



## El ácido giberélico incrementa el rendimiento de plantas adultas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

### Gibberellic acid increases the yield of adult plants of sachá inchi (*Plukenetia volubilis*)

Marlon Pezo<sup>1</sup>; Kadir Márquez-Dávila<sup>2</sup> ; Reynaldo Solis<sup>1,\*</sup> 

<sup>1</sup> Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Jr. Belén Torres de Tello 135, Morales, San Martín, Perú.

<sup>2</sup> Universidad Nacional Hermilio Valdizán. Av. Universitaria 601-607, Pillco Marca, Huánuco, Perú.

Received January 29, 2019. Accepted October 14, 2019.

#### Resumen

Incrementar el rendimiento es la finalidad en los procesos de manejo agronómico y mejoramiento genético, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de 7 dosis de ácido giberélico (0, 10, 20, 40, 60, 80 y 100 mg L<sup>-1</sup>) complementado con 2 dosis de TRIGGRR FOLIAR (0 y 5 ml L<sup>-1</sup>) en el rendimiento de plantas adultas de sachá inchi, bajo un DBCA con factoriales. La aplicación de los reguladores de crecimiento indujo la formación de nuevas ramas y flores femeninas. El número de frutos incrementó a medida que se incrementó también la concentración de ácido giberélico hasta 60 mg L<sup>-1</sup>, pero concentraciones de 80 y 100 mg L<sup>-1</sup> desarrollaron menor cantidad de frutos. El tratamiento que contenía 60 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico y 5 ml L<sup>-1</sup> de TRIGGRR permitió incrementar el rendimiento en plantas adultas desde 841 hasta 1278 kg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Los resultados de este estudio muestran que el ácido giberélico es un regulador de crecimiento de las plantas con el potencial de inducir nuevas ramas y promover el desarrollo de nuevas flores femeninas y frutos en sachá inchi.

**Palabras clave:** sachá inchi; reguladores de crecimiento; ácido giberélico; rendimiento.

#### Abstract

Increase the yield is the main purpose in the processes of agronomic management and plant breeding, therefore the objective of this study was to evaluate the effect of 7 doses of gibberellic acid (0, 10, 20, 40, 60, 80 and 100 mg L<sup>-1</sup>) and 2 doses of TRIGGRR FOLIAR (0 and 5 ml L<sup>-1</sup>) in the yield of adult plants of sachá inchi, under a RCBD with factorials. The application of the growth regulators induced the formation of new branches and new female flowers. The number of fruits increased as the concentration of gibberellic acid increased to 60 mg L<sup>-1</sup>, but concentrations of 80 and 100 mg L<sup>-1</sup> induced the formation of fewer fruits. The treatment that contained 60 mg L<sup>-1</sup> of gibberellic acid and 5 ml L<sup>-1</sup> of TRIGGRR increased the yield in adult plants from 841 to 1278 kg<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The results of this study show that gibberellic acid is a growth regulator with the potential to induce new branches and promote the development of new female flowers and fruits in sachá inchi.

**Keywords:** sachá inchi; growth regulators; gibberellic acid; yield.

#### 1. Introducción

*Plukenetia volubilis*, también conocido como sachá inchi, es una planta que pertenece a la familia Euphorbiaceae y es nativa de la selva tropical Sudamericana. Las semillas de sachá inchi contienen elevadas concentraciones de proteínas y ácidos grasos insaturados, y el aceite obtenido de sus semillas supera las características de calidad de aceites existentes utilizados para el consumo humano por lo que tiene un elevado potencial para ser utilizado en la

industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Cai, 2011; Gutiérrez *et al.*, 2011; Paucar-Menacho *et al.*, 2015).

El sachá inchi se adapta a diferentes tipos de suelo siempre y cuando presenten buen nivel de drenaje, además crece en suelos ácidos y con alta concentración de aluminio (Manco, 2006) por lo que puede ser empleado en programas de recuperación de suelos degradados, generando impactos ambientales positivos (Solis *et al.*, 2018). Las plantas florecen aproximadamente cin-

#### How to cite this article:

Pezo, M.; Márquez-Dávila, K.; Solis, R. 2019. El ácido giberélico incrementa el rendimiento de plantas adultas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*). Scientia Agropecuaria 10(4): 455-460.

\* Corresponding author  
E-mail: [reynaldosolisleyva@gmail.com](mailto:reynaldosolisleyva@gmail.com) (R. Solis).

co meses después de la siembra, floreciendo y fructificando durante toda la temporada de crecimiento (Cai, 2011). El riego en la estación seca es necesario para aumentar el potencial de rendimiento porque las plantas cultivadas en condiciones de sequía natural desarrollan un menor número de flores femeninas y presentan un mayor aborto de frutos en comparación con las plantas bien regadas (Jiao *et al.*, 2012; Gong *et al.*, 2018). La cosecha de sachá inchi inicia 8 meses después de la siembra y se realiza cada 15 días, por lo que la producción constante de semillas requiere la aplicación de altas concentraciones de fertilizantes (Balta-Crisólogo *et al.*, 2015; Yang *et al.*, 2014).

Estudios previos han reportado que la accesión Misquiyacu de sachá inchi presenta un rendimiento de 2025 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cachique *et al.*, 2008) y es tolerante al nematodo *Meloidogyne incognita*, principal problema fitosanitario del cultivo (Márquez-Dávila *et al.*, 2013). En la región San Martín el rendimiento promedio de sachá inchi ha sido fluctuante y se ha incrementado desde 250 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el 2006 hasta 1500 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> en el 2015 (PeruBioInnova, 2017). El incremento de la productividad en el cultivo se debe al impacto generado por los proyectos de investigación y desarrollo rural orientados al mejoramiento genético, control fitosanitario y asistencia técnica en el manejo agronómico, que han sido impulsados por los centros de investigación, instituciones públicas y empresas privadas. El riego y la fertilización afectan el rendimiento de sachá inchi (Gong *et al.*, 2018) y esto ha sido observado en los trabajos de campo, en el que las plantas de sachá inchi empiezan a disminuir el rendimiento a partir del segundo año de cosecha y este proceso continúa progresivamente si las plantas no se fertilizan adecuadamente, siendo necesario determinar planes de fertilización y desarrollar metodologías que permitan mantener o incrementar el rendimiento en plantas adultas de sachá inchi. En los primeros estudios para determinar un plan de fertilización, Balta-Crisólogo *et al.* (2015) determinaron la absorción y la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en plantas de sachá inchi con la finalidad de mejorar la eficiencia en la aplicación de fertilizantes. A su vez, Fu *et al.*, (2014) demostraron que el tratamiento con benziladenina promueve la feminización floral y la fructificación en plantas de sachá inchi de 6 meses de edad.

Otro regulador de crecimiento que puede incidir positivamente en el rendimiento de los cultivos son las giberelinas, debido a

que tienen múltiples funciones en las plantas, así por ejemplo: estimula el desarrollo vegetativo, modifica la respuesta fisiológica de las hojas, uniformiza la floración y fructificación, induce la floración prematura, promueve la acumulación de carbohidratos en las yemas florales, mejora la calidad de frutos y aumenta el rendimiento (Fang *et al.*, 2019; Godinez, 2017; Wakchoure *et al.*, 2018); pero la respuesta de las plantas a los reguladores de crecimiento depende del estado de desarrollo de la planta y la dosis de aplicación (Vásquez y Pérez, 2006).

Considerando la importancia del sachá inchi para el desarrollo económico de la Amazonía Peruana y las investigaciones previas realizadas en el cultivo, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del ácido giberélico en el rendimiento de plantas adultas de sachá inchi.

## 2. Materiales y métodos

La investigación se llevó a cabo en una parcela experimental de la empresa AGROINDUSTRIAS MUNDO VERDE, ubicada en el centro poblado Aguas de Oro, distrito de Pinto Recodo, provincia de Lamas, región San Martín, durante los años 2016 y 2017. La precipitación y la temperatura anual en esta provincia promedian 1800 mm y 25 °C respectivamente. La temporada de lluvias inicia aproximadamente en el mes de noviembre y culmina en mayo. Para este estudio se seleccionó una parcela de sachá inchi que tenía 2,5 años en cosecha, en el que las plantas estaban instalados a un distanciamiento de 3 x 3 metros. Luego se realizaron las podas de producción a las plantas, para lo cual se eliminaron las ramas secas, enfermas e improductivas con el fin de facilitar la inducción de nuevas ramas. Después se aplicó 1,5 kg de humus de lombriz por planta, haciendo un hoyo en forma de media luna a 30 cm de la base de la planta. En el mes de marzo del 2016, una semana después de la poda y fertilización de las plantas, se realizó la primera aplicación de los reguladores de crecimiento.

En el estudio se consideraron dos factores: factor A (dosis de ácido giberélico: 0, 10, 20, 40, 60, 80 y 100 mg L<sup>-1</sup>) y factor B (dosis de TRIGGRR FOLIAR: 0 y 5 ml L<sup>-1</sup>). El TRIGGRR FOLIAR es un regulador de crecimiento comercial que contiene kinetina a una concentración de 0,132 g L<sup>-1</sup>. Se utilizó un DBCA con 3 bloques y 14 tratamientos. Se empleó 140 plantas (1260 m<sup>2</sup>) en cada bloque y en total 420 plantas (3780 m<sup>2</sup>) en toda la parcela experimental.

Se realizaron 3 aplicaciones por aspersión (1 aplicación cada 30 días) y un mes después de la última aplicación se inició la evaluación del rendimiento. Las cosechas se realizaron cada 15 días durante un año. Seis meses después de iniciada la evaluación del rendimiento se realizó una segunda aplicación de 1,5 kg de humus de lombriz por planta.

Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y a la prueba de comparación de medias de Tukey (5% de significancia) empleando el software estadístico de libre acceso R-Studio.

### 3. Resultados y discusión

Los reguladores de crecimiento vegetal se aplican para restablecer el equilibrio hormonal y por lo tanto el desarrollo normal de la planta o también para activar, retardar o modificar algún aspecto del desarrollo (Paraguay-Mercado et al., 2010). La absorción foliar de estos reguladores es influenciado por las condiciones edafoclimáticas y por el estado fisiológico de las plantas, por lo que la primera aplicación de los reguladores de crecimiento en este estudio se realizó a la mañana siguiente de un día de lluvias y aproximadamente una semana después de la primera fertilización. Las dos siguientes aplicaciones fueron realizadas también a la mañana siguiente de un día de lluvias.

La aplicación de los reguladores de crecimiento promovió el desarrollo vegetativo y dos semanas después las plantas adultas de sachá inchi en los diferentes tratamientos empezaron a emitir nuevos brotes. González et al. (2007) reportó que después de la inducción y elongación de nuevas ramas, el ácido giberélico promueve diversos aspectos del desarrollo floral, como el desarrollo del meristemo floral y crecimiento de anteras y corola.

El desarrollo de nuevas inflorescencias se observó tres semanas después de la primera aplicación y las ramas de las plantas tratadas con los reguladores de crecimiento presentaron un mayor número de inflorescencias. Tres meses después de la primera aplicación se realizó la primera evaluación y se contabilizó de 6 a 10 flores femeninas en cada rama de las plantas tratadas, mientras que las plantas del tratamiento testigo presentaron de 1 a 3 flores femeninas por rama. Se observó que a medida que se incrementa la dosis de ácido giberélico también se incrementa el número de flores femeninas por planta, pero esta tendencia se mantuvo hasta una dosis de 60 mg L<sup>-1</sup>. Las dosis de 80 y 100

mg L<sup>-1</sup> indujeron menor cantidad de flores femeninas con respecto a la dosis de 60 mg L<sup>-1</sup>. La aplicación de 5 ml L<sup>-1</sup> de TRIGGRR FOLIAR también influyó positivamente en la inducción de nuevas flores femeninas (Figura 1).

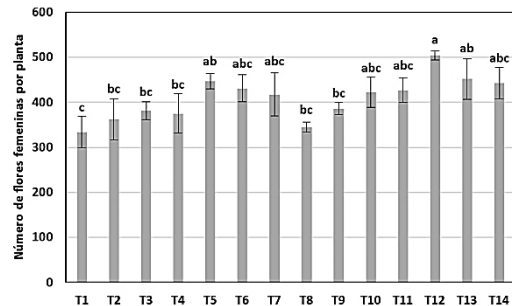


Figura 1. Número de flores femeninas por planta después de la aplicación de los reguladores de crecimiento. \* Los valores de los promedios en las barras con letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.

Las inflorescencias en los tratamientos que contenían ácido giberélico presentaron aproximadamente entre 10 a 15% de flores femeninas atrofiadas (estigma cerrado), mientras que las inflorescencias en las plantas del tratamiento testigo presentaron aproximadamente 25% de flores femeninas atrofiadas. Las flores femeninas atrofiadas no desarrollaron frutos y este fenómeno fue observado también por Fu et al. (2014), en el que la aplicación de altas concentraciones de benziladenina en plantas jóvenes de sachá inchi indujo el desarrollo de flores con estilo curvo y estigma cerrado.

Hay estudios previos en otros cultivos que indican que diversas fitohormonas presentan efectos masculinizantes o feminizantes en las flores. Por ejemplo, la benziladenina indujo la feminización de flores masculinas en sachá inchi (Fu et al., 2014) y el etileno es la hormona que determinó la feminización floral en el pepinillo (Ando et al., 2001). La benzylaminopurina también indujo flores femeninas en *Jatropha curcas*, especie perteneciente a la misma familia que el sachá inchi (Euphorbiaceae) (Pan y Xu, 2011). Con respecto al ácido giberélico se observó que tiene un efecto feminizante sobre maíz (Dellaporta y Calderon-Urrea, 1994). En el espárrago se observó que la aplicación combinada de dos fitohormonas, en el rango de 0,11 a 0,23  $\mu\text{m}$  de ácido giberélico y de 0,037 a 0,075  $\mu\text{m}$  de benzilaminopurina, indujo un mayor número de plantas, mayor altura y mayor peso seco (Paraguay-Mercado et al., 2010).

**Tabla 1**

Evaluación del efecto del ácido giberélico y TRIGGRR en el rendimiento de sachá inchi

Tratamiento	Ácido giberélico (mg L <sup>-1</sup> )	TRIGGRR FOLIAR (ml L <sup>-1</sup> )	Número de frutos	Peso de frutos (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Peso de semillas (kg ha <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	Rendimiento por planta (kg año <sup>-1</sup> )	Rendimiento por hectárea (kg año <sup>-1</sup> )
T1	0	0	198,7 <sup>e</sup>	1436,1 <sup>f</sup>	757,2 <sup>e</sup>	0,76 <sup>e</sup>	841,2 <sup>e</sup>
T2	10	0	216,1 <sup>de</sup>	1585,7 <sup>ef</sup>	820,5 <sup>de</sup>	0,82 <sup>de</sup>	911,6 <sup>de</sup>
T3	20	0	231,7 <sup>bcde</sup>	1686,1 <sup>bcdef</sup>	891,3 <sup>bcde</sup>	0,89 <sup>bcde</sup>	990,3 <sup>bcde</sup>
T4	40	0	222,5 <sup>cde</sup>	1606,8 <sup>def</sup>	842 <sup>de</sup>	0,84 <sup>de</sup>	935,5 <sup>de</sup>
T5	60	0	242,8 <sup>abcde</sup>	1764,6 <sup>bcdef</sup>	924,4 <sup>bcde</sup>	0,92 <sup>bcde</sup>	1027 <sup>bcde</sup>
T6	80	0	257,9 <sup>abcd</sup>	1866,8 <sup>abcde</sup>	982,2 <sup>abcd</sup>	0,98 <sup>abcd</sup>	1091,3 <sup>abcd</sup>
T7	100	0	276,7 <sup>ab</sup>	2016,6 <sup>abc</sup>	1062,5 <sup>abc</sup>	1,06 <sup>abc</sup>	1180,5 <sup>abc</sup>
T8	0	5	204,2 <sup>de</sup>	1479,6 <sup>ef</sup>	779 <sup>de</sup>	0,78 <sup>de</sup>	865,4 <sup>de</sup>
T9	10	5	227,8 <sup>bcde</sup>	1649,1 <sup>cdef</sup>	866,9 <sup>cde</sup>	0,87 <sup>cde</sup>	963,1 <sup>cde</sup>
T10	20	5	243,1 <sup>abcde</sup>	1768,9 <sup>bcdef</sup>	918 <sup>bcde</sup>	0,92 <sup>bcde</sup>	1019,9 <sup>bcde</sup>
T11	40	5	236,9 <sup>abcde</sup>	1800,9 <sup>abcdef</sup>	949,5 <sup>abcde</sup>	0,95 <sup>abcde</sup>	1054,9 <sup>abcde</sup>
T12	60	5	295,7 <sup>a</sup>	2177 <sup>a</sup>	1150,7 <sup>a</sup>	1,15 <sup>a</sup>	1278,5 <sup>a</sup>
T13	80	5	276,4 <sup>abc</sup>	1978,1 <sup>abcd</sup>	1054,3 <sup>abc</sup>	1,05 <sup>abc</sup>	1171,3 <sup>abc</sup>
T14	100	5	280,6 <sup>ab</sup>	2057,4 <sup>ab</sup>	109,5 <sup>ab</sup>	1,09 <sup>ab</sup>	1211,5 <sup>ab</sup>

Los valores de los promedios en la misma columna seguidos de letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos.

En este estudio la aplicación de ácido giberélico indujo la formación de nuevas ramas e inflorescencias, pero no se pudo observar efectos feminizantes, tal como ocurre en otros cultivos.

El número de frutos también incrementa a medida que se incrementa la concentración de ácido giberélico hasta 60 mg L<sup>-1</sup>, pero a partir de 80 mg L<sup>-1</sup> el número de frutos y el rendimiento por hectárea empieza a disminuir. También se observa un ligero aumento del número de frutos en las plantas que contenían 5 mg L<sup>-1</sup> de TRIGGRR FOLIAR en comparación con los tratamientos que no presentaban este compuesto, y esto es demostrable al comparar los tratamientos T5 y T12, en el que ambos tratamientos contenían 60 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico pero el tratamiento T5 no contenía TRIGGRR FOLIAR. El número de frutos fue significativamente mayor en el tratamiento T12, con 295,7 frutos por planta en promedio. El tratamiento T1, que es el tratamiento testigo, fue estadísticamente inferior, con 198,7 frutos por planta, observándose claramente un efecto positivo de la aplicación del ácido giberélico y TRIGGRR FOLIAR. El diámetro de cápsulas varió desde 4,29 hasta 4,46 cm entre todos los tratamientos. El diámetro de semillas varió desde 1,56 hasta 1,74 cm (Tabla 1) y en promedio todos los tratamientos presentaron 4 semillas por cápsula, aunque se observó que en todos los tratamientos algunos frutos desarrollaron solo 3 semillas.

La aplicación de estos reguladores de crecimiento influye en los resultados de estos estudios ya que las condiciones edafoclimáticas y nutricionales de las plantas fueron las mismas. Aproximadamente el 70% de las flores femeninas inducidas por el ácido giberélico desarrollaron frutos. El número de frutos incrementó con concentra-

ciones crecientes de ácido giberélico de 10 a 60 mg L<sup>-1</sup>, pero empezó a disminuir a medida que se incrementó de 60 a 100 mg L<sup>-1</sup>. En la tabla 1 se observan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, es decir que al menos un tratamiento difiere de los demás, siendo el tratamiento T12, que tiene 60 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico y 5 ml L<sup>-1</sup> de TRIGGRR, el que presenta el mayor número de frutos. El incremento del rendimiento con la aplicación de diversos reguladores de crecimiento, entre ellos el ácido giberélico, también se observó en plantas de mango (*Mangifera indica*) (Vásquez y Pérez, 2006), joboba (*Simmondsia chinensis*) (Atteya et al., 2018), arándano (*Vaccinium corymbosum*) (Milić et al., 2018), pimentón (*Capsicum annuum*) (Mbandiwa et al., 2019), etc.

El peso de las cápsulas y el peso de semillas dependen directamente del número de frutos cosechados y en la tabla 1 se observa diferencias estadísticas entre los tratamientos en ambas variables. El tratamiento T12 obtuvo el mayor peso de cápsulas y mayor peso de semillas y el tratamiento T1, que no contenía reguladores de crecimiento, presentó el menor peso de cápsulas y también menor peso de semillas. El rendimiento por planta y rendimiento por hectárea también son estadísticamente superiores en el tratamiento T12 e inferiores en el tratamiento T1. Estos resultados nos indican que la aplicación de 60 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico y 5 ml L<sup>-1</sup> de TRIGGRR FOLIAR nos permiten incrementar el rendimiento en plantas adultas de sachá inchi desde 841 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> hasta 1278 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Es importante mencionar que se desconoce el genotipo empleado en este estudio porque se desconocía la procedencia de la semilla que utilizaron al momento de realizar la siem-

bra. El IIAP ha trabajado en la selección y mejoramiento genético de sachá inchi y ha identificado genotipos promisorios con buen rendimiento, contenido de aceite y tolerancia al nematodo del nudo, dos de ellas son las accesiones Shica y Mishquiyacu (Márquez-Dávila et al., 2013). Estas accesiones pueden ser utilizadas por los agricultores para implementar nuevas plantaciones y es recomendable fertilizar y realizar un manejo agronómico adecuado de las plantas de sachá inchi, además de aplicar estos reguladores de crecimiento a partir del segundo año de cosecha para mantener constante el rendimiento.

#### 4. Conclusiones

En este estudio se determinó el efecto de siete dosis de ácido giberélico como inductor para incrementar el rendimiento en plantas de 2,5 años en cosecha, además se complementó el estudio con la aplicación de dos dosis de TRIGGRR FOLIAR. La aplicación de ácido giberélico permitió desarrollar nuevas ramas y nuevas flores femeninas, incrementando el rendimiento en sachá inchi. El número de frutos incrementa a medida que se incrementa también la concentración de ácido giberélico hasta 60 mg L<sup>-1</sup>, pero a partir de 80 mg L<sup>-1</sup> el número de frutos y por lo tanto el rendimiento por hectárea empieza a disminuir. El tratamiento de 60 mg L<sup>-1</sup> de ácido giberélico y 5 ml L<sup>-1</sup> de TRIGGRR FOLIAR permitió incrementar el rendimiento en plantas adultas de sachá inchi desde 841 hasta 1278 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>. Los resultados de este estudio muestran que el ácido giberélico es un regulador del crecimiento de las plantas con el potencial de inducir nuevas ramas y promover la fructificación en plantas de sachá inchi. Las nuevas investigaciones deben evaluar el efecto del ácido giberélico en el rendimiento de plantas adultas de sachá inchi por periodos superiores a 2 años de cosecha y así poder determinar el tiempo de vida útil económica de las plantas, considerando el manejo nutricional y hormonal adecuado. Además, los programas de desarrollo rural dirigidos al cultivo de sachá inchi promovidos por los gobiernos regionales y locales pueden utilizar los resultados de este estudio en la planificación de sus actividades.

#### Agradecimientos

Los autores agradecen a INNOVATE Perú - FIDECOM por el apoyo financiero para desarrollar esta investigación.

#### ORCID

K. Márquez-Dávila  <https://orcid.org/0000-0003-3019-5665>  
R. Solís  <https://orcid.org/0000-0002-5905-4922>

#### Referencias bibliográficas

- Ando, S.; Sato, Y.; Kamachi, S.; Sakai, S. 2001. Isolation of a MADS-box gene (ERAF17) and correlation of its expression with the induction of formation of female flowers by ethylene in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.). *Planta* 213: 943-952.
- Atteya, A.K.G.; Taweel, S.K.A.; Genaidy, E.A.E.; Zahran, H.A. 2018. Effect of gibberellic acid and zinc sulphate on vegetative, flowering, seed yield and chemical consistent of jojoba plant (*Simmondsia chinensis*). *Indian Journal of Agricultural Research* 52(5): 542-547.
- Balta-Crisólogo, R.A.; Rodríguez-Del Castillo, A.M.; Guerrero-Abad, R.; Cachique, D.; Alva-Plasencia, E.; Arévalo-López, L.; Loli, O. 2015. Absorción y concentración de Nitrógeno, Fósforo y Potasio en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en suelos ácidos, San Martín, Perú. *Folia Amazónica* 24(2): 123-130.
- Cai, Z.Q. 2011. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. *Industrial Crops and Products* 34: 1235-1237.
- Cachique, D.; Vásquez, G.; Merino, C.; Sotero, V. 2008. Avances en identificación de genotipos de "sachá inchi", (*Plukenetia volubilis* L.) con características deseables y sobresalientes. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - San Martín. 33 pp.
- Dellaporta, S.L.; Calderon-Urrea, A. 1994. The sex determination process in maize. *Science* 266: 1501-1505.
- Fang, S.; Gao, K.; Hu, W.; Wang, S.; Chen, B.; Zhou, Z. 2019. Foliar and seed application of plant growth regulators affects cotton yield by altering leaf physiology and floral bud carbohydrate accumulation. *Field Crops Research* 231: 105-114.
- Fu, Q.; Niu, L.; Zhang, Q.; Pan, B.; He, H.; Xu, Z. 2014. Benzyladenine treatment promotes floral feminization and fruiting in a promising oilseed crop *Plukenetia volubilis*. *Industrial Crops and Products* 59: 295-298.
- Godínez, M.A. 2017. Efecto del ácido giberélico sobre el cuaje y rendimiento de sandía. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Guatemala. 51 pp.
- Gong, H.D.; Geng, Y.J.; Yang, C.; Jiao, D.Y.; Chen, L.; Cai, Z.C. 2018. Yield and resource use efficiency of *Plukenetia volubilis* plants at two distinct growth stages as affected by irrigation and fertilization. *Scientific Reports* 8: 1-14.
- 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 (*Brassica oleraceae* L.) var. Botrytis DC. *Agronomía Colombiana* 25(1): 54-61.
- Gutiérrez, L.F.; Rosada, L.M.; Jiménez, A. 2011. Chemical composition of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. *Grasas y aceites* 62(1): 76-83.

- Jiao, D.Y.; Xiang, M.H.; Li, W.G.; Cai, Z.Q. 2012. Dry-season irrigation and fertilisation affect the growth, reproduction, and seed traits of *Plukenetia volubilis* L. plants in a tropical region. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 87: 311-316.
- Manco, E. 2006. Cultivo de sachá inchi. Sub Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología. Estación Experimental El Porvenir - INIA. Tarapoto, Perú. 11 pp.
- Márquez-Dávila, K.; Gonzales, R.; Arévalo, L.; Solis, R. 2013. Respuesta de accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. a la infestación inducida del nematodo *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949. Folia Amazónica 22(1-2): 97-103.
- Mbandlwa, N.P.; Fotouo-M, H.; Maboko, M.M.; Sivakumar, D. 2019. Stomatal conductance, leaf chlorophyll content, growth, and yield of sweet pepper in response to plant growth regulators. International Journal of Vegetable Science: 1-11.
- Milić, B.; Tarlanović, J.; Keserović, Z.; Magazin, N.; Miodragović, M.; Popara, G. 2018. Bioregulators can improve fruit size, yield and plant growth of northern highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). Scientia Horticulturae 235: 214-220.
- Pan, B.Z.; Xu, Z.F. 2011. Benzyladenine treatment significantly increases the seed yield of the biofuel plant *Jatropha curcas*. Journal of Plant Growth Regulation 30: 166-174.
- Paucar-Menacho, L.M.; Salvador-Reyes, R.; Guillén-Sánchez, J.; Capa-Robles, J.; Moreno-Rojo, C. 2015. Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. Scientia Agropecuaria 6(4): 279-290.
- Paraguay-Mercado, J.; Bardales-Vásquez, C.; León-Torres, C.; Nomberto-Rodríguez, C.; Linares-Luján, G. 2010. Incremento del área foliar de *Asparagus Officinalis* L. Cv. UC 157 F1 “espárrago” mediante la aspersión de Giberelina (AG<sub>3</sub>) y 6 - Bencilaminopurina (6-BAP). Scientia Agropecuaria 1: 191-196.
- PeruBioInnova. 2017. Análisis de la cadena de valor del sachá inchi en San Martín al 2016. PeruBioInnova, Lima, Perú. 57 pp.
- Solis, R.; Cachique, D.; Guerrero-Abad, J.; Ruiz, M.E.; Tapia, L. *In vitro* propagation of sachá inchi through organogenesis. Pesquisa Agropecuária Brasileira 53(11): 1285-1288.
- Vásquez, V.; Pérez, M.H. 2006. Dosis y épocas de aplicación de ácido giberélico en la floración y cosecha del mango “Ataulfo”. Revista Fitotecnia Mexicana 29(3): 197-202.
- Wakchaure, G.C.; Minhas, P.S.; Meena, K. K.; Singh, N.P.; Hegade, P.M.; Sorty, A.M. 2018. Growth, bulb yield, water productivity and quality of onion (*Allium cepa* L.) as affected by deficit irrigation regimes and exogenous application of plant bio-regulators. Agricultural Water Management 199: 1-10.
- Yang, C.; Jiao, D.Y.; Geng, Y.J.; Cai, C.T.; Cai, Z.Q. 2014. Planting density and fertilisation affect the seed and oil yields in *Plukenetia volubilis* L. plants independently. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology 89: 201-207.