

RESPUESTA DE ACCESIONES DE SACHA INCHI *Plukenetia volubilis* L. A LA INFESTACIÓN INDUCIDA DEL NEMATODO *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949

Kadir MARQUEZ-DÁVILA¹, Raúl GONZALES¹, Luis ARÉVALO¹, Reynaldo SOLIS¹

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa de Investigación en Manejo Integral de Bosques y Servicios Ambientales (PROBOSQUES). San Martín, Perú. E-mail: kmarquez@iiap.org.pe

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de determinar la respuesta de accesiones de sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. a la infestación del nematodo *Meloidogyne incognita* en condiciones controladas. Para ello se propagaron cinco accesiones de sachá inchi (Mishquiyacu, Chazuta, Shica, Pinto Recodo y Sauce) mediante enraizamiento de estacas. Las estacas enraizadas fueron repicadas en macetas de 2 kg que contenían sustrato estéril. Cuando las plántulas iniciaron la emisión de los brotes fueron infestadas con huevos de *M. incognita* a una dosis de 500 huevos por maceta. Posteriormente, las plántulas fueron incubadas durante 35 días a temperatura ambiente de vivero. Finalizado el periodo de incubación se cuantificó el número de nódulos por sistema radicular, midiéndose la longitud de las raíces. Con ambos datos, número de nódulos y longitud de raíces (transformados a logaritmo de base diez), se realizaron los análisis de varianza y las medias fueron comparadas usando la prueba de Duncan ($P=0.05$). En raíces de las accesiones Mishquiyacu y Chazuta se encontró significativamente menor número de nódulos y mayor longitud de raíz. Pinto Recodo y Sauce registraron mayor número de nódulos y menor longitud de raíz, mientras que Shica registró menor número de nódulos y longitud de raíz. Según este estudio las accesiones Mishquiyacu y Chazuta muestran tolerancia a *M. incognita* y pueden ser utilizadas en futuros estudios sobre manejo integrado del cultivo de sachá inchi.

PALABRAS CLAVE: *Plukenetia volubilis*, *Meloidogyne incognita*, Control genético.

ROOT-KNOT NEMATODE INDUCED INFESTATION RESPONSE BY ACCESSIONS OF SACHA INCHI *Plukenetia volubilis* L.

ABSTRACT

This study was developed with the objective of determining the response of accessions of sachá inchi *Plukenetia volubilis* L. to infestation of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* under controlled conditions. Five accessions of sachá inchi were propagated by rooting cuttings and accessions were from Mishquiyacu, Chazuta, Shica, Pinto Recodo and Sauce. The rooted cuttings were transferred into pots containing 2 kg of sterile substrate. When seedlings began producing buds, these were infested with eggs of *M. incognita* at a dose of 500 eggs per pot. Then, seedlings were incubated for 35 days in greenhouse conditions. After the incubation period the number of nodules per root system was counted and the root length was measured. With both, data of nodules number (transformed into logarithm base-10) and root length, analysis of variance was performed and means were compared using Duncan's test ($P = 0.05$). In roots of the Chazuta and Mishquiyacu accessions was found significantly fewer nodules and greater root length. Sauce and Pinto Recodo showed higher number of nodules and shorter root while Shica recorded fewer nodules and root length. According to this study, the Mishquiyacu and Chazuta accessions demonstrate tolerance to *M. incognita* and can be used in future studies of integrated management of sachá inchi.

KEYWORDS: *Plukenetia volubilis*, *Meloidogyne incognita*, genetic control.

INTRODUCCIÓN

El sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) es una planta que ha despertado mucho interés en los últimos años en San Martín y otras regiones del Perú, debido a sus propiedades nutraceuticas, y al estar compuesto por Omega (3, 6 y 9), Vitamina E (tocoferoles y tocotrioles) y antioxidantes. El aceite de sachá inchi presenta niveles elevados de ácidos grasos no saturados, también proteínas y vitamina E (Hamaker *et al.*, 1992; Guillén *et al.*, 2003; Merino *et al.*, 2008; Gutiérrez *et al.*; 2011), por lo que se considera un aceite de bajo contenido en colesterol. El perfil de los aminoácidos en algunos aspectos es mejor que el de otras semillas aceiteras existentes. Sus semillas poseen alto contenido de aceite, solo comparable al maní *Arachis hypogea*, a la soya *Glycine max*, al girasol *Helianthus annuus* y al algodón *Gossypium hirsutum* (Hamaker *et al.*, 1992).

El sachá inchi en el Perú se cultiva de forma tradicional principalmente en los departamentos de San Martín, Ucayali, Madre de Dios y Loreto (Márquez *et al.*, 2007). Los pobladores utilizan su almendra como alimento, ya sea cocida o tostada, debido a su alto contenido proteico (Hamaker *et al.*, 1992). Las accesiones cultivadas de sachá inchi muestran susceptibilidad al nematodo del nudo, *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White, 1919, Chitwood, 1949), teniendo como consecuencia que la productividad del cultivo sea baja y que las plantas sucumban en el segundo año después de la siembra (Márquez *et al.*, 2007). *M. incognita* ataca específicamente al sistema radicular de la planta induciendo la formación de nódulos y agallas, reduce la longitud de la raíz y provoca su pudrición, limitando e interrumpiendo el transporte del agua y nutrientes (Agrios, 2005; Orton, 1973). Las prácticas para el control de nematodos están orientadas a la aplicación de productos químicos con efectos nematostáticos, existiendo también otras prácticas culturales de control, tales como la incorporación de enmiendas orgánicas, la rotación de cultivos y la utilización de plantas trampas (Brown & Kerry, 1987). El conocimiento de los niveles de resistencia genética de accesiones de sachá inchi al parasitismo de *M. incognita* permitirá incorporar genotipos tolerantes en el manejo integrado del cultivo.

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la respuesta de accesiones de sachá inchi, propagadas vegetativamente, a la infestación inducida del nematodo *M. incognita*.

MATERIAL Y MÉTODOS.

El estudio fue realizado en el vivero forestal del Instituto de Investigaciones de la Amazonía

Peruana, en su sede San Martín (IIAP-SM), ubicado en Morales, provincia de San Martín, región San Martín. Se evaluaron cinco accesiones de sachá inchi (Tabla 1), estos materiales genéticos fueron facilitados por el banco de germoplasma del programa de Sistemas de producción de sachá inchi del IIAP-SM. El experimento fue realizado entre mayo y octubre del 2012 y repetido entre julio y diciembre del 2013 con el fin de confirmar los resultados del primer experimento.

OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS

Las accesiones fueron propagadas vegetativamente mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación. Para inducir el enraizamiento se emplearon estacas basales e intermedias de sachá inchi de 8 cm de longitud (Cachique *et al.*, 2011). Las hojas de las estacas se cortaron por la mitad para reducir la transpiración y al mismo tiempo permitir la fotosíntesis durante el periodo de propagación. Luego se aplicó una solución de ácido indol-3-butírico (AIB) al 2 % en la base de las estacas con la ayuda de una micropipeta y se sembró en arena fina blanca previamente desinfectada, a una profundidad de 2 cm y distanciamiento de 8 x 8 cm en la cámara de subirrigación. Las estacas fueron regadas por aspersión con ayuda de un aspersor manual y con intervalos de dos días. El repique a macetas de 2 kg de capacidad conteniendo sustrato estéril (50% de tierra agrícola, 25% de arena y 25% de humus de lombriz), se realizó 20 días después de haberse iniciado el enraizamiento.

INFESTACIÓN DE PLÁNTULAS CON *M. incognita*

Se colectaron raíces de sachá inchi con formación de nódulos infestados por el nematodo *M. incognita*. Estas muestras fueron extraídas de una parcela de la Estación Experimental Pucayacu, ubicada en Bello Horizonte. Las raíces fueron lavadas con agua de caño, cortando aquellas que tenían nódulos en trozos de aproximadamente 2 cm de longitud, licuándolas posteriormente durante 3 minutos en un litro de agua. El extracto licuado fue tamizado y lavado con abundante agua. Se utilizaron tamices de 40, 325 y 400 mesh. Los huevos y los individuos juveniles (J2) del nematodo atrapados en el tamiz de 400 mesh, fueron colectados con ayuda de una pizeta y transferidos a un vaso de prueba de 500 ml (Jatala, 1986). El inóculo fue cuantificado con ayuda de un microscopio, tomando para ello una alícuota de 3 ml de la suspensión, transfiriéndola a una placa de conteo, expresando el resultado en huevos por centímetro cúbico (huevos/cm³). Los huevos del nematodo fueron inoculados a una concentración de 500 huevos por maceta con 2 kg de sustrato. Para la

infestación de las raíces de sachá inchi con *M. incognita* se removió el suelo aproximadamente 5 cm alrededor del tallo y 2 cm de profundidad. Los huevos de *M. incognita* fueron inoculados con ayuda de una jeringa hipodérmica de 10 ml (Márquez *et al.*, 2007). Posteriormente las plántulas fueron incubadas a temperatura ambiente y con humedad a capacidad de campo constante por un periodo de 35 días, considerando el ciclo biológico del nematodo (25 a 35 días) (Cepeda, 1996). Las accesiones fueron distribuidas bajo un diseño de bloques completamente randomizados (DBCR) con diez repeticiones (diez macetas por accesión).

CUANTIFICACIÓN DE NÓDULOS

Al término del periodo de incubación las plántulas de sachá inchi fueron cosechadas cuidadosamente, separando la parte aérea de la parte radicular, lavándolas posteriormente con agua de caño de forma individual (Márquez *et al.*, 2007). Inmediatamente después se cuantificó el número de nódulos por sistema radicular y la longitud de las raíces fue determinada a través del programa Image Analysis Software for Plant Disease Quantification (ASSESS) (Lamari, 2002).

ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron registrados en una base de datos y analizados siguiendo el procedimiento descrito por Di Rienzo *et al.* (2008). Los datos de longitud de raíz y número de nódulos fueron normalizados por transformación a logaritmo de base 10. Con los datos normalizados se realizaron los análisis de varianza (ANVA) y las medias fueron comparadas usando la prueba de Duncan ($P=0.05$) con la ayuda del programa estadístico Infostat/Profesional Versión 1.1 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EFFECTOS DE LA INFESTACIÓN

Los efectos de la infestación de *M. incognita* se manifiestan en las raíces de la planta. *M. incognita* ataca específicamente al sistema radicular de la planta induciendo la formación de nódulos y agallas, reduce la longitud de la raíz y provoca su pudrición, limitando e interrumpiendo el transporte del agua y nutrientes (Agrios, 2005). El proceso de parasitismo de *M. incognita* está asociado a la susceptibilidad de la planta, humedad constante $>70\%$ en el suelo, calidad del inóculo (viabilidad de los huevos) y ausencia de los enemigos naturales (Adegbite & Adesiyani, 2005; Jatala, 1986).

De acuerdo al análisis de variancia ($P=0.05$), hay diferencias significativas entre las accesiones para el número de nódulos por sistema radicular (Tabla 2), y

de acuerdo a la prueba de Duncan en las raíces de la accesión Sauce se encontró significativamente mayor número de nódulos (85 nódulos), seguida de Pinto Recodo (74 nódulos), sin diferencias significativas entre ellas, pero si con las demás accesiones (Figura 1). Estos resultados indican la susceptibilidad de estas dos accesiones a *M. incognita*, sin embargo Cachique *et al.*, (2008), describe la accesión Sauce como medianamente tolerante y a Pinto Recodo con un nivel de tolerancia baja a intermedia (datos no publicados). No obstante, es importante señalar los escasos conocimientos específicos sobre respuestas del parasitismo de *M. incognita* a genotipos sachá inchi y prácticas apropiadas de manejo del nematodo (Jatala, 1986; Adegbite & Adesiyani 2005).

Las accesiones Mishquiyacu, Shica y Chazuta presentaron menor cantidad de nódulos (56, 57 y 58 nódulos, respectivamente), sin diferencias significativas entre ellos. Estos resultados sugieren que las tres accesiones toleran el parasitismo de *M. incognita*. El resultado obtenido con la accesión Mishquiyacu coincide con el estudio de Cachique *et al.*, (2008), quien la describe como altamente tolerante, también describe las accesiones Shica como medianamente tolerante y Chazuta como de tolerancia baja a intermedia. Las accesiones Mishquiyacu, Shica y Chazuta podrían ser consideradas candidatas como accesiones tolerantes a la infestación de *M. incognita*. La ausencia de nódulos en el control indica que los nódulos formados en las raíces de las cinco accesiones son producto de la infestación con huevos del nematodo.

EFFECTO DEL PARASITISMO DE *M. incognita* SOBRE LA LONGITUD DE RAÍZ

En lo que se refiere a la longitud de las raíces, de acuerdo al análisis de variancia ($P=0.05$), hay diferencias significativas entre las accesiones (Tabla 3), y de acuerdo a la prueba de Duncan en las raíces de las plántulas control (sin nematodo) se encontró una mayor longitud de raíz (854 mm) en relación a las demás accesiones evaluadas (Figuras 2 y 3). Las accesiones Mishquiyacu y Chazuta (460 mm y 522 mm, respectivamente), reportaron menor longitud que las plántulas control, pero significativamente mayor longitud en relación a las demás accesiones evaluadas, estas accesiones presentan una relación indirectamente proporcional con el número de nódulos, obteniéndose mayor longitud de raíces a menor número de nódulos (Márquez *et al.*, 2007).

En las accesiones Pinto Recodo, Shica y Sauce se encontró menor longitud de raíz (233 mm, 225 mm y 172 mm, respectivamente). Sin embargo, Shica presenta una longitud menor de raíz y un número menor de nódulos, relación contraria a lo descrito

por Agrios, (2005). Estos resultados indican que *M. incognita* afecta directamente al sistema radicular de sachá inchi, reduciendo la capacidad de absorción de agua y minerales de las raíces (Figura 3). Estos resultados confirman a Mishquiyacu y Chazuta como accesiones tolerantes a *M. incognita* y estos genotipos pueden ser usados en futuros estudios sobre manejo integrado del cultivo de sachá inchi.

CONCLUSIONES

Las accesiones de sachá Inchi Mishquiyacu y Chazuta muestran tolerancia a *M. incognita*, mientras que las accesiones Sauce y Pinto Recodo presentan susceptibilidad.

Las accesiones de sachá Inchi Mishquiyacu y Chazuta podrían ser utilizadas en futuros estudios sobre manejo integrado del cultivo de sachá inchi.

Tabla 1. Accesiones de Sachá inchi evaluadas para determinar su comportamiento a la infestación de *M. incognita*.

Accesión	Fecha de colecta	Lugar de colecta	Tipo de muestra	Ubicación geográfica	Altitud
Mishquiyacu	14/03/2012	Sector Mishquiyacu, distrito Pinto Recodo, Lamas.	Semillas y estacas	324869 9296594	504 msnm
Pinto Recodo	09/04/2012	Sector Churuzapa, distrito Pinto Recodo, Lamas.	Semillas y estacas	320065 9298471	550 msnm
Shica	15/03/2012	Sector Shica, distrito de Tabalozos, Lamas.	Semillas y estacas	315372 9301077	782 msnm
Chazuta	18/04/2012	Sector Ramón Castilla, distrito de Chazuta, San Martín.	Semillas y estacas	377811 9275914	287 msnm
Sauces	17/04/2012	Sector Dos de Mayo, distrito de Sauces, San Martín.	Semillas y estacas	366742 9558583	618 msnm

Tabla 2. Análisis de variancia ($P=0.05$) para datos de número de nódulos, de accesiones de Sachá inchi evaluadas para determinar su comportamiento a la infestación de *M. incognita*.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	27.07	14	1.93	25.4	<0.0001
Accesión	25.14	5	5.03	66.05	<0.0001
Repetición	1.93	9	0.21	2.82	0.0102
Error	3.42	45	0.08		
Total	30.49	59			

Tabla 3. Análisis de variancia ($P=0.05$) para datos de número de longitud de raíz, de accesiones de Sacha inchi evaluadas para determinar su comportamiento a la infestación de *M. incognita*.

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	3.81	14	0.27	7.91	<0.0001
Accesión	3.64	5	0.73	21.13	<0.0001
Repetición	0.17	9	0.02	0.56	0.8194
Error	1.55	45	0.03		
Total	5.36	59			

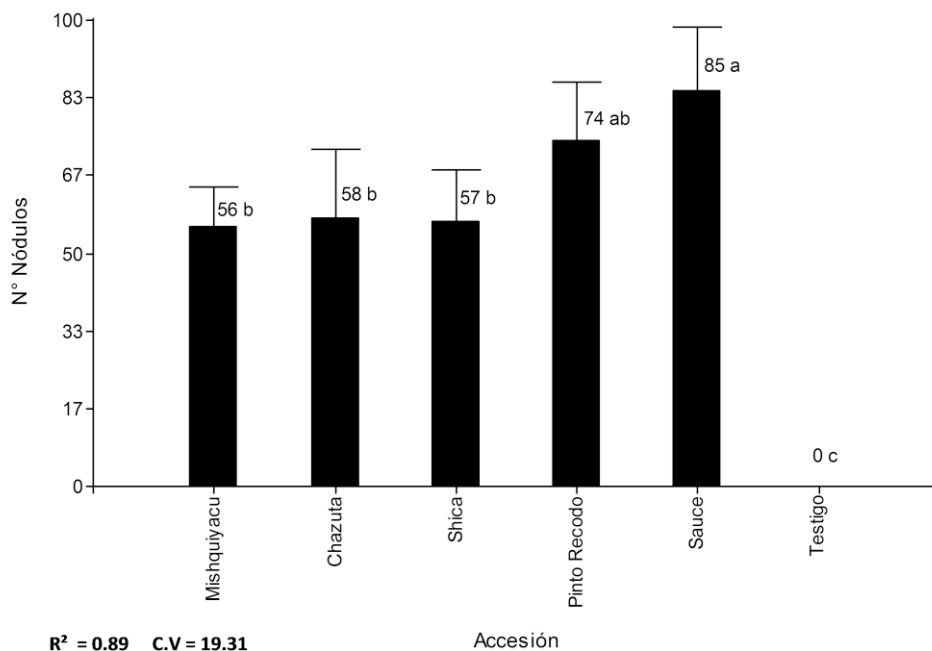


Figura 2. Número de nódulos en raíces de las accesiones de sachá inchi, propagadas vegetativamente. Las barras con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Duncan ($P=0.05$).

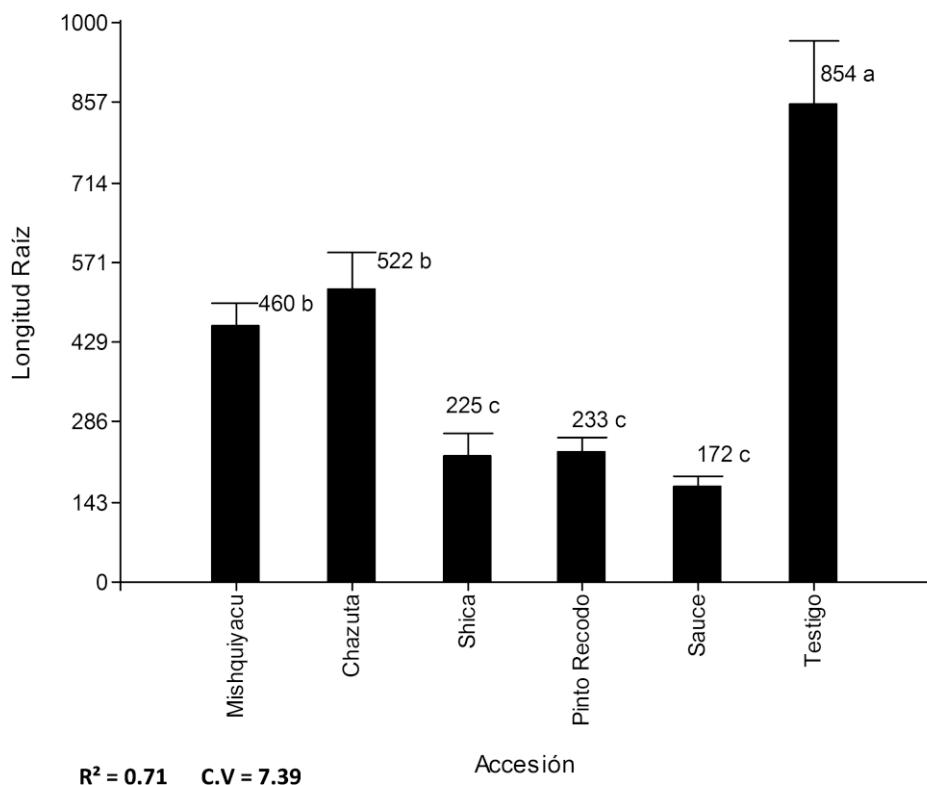


Figura 3. Longitud de raíz de las accesiones de sachá inchi, propagadas vegetativamente. Las barras con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Duncan ($P=0.05$).

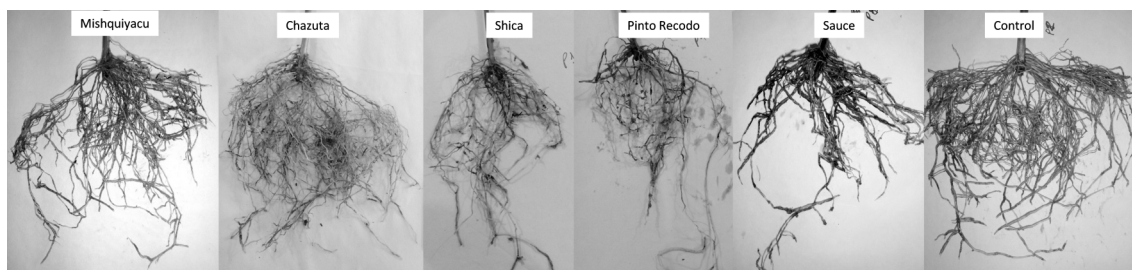


Figura 3. Longitud de raíz de las accesiones de sachá inchi, propagadas vegetativamente. Las barras con letras distintas indican diferencias estadísticas significativas según la prueba de Duncan ($P=0.05$).

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Agrios, G.N. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Elsevier Academic Press. 948pp.
- Adegbite A. A.; Adesiyon S.O. 2005. Root extracts of plants to control root-knot nematode on edible soybean. World Journal of Agricultural Sciences, 1 (1): 18-21.
- Brown, R.H.; Kerry, B.R. 1987. Principles and Practice of Nematode Control in Crops. Academic Press. 447pp.
- Cachique, D.; Rodríguez, A.; Ruiz-Solsol, H.; Vallejos, G.; Solís, R. 2011. Propagación vegetativa del sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) mediante enraizamiento de estacas juveniles en cámaras de subirrigación en la Amazonia peruana. Folia Amazónica 20 (1-2): 95-100.
- 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. Reporte técnico. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP-San Martín. 33pp.
- Cepeda, S.M. 1996. Nematología Agrícola. Primera edición. Editorial Trillas. 305 pp.
- Di Rienzo J.A.; Casanoves F.; Balzarini M.G.; Gonzalez L.; Tablada M.; Robledo C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Guillén, M.D.; Ruiz, A.; Cabo, N.; Chirinos, R.; Pascual, G. 2003. Characterization of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR Spectroscopy and H NMR. Comparison with linseed oil. Journal of the American Oil Chemistry Society. 80 (8): 755-762.
- 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.
- Hamaker, B.R.; Valles, C.; Gilman, R.; Hardmeier, R.M.; Clark, D.; García, H.H.; Gonzales, A.E.; Kohlsted, I.; Castro, M.; Valdivia, R.; Rodríguez, T.; Lescano, M. 1992. Amino acid and fatty acid profiles of the inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.). Cereal Chemistry. 69 (4): 461-463.
- Jatala, P. 1986. Biological-control of plant-parasitic nematodes. Annual Review of Phytopathology. 24: 453-489.
- Lamari L. 2002. ASSESS: Image Analysis Software for Plant Disease Quantification. A P S Press, The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA.
- Márquez-Dávila, K.; Cayotopa, T.J.; Arévalo, G.E.; Vivanco, N.U.; Arévalo, Q.J. 2007. Diagnóstico y niveles de inóculo del nematodo que afecta a la raíz de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en el Perú. Fitopatología 42 (2): 52.
- Merino, C.; Sotero, V.E; del Castillo, D.; Vásquez, G.; Cachique, D.; Vásquez-Ocmín, P.G. 2008. Caracterización química de nueve ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. de los departamentos de Loreto y San Martín. Folia Amazónica. 17(1-2):39-45.
- Orton Williams, K.J. 1973. Meloidogyne incognita. C.I.H. Descriptions of Plant-parasitic Nematodes. Set 2, No. 18. Commonwealth Institute of Parasitology. C. A . B . International. 4pp.

