.5.999>
- Jaramillo, J. (1982). *Programa Nacional de Hortalizas. Informe Anual de Progreso*, Barcelona.

- Little, C. H. A., & MacDonald, J. E. (2003). Effects of exogenous gibberellin and auxin on shoot elongation and vegetative bud development in seedlings of *Pinus sylvestris* and *Picea glauca*. *Tree physiology*, 23(2), 73-83. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.2.73>
- Luckwill, L. C. (1994). Reguladores de crecimiento en la producción vegetal. Oikos-Tau. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=HAG.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=010647>
- Maiza, B., Siles, M., Ríos, R., & Gabriel, J. (2015). Comportamiento de catorce líneas mejoradas de arveja (*Pisum sativum* L.) en la zona de Challapata, Oruro. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 6(1), 10-22. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942015000100003&script=sci_arttext
- Martínez, L. O., Mendoza, J. O., Valenzuela, C. M., Serrano, A. P., & Olarte, J. S. (2013). Efecto de las giberelinas sobre el crecimiento y calidad de plántulas de tomate. *Biotecnia*, 15(3), 56-60. <https://doi.org/10.18633/bt.v15i3.159>
- Ogawa, M., Hanada, A., Yamauchi, Y., Kuwahara, A., Kamiya, Y., & Yamaguchi, S. (2003). Gibberellin biosynthesis and response during *Arabidopsis* seed germination. *The Plant Cell*, 15(7), 1591-1604. <https://doi.org/10.1105/tpc.011650>
- Phinney, BO (1956). Respuesta de crecimiento de mutantes enanos de un solo gen en maíz al ácido giberélico. *Actas de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos de América*, 42 (4), 185. [10.1073 / pnas.42.4.185](https://doi.org/10.1073/pnas.42.4.185)
- Salisbury, F. B., Ross, C., & Alonso, J. M. (2000). Fisiología de las plantas. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=AGRIUAN.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=032028>
- Singh, DP, Jermakow, AM y Swain, SM (2002). Las giberelinas son necesarias para el desarrollo de semillas y el crecimiento del tubo polínico en *Arabidopsis*. *La célula vegetal*, 14 (12), 3133-3147. <https://doi.org/10.1105/tpc.003046>
- Srivastava, LM (2002). Crecimiento y desarrollo de plantas: hormonas y medio ambiente. Elsevier. ISBN: 0080514030, 9780080514031
- Subia, C., Peralta, E., Falconí-Castillo, E., Pinzón, J., Mooney, D., & Swinton, S. (2007). Diagnóstico sobre el cultivo de frejol arbustivo y el uso de pesticidas en el sistema de producción, en los valles del Chota y Mira. Provincias Imbabura y Carchi, Ecuador 2000-2005.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (1998). Fisiología de las plantas. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 998, 79.

-
- Tucker, G. A. (1993). Introduction en Seymour GB, Taylor JE and Tucker GA (Eds.) *Biochemistry of Fruit Ripening*. 1–52.
- Valladolid-Chiroque, A. R. (2016). *Leguminosas de Grano Cultivares y Clases Comerciales Del Perú*. Ministerio de Agricultura y Riego. Lima (Perú).
- Vilanova, J. R., & Larios, J. F. (1972). Efecto de interacción del ácido giberélico y sulfato de amonio en el crecimiento de tres variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Rulfo V., Fernando; Miranda M., Heleodoro (eds.). Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Reunión Anual (18, 1972, Managua, Nicaragua). Memorias: Leguminosas de grano. Disponible en: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=fn=053729>