

Bioproducto BIBUT®, una alternativa para incrementar la germinación de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L)

Ramsés O. Fernández-Sánchez¹, Ernesto J. Cardoso-Hernández¹, Mabel Villanueva-Domínguez¹, Marisol González-Pérez¹, Georgina Michelena-Álvarez², María del C. Pérez-Hernández¹, Justo L. González-Olmedo^{1*}

1. Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB) Complejo Barlovento, 5ta y 246, Playa. La Habana, Cuba
 2. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). Vía Blanca, 804 y Carretera Central, San Miguel del Padrón. La Habana, Cuba
- *gjustolorenzo@gmail.com

RESUMEN

Introducción. Luego de su introducción en Cuba, la propagación de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), resulta un tema importante, debido a la demanda de sus frutos con almendras ricas en los ácidos grasos omega 3, 6 y 9 y en proteínas y vitaminas. Como todas las semillas oleaginosas tiene peculiaridades germinativas que regulan la velocidad y eficiencia de la propagación por este órgano. La aplicación de bioproductos es una alternativa que favorece la germinación de semillas y la calidad de la nueva plántula.

Objetivo. Determinar el comportamiento germinativo de las semillas de sachá inchi tratadas con el bioestimulante BIBUT®.

Materiales y Métodos. Se utilizaron semillas de frutos maduros de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), colectadas en las plantaciones de El Pitirre, en Pinar del Río. Se emplearon 50 semillas, que se desinfectaron y se lavaron y por 24 horas, en cada uno de los tratamientos de imbibición: tratamiento A, tratadas con BIBUT® (10 mg/L) y tratamiento B, grupo de control, con solo agua. La capacidad germinativa se determinó con el control de la emisión de las plántulas. El día 30 se midieron las variables: altura de la plántula (cm), cantidad de hojas, cantidad de raíces y longitud de la raíz mayor (cm). Se determinó el efecto del tratamiento con BIBUT® sobre la germinación y la calidad de las plántulas emitidas, mediante una comparación de medias, según análisis paramétricos (t-students).

Resultados y Discusión. Los resultados demostraron que se puede conservar con contenido de humedad entre 4.0 y 7.5 % y mantener el 44 % del material genético empleado, con porcentajes de germinación superiores al 80 %.

Conclusiones. El bioestimulante BIBUT® se empleó a la concentración 10 mg/L y estimuló incrementos en el porcentaje de germinación y en la calidad de las plántulas emitidas, en relación con la altura, número de hojas y raíces, longitud de las mayores raíces.

Palabras clave. Bioproductos, BIBUT, sachá inchi, germinación.

ABSTRACT

Introduction. After its introduction in Cuba, the propagation of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) is an important issue, due to the demand of its fruits with almonds, which are rich in omega 3, 6 and 9 fatty acids, proteins and vitamins. Like all oilseeds, sachá inchi has germination peculiarities that regulate the speed and efficiency of propagation by this organ. The application of bioproducts is an alternative that favors seed germination and the quality of the new seedling.

Objective. To determine the germination behavior of sachá inchi seeds treated with the biostimulant BIBUT®.

Materials and methods. Seeds from mature fruits of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), collected in the plantations of El Pitirre, in Pinar del Río, were used. Fifty seeds were used, which were disinfected and washed, then soaked for 24 hours in each of the treatments: treatment A, treated with BIBUT® (10 mg/L) and treatment B, control group, with only water. Germination capacity was determined by monitoring seedling emission. On day 30, the following variables were measured: seedling height (cm), number of leaves, number of roots and length of the largest root (cm). The effect of BIBUT® treatment on germination and seedling quality was determined through a comparison of means, according to parametric analysis (t-students).

Results and discussion. The results demonstrated that it can be preserved with a moisture content between 4.0 and 7.5 %, maintaining 44 % of the genetic material used and achieving germination rates above 80 %.

Conclusions. The biostimulant BIBUT® was used at a concentration of 10 mg/L and stimulated increases in the germination percentage and in the quality of the seedlings produced, in relation to height, number of leaves and roots, and length of the largest roots.

Keywords. Bioproducts, BIBUT, sachá inchi, germination.

INTRODUCCIÓN

Sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una planta nativa de la Amazonía, conocida también como maní del monte y maní del inca, es una especie de importancia para la agroindustria de los aceites, ya que se ha encontrado gran producción de ácidos grasos polinsaturados tipo omega (3, 6 y 9) en sus semillas (1). Son semillas sin ningún tipo de latencia y la germinación es promovida por temperaturas alternas entre 20/30 y 25/35 °C, bajo varias condiciones lumínicas (luz, oscuridad, penumbra) y tienen un comportamiento ortodoxo en el almacenamiento (2, 3).

Al igual que otras plantas de la familia Euphorbiaceae, sachá inchi se caracteriza, químicamente, por presentar metabolitos secundarios con gran diversidad de estructuras químicas, entre ellos terpenoides, saponinas y taninos (4, 5). Este dato es interesante, al considerar la relación de bioestimulantes con metabolitos secundarios bioactivos (6).

Muchos procesos tecnológicos de cultivos agrícolas, tienen como premisa la aplicación de estimulantes biológicos, con capacidad suficiente para participar en los principales procesos metabólicos (7, 8). La germinación de semillas es uno de los procesos estimulados, con aplicaciones de este tipo de productos (9).

Dada la necesidad de extender las plantaciones de sachá inchi en Cuba es importante mejorar la germinación de las semillas, para la producción de viveros más eficientes. En 2019 se demostró, con éxito, la influencia positiva de giberelinas derivadas de la caña de azúcar sobre la germinación de estas semillas (10). El objetivo de este trabajo es determinar el comportamiento germinativo de las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) tratadas con el bioestimulante BIBUT®.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia vegetal

Se utilizaron semillas de frutos maduros de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) colectadas en las plantaciones de El Pitirre, Unidad Básica de Producción, situada en la localidad que le da nombre, en el municipio de Los Palacios, en Pinar del Río, Cuba.

Información geográfica de El Pitirre:

Latitud: 22.6666667; Longitud: -83.25; UFI: -1622084; UNI: -2287850; UTM: KF60; JOG: NF17-05 (<https://tierra.tutiempo.net/cuba/el-pitirre-cu012725.html>)

Las semillas se desinfectaron en una solución de hipoclorito de sodio al 1.5 %, durante 10 min. Luego se lavaron con agua corriente. Se emplearon 50 semillas, que se desinfectaron y se lavaron; luego, se embebieron, por 24 horas, en cada uno de los tratamientos: tratamiento A, tratadas con BIBUT® (10 mg/L, recomendación del fabricante) (11) y tratamiento B, grupo de control con solo agua.

Sustrato

Las semillas se plantaron en sustrato contenido en bolsas de polietileno negro, con medidas de 9 cm x 14 cm, con capacidad para un kilogramo de sustrato. Este consistió en la mezcla de suelo: estiércol vacuno: cáscara de arroz, 2:1:1. El suelo clasificado como Fersialítico Rojo Lixiviado erógeno, según Hernández *et al.* (12, 13). Estos suelos ocupan el 68.77 % de la extensión total de la entidad (14).

Germinación *in vivo*

La capacidad germinativa se determinó con el control de la emisión de las plántulas, luego de la germinación de las semillas colocadas rigurosamente a cuatro centímetros de profundidad, en las cien bolsas del experimento. El primer conteo se realizó a los siete días, en función de los resultados previos logrados en iguales condiciones (10). Con igual frecuencia se contaron las plantas emergidas hasta los 42 días. Se calculó el índice de velocidad de germinación (IVG), según la emergencia de las plántulas (15); así como el porcentaje de germinación, según el cociente de semillas convertidas en plántulas sobre semillas plantadas por 100.

Calidad de las plántulas emitidas por la germinación de las semillas

El día 30 del experimento se caracterizó la calidad de las plántulas emitidas y se midieron las siguientes variables: altura de la plántula (cm), cantidad de hojas, cantidad de raíces y longitud de la raíz mayor (cm).

Se determinó el efecto del tratamiento de BIBUT® sobre la germinación y la calidad de las plántulas emitidas mediante una comparación de medias, según análisis paramétricos (t-students), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov) y la homogeneidad de las varianzas (Levene). Para ajustar los datos a una distribución normal, la variable porcentaje de germinación se transformó a $\arcsen(x/100)^{1/2}$. Todo el análisis estadístico se realizó con la utilización del programa SPSS versión 21.0 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las evidencias iniciales de la germinación de semillas de sachá inchi se registraron con la emisión de las primeras plántulas en el tratamiento con BIBUT® (10 mg/L), que ocurrió a los siete días

Tabla 1. Porcentaje de germinación de las semillas de sachá inchi según los efectos del tratamiento con BIBUT®

Días de germinación	Tratamiento A (Bibut)	Tratamiento B (Control)
7	11	0
14	17	0
21	22	21
28	0	24
Germinación (%)	100 a	90 b

N=50 Letras distintas indican diferencias significativas, según análisis paramétricos (t-students, $p < 0.05$), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) y la homogeneidad de varianzas (Levene, $p < 0.05$).

de plantadas las semillas en el sustrato de las bolsas (tabla 1). En la etapa se alcanzó el 22 % de germinación.

Siete días después se realizó la segunda evaluación, en la que nuevamente sólo existían semillas germinadas en el tratamiento con BIBUT®, con un 56 % de germinación. Las semillas embebidas con agua aún no habían germinado, comportamiento que coincide con el experimento realizado por La Rosa (16), pues las semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) de la localidad de Tarapoto, sin eliminación de la testa, no germinaron en los primeros 15 días.

Todas las semillas tratadas con BIBUT® germinar en los primeros 21 días después de plantadas, pero menos de la mitad del grupo de control (42 %) germinaron en ese periodo. Esto demuestra que el índice de velocidad de germinación (IVG) fue de 1 semilla/día, mientras que con la aplicación del bioproducto se estimuló ese índice y crecieron a 2.38 semillas/día.

Finalmente, a los 28 días de plantadas las semillas se comprobó que había germinado otro 48 % de las tratadas con agua solamente, lo que permitió elevar el IVG de este tratamiento a 1.6 semillas/día. No obstante, estos resultados son inferiores a los informados en 2015, bajo condiciones experimentales *in vitro* (3), con similares porcentajes de germinación (88 %). En la última evaluación realizada el día 42 del experimento, la germinación de este grupo de semillas se mantuvo en el 90 %, registrado el día 28, aun así, son resultados de germinación que superan varios de los informados para esta especie, en los últimos años (10, 16, 17).

La evaluación realizada el día 42 demostró que el índice de velocidad de emergencia (IVE), el que realmente se obtuvo a través de los conteos periódicos de las plántulas emergidas a partir de la siembra, cuando sobresalían del sustrato, coincidió con el IVG, porque no existían otras semillas germinadas que no hubieran emitido plántulas. Por esta razón también se reafirmaron los porcentajes germinativos de ambos tratamientos, 90 y 100 % para Control y BIBUT®, respectivamente.

Tabla 2. Altura de las plantas (cm) de sachá inchi según los efectos del tratamiento con BIBUT®

Plantas	Tratamiento A (Bibut) (cm)	Tratamiento B (Control) (cm)
1	41	20
2	43	25
3	38	27
4	43	23
5	37	17
Promedio	40.4 a	22.4 b

N=50 Letras distintas indican diferencias significativas, según análisis paramétricos (t-students, $p < 0.05$), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $p < 0.05$).

La caracterización de las plántulas a través de las variables evaluadas se puede apreciar en las siguientes tablas. En la tabla 2 se muestran los efectos de los tratamientos sobre la altura de las plántulas.

A los 30 días de plantadas las semillas, las plantas desde ellas emitidas marcaron diferencias en su altura promedio. Las tratadas con el BIBUT® se aproximaron a duplicar los valores registrados en el grupo de Control. Es importante considerar que el 56 % de esas plantas ya estaban creciendo, cuando las tratadas con solo agua aún no habían emergido del sustrato. Esta condición tiene una notable influencia sobre la altura, como variable de crecimiento, sin incluir los efectos del producto regulador aplicado.

El bioproducto BIBUT® se ha reconocido como una alternativa con efectos reguladores, basados en su composición auxínica. Así lo describen en trabajos para inducir enraizamiento de estacas: aplicación del BIBUT® al 8 %, elaborado a partir del ácido indol butírico (IBA) (18), como parte de nuevas metodologías para favorecer la producción y el aumento de la biodiversidad en viveros frutícolas (19). Presentes en las plantas en concentraciones muy bajas, las hormonas influyen en los procesos fisiológicos esenciales, como el crecimiento y la diferenciación celular (20, 21). Entre las hormonas directamente relacionadas con el crecimiento están las auxinas, aunque algunas de ellas usadas para favorecer la germinación de semillas de frutales no marcaron diferencias en la variable altura de las nuevas plántulas emitidas (19).

Tabla 3. Cantidad de hojas de las plantas de sachá inchi según los efectos del tratamiento con BIBUT®

Plantas	Tratamiento A (Bibut)	Tratamiento B (Control)
1	9	3
2	11	4
3	12	6
4	9	5
5	10	5
Promedio	10.2 a	4.6 b

N=50 Letras distintas indican diferencias significativas, según análisis paramétricos (t-students, $p < 0.05$), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $p < 0.05$).

Tabla 4. Cantidad de raíces de las plantas de sachá inchi según los efectos del tratamiento con BIBUT®

Plantas	Tratamiento A (Bibut)	Tratamiento B (Control)
1	19	6
2	20	7
3	22	11
4	20	9
5	21	7
Promedio	20.4 a	8 b

N=50 Letras distintas indican diferencias significativas, según análisis paramétricos (t-students, $p < 0.05$), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $p < 0.05$).

Los efectos estimulantes de la organogénesis están incluidos en los procesos antes relacionados, de modo que son evidentes en la formación de nuevos órganos como las hojas y las raíces. La cantidad de estos órganos es superior en las plantas provenientes de las semillas tratadas con BIBUT®, respecto a las del grupo de Control (tablas 3 y 4).

El número de hojas de las plántulas del grupo de Control coinciden con las registradas en el experimento sobre germinación de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), que usan como sustratos arena o vermiculita, la presencia de luz y 30 °C de temperatura (3). Por otra parte, las plantas provenientes de semillas tratadas con BIBUT® duplican las cantidades de hojas, lo que evidencia el papel inductor en la formación de estos órganos, por la actividad de tipo auxínico de los componentes de este producto.

El efecto de estas hormonas auxínicas es muy reconocido en la inducción del enraizamiento de los esquejes, para la propagación vegetativa, en varias especies como los frutales (11) y también en sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) (22).

Tabla 5. Longitud de las raíces mayores (cm) de sachá inchi según los efectos del tratamiento con BIBUT®

Plantas	Tratamiento A (Bibut) (cm)	Tratamiento B (Control) (cm)
1	12	6
2	15	8
3	11	9
4	16	6
5	10	4
Promedio	12.8 a	6.6 b

N=50 Letras distintas indican diferencias significativas, según análisis paramétricos (t-students, $p < 0.05$), después de chequeada la distribución normal (Kolmogorov-Smirnov, $p < 0.05$) y la homogeneidad de las varianzas (Levene, $p < 0.05$).

El número de raíces en los esquejes de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), inducidas con ácido indol-butírico, informado por Cachique (22) fue de 7-12, según el tipo de sustrato. En este rango se encuentran las cantidades de raíces de las plántulas que no se trataron con BIBUT®; mientras que, con la aplicación del bioproducto, se indujeron 2.5 veces más raíces en las plantas brotadas de las semillas tratadas las que, además, duplicaron la longitud como se muestra en la tabla 5.

La longitud de esas raíces también supera las registradas con la mejor combinación de factores para inducir el enraizamiento de estacas de sachá inchi: 0.2 % de IBA, 8 cm de longitud de la estaca y 50 cm² de área foliar (22). Constituye otra evidencia a favor del empleo de BIBUT® a 10 mg/L para embeber semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), con el objetivo de lograr altos porcentajes de germinación y calidad en las plántulas emitidas. Aun así, para no desperdiciar el excelente aceite contenido en ellas, con mayores beneficios económicos y sociales, se sugiere emplear las eficientes técnicas de propagación vegetativa que se han publicado (17, 22).

Los resultados de investigaciones recientes sobre conservación, viabilidad y manejo de la germinación de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) han demostrado que tiene comportamiento ortodoxo, pues se puede conservar con un contenido de humedad entre 4.0 y 7.5 % y mantener el 44 % del material genético empleado, con porcentajes de germinación superiores al 80 % (15). Los resultados ahora publicados hacen contribuciones al proceso de germinación de semillas de esta especie con el uso de un nuevo bioproducto, regulador del crecimiento vegetal.

CONCLUSIONES

1. El bioproducto BIBUT® se empleó, con buenos resultados, en la germinación de semillas de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), a la concentración 10 mg/L, este incrementó el porcentaje de germinación, la calidad de las plántulas emitidas, con relación a altura, el número de hojas y raíces y la longitud de las mayores raíces.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castillo, S.E.F.; Castillo, V.S.F., Reyes, A.C.E. 2010. Estudio fitoquímico de *Plukenetia volubilis* L. y su efecto antioxidante en la lipoperoxidación inducida por 3/ascorbato en hígado de *Rattus rattus* var. *Albinus*. UCV-Scientia, 2: 11-21.
2. Acosta, C. J. 2018. Caracterización fisiológica y fitosanitaria de las semillas de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Tesis de Maestría en Ciencias-Biología. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 91p.
3. Ávila, A.; *et al.* 2015. Environmental factors on seed germination, seedling survival and initial growth of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). *J. Seed Sci.* 37 (2): 111-116.
4. Henao-Zambrano, J.C.; Barreto-Cruz, O.T. 2016. Recursos y nuevas opciones en la alimentación animal: torta de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Rev. Inv. Agrar. Ambient.* 7(1): 83-91, ISSN: 2145-6097.
5. Scull, I.; *et al.* 2023. Chemical characterization of *Plukenetia volubilis* (sacha inchi) cake cultivated in Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*, Volume 57: 1-6.
6. Waqas, M.; *et al.* 2013. Seed germination-influencing bioactive secondary metabolites secreted by the endophyte *Cladosporium cladosporioides* LWL5. *Molecules*, 18(12):15519-30.
7. Quintero, E.; *et al.* 2018. Efecto de diferentes bioestimulantes en el rendimiento del frijol común. *Centro Agrícola*, 45(3): 73-80.
8. Calero, A.; *et al.* 2019. Efecto entre microorganismos eficientes y fitomas-e en el incremento agroproductivo del frijol. *Rev. Bio. Agro*, 17 (1): 25-33.
9. Santana, Y.; *et al.* 2016. Efecto de *Trichoderma harzianum* Rifai y FitoMas-E® como bioestimulantes de la germinación y crecimiento de plántulas de tomate. *Centro agrícola*, 43(3): 5-12.
10. Acosta-Alvarez, J. H.; *et al.* 2019. La germinación de semillas de Sacha inchi regulada por giberelinas derivadas de la caña de azúcar: primera experiencia cubana. *ICIDCA derivados de la caña de azúcar*, 53(1): 54-57.
11. Oliva, H. 2006. El enraizamiento de esquejes en los frutales tropicales. *Citrifrut* 23 (2): 63-64.
12. Hernández Jiménez, A.; *et al.* 2015: Clasificación de los Suelos de Cuba 2015. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas e Instituto de Suelos, Ediciones INCA. ISBN: 978-959-7023-77-7. Mayabeque, Cuba, 91p.
13. Hernández-Jiménez, A.; *et al.* 2019. La clasificación de suelos de Cuba: énfasis en la versión de 2015. *Cultivos Tropicales*, 40(1), a15-e15. Recuperado a partir de <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1504>.
14. Hernández, A.; *et al.* 2019. Estudio edafológico de la Unidad Básica Productiva El Pitirre. Informe técnico. 80p.
15. Carrillo, F.; Rucabado, A. L. 2021. Evaluación de la viabilidad de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) conservadas a 4°C. *Anales Científicos*, 82(2), 303-311. <https://doi.org/10.21704/ac.v82i2.1793>.
16. La Rosa, R.; Quijada, J. 2013. Germination of Sacha inchi, *plukenetia volubilis* L. (McBride, 1951) (Malpighiales, Euphorbiaceae) under four different conditions. *The Biologist* (Lima), 11(1): 9-14.
17. Henao Ramírez, A. M.; Urrea Trujillo, A. I.; Atehortúa Garcés, L. 2022. *In vitro* germination and vegetative propagation through bud development of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Acta Biológica Colombiana*, 27(1), 70-78. <https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.88727>.
18. Miranda Pérez, D.; *et al.* 2023. Efecto de un hidrogel natural a base de Aloe vera en diferentes dosis sobre parámetros de crecimiento del *Lycopersicum esculentum* L. *ECOVIDA*, 13(1): 1-8.

19. Oliva, H.; *et al.* 2015. Nuevas metodologías para favorecer la producción y el aumento de la biodiversidad en viveros frutícolas de la provincia de Artemisa. *Agrotecnia de Cuba*, 39 (7): 70-81.
20. Brackmann, K.; *et al.* 2018. Spatial specificity of auxin responses coordinates wood formation. *Nature Communications*, 9(1), Art. 1. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03256-2>.
21. Zhang, Y.; *et al.* 2022. Molecular Mechanisms of Diverse Auxin Responses during Plant Growth and Development. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20). <https://doi.org/10.3390/ijms232012495>.
22. Cachique, D.; *et al.* 2011. Propagación vegetativa de Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de esquejes juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonía peruana. *Folia Amazónica*, 20 (1-2): 95-100.