

Evaluación nutricional de ocho ecotipos de líneas mejoradas de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi) de la Amazonía peruana

Nutritional evaluation of eight ecotypes of improved lines of *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi) in the Peruvian Amazon

Luis Trudel Dávila¹, Víctor Erasmo Sotero Solís², Alenguer Alva³ y Danter Cachique⁴

Recibido: marzo 2009

Aceptado: octubre 2010

RESUMEN

Se realizó la evaluación de ocho ecotipos de las líneas mejoradas S1, S2 y S3 de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi), en relación con sus características fisicoquímicas, caracterización de los ácidos grasos y el análisis cuantitativo de la almendra. Se encontró mayor contenido de aceite en la línea mejorada S1 del ecotipo 2 (14,91%), mayor contenido de proteína en la línea mejorada S2 del ecotipo 3 (40,10%), mayor contenido de carbohidratos en la línea mejorada S3 del ecotipo 6 (55,69%) y mayor porcentaje de ceniza en la línea mejorada S3 del ecotipo 6 (2,76%). Los ácidos grasos de mayor cuantificación en el aceite de sachainchi fueron el ácido linoleico con mayor concentración en la línea mejorada S3 del ecotipo 6 (43,44%) y el ácido linolénico con mayor concentración en la línea mejorada S3 del ecotipo 18 (48,78%); también se encontraron arginina, valina, treonina, metionina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, triptófano y lisina en todas las líneas mejoradas.

Palabras claves: ecotipos, líneas mejoradas, *Plukenetia volubilis*, ácidos grasos, aminoácidos.

ABSTRACT

An evaluation was done of eight ecotypes of S1, S2 y S3 improved lines of *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi), in relation to its physic chemical and fat acids characteristics and the quantitative analysis of the seed. It was found major oil content in the S1 improved line of the ecotype 2 (14,91%), major protein content in the S2 improved line of the ecotype 3 (40,10%), major carbohydrate content in the S3 improved line of the ecotype 6 (55,69%) and major ash percentage in the S3 improved line of the ecotype 6 (2,76%). Fat acids of major quantification in the sachainchi oil were, lanoline oil with major concentration in the S3 improved line of the ecotype 6 (43,44%), and linoleum oil with major concentration in the S3 improved line of the ecotype 18 (48,78%). It was also found argininen, valine, threonine, methionine, histidine, isoleucine, leucine, phenylalanine, triptophane and lysine in all the improved lines.

Key words: ecotypes, improved lines, *Plukenetia volubilis*, fat acids, amino acids.

¹ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.

² Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Av. Abelardo Quiñones km 2,5, Iquitos, Perú. Correo electrónico: vsotero@iiap.gob.pe

³ Departamento Académico de Ingeniería de Alimentos. Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú.

⁴ Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Tarapoto, Perú.

INTRODUCCIÓN

La especie *Plukenetia volubilis*, cuyos nombres comunes son maní del monte, sachamaní o maní del inca (McBride, 1951), es una planta de amplia distribución en la Amazonía peruana, de antiguo y actual uso alimentario por la población rural nativa y mestiza (Valles, 1995). Se caracteriza por ser un arbusto trepador o rastroso silvestre que se le encuentra en los bordes de bosques secundarios, en cañaverales, sobre cercos vivos y como malezas en platanales o cultivos perennes. Esta planta fue cultivada también en la costa peruana en la época prehispánica y se han encontrado semillas y representaciones en cerámicas (Brack, 1999).

Su aceite tiene un alto contenido de ácidos grasos insaturados: oleico 8,26%, linoleico 36,8% y linolénico 48,61%, por lo que se le considera como un aceite de bajo contenido de colesterol. En pequeña cantidad tiene ácidos grasos saturados: palmítico 3,85% y esteárico 2,54% (Hazen y Stowesand, 1980).

Investigaciones recientes realizadas con aceites insaturados y vitamina E indican la importancia nutricional y terapéutica de su consumo para el control de radicales libres y una serie de enfermedades que estos originan en el organismo humano (Manco, 2006).

El sachainchi todavía se encuentra en estado silvestre en la selva amazónica. Existen investigaciones agronómicas que están recolectando, clasificando y evaluando a diversos ecotipos, por lo que actualmente el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) mantiene y evalúa 22 accesiones de sachainchi (14 de poblaciones naturales y 8 del Banco Nacional de Germoplasma), observando entre ellas amplia variabilidad morfológica en la forma, tamaño, presencia de manchas y nervaduras de las semillas evaluadas, cada una con características propias de su lugar de origen;

dichos materiales vienen siendo sometidos a un proceso de selección, principalmente por sus características sobresalientes en cuanto a rendimiento en grano seco, contenido de aceite y tolerancia al complejo nematodo-*Fusarium* sp. (Cachique y Vásquez, 2008).

El mejoramiento de las especies es el arte y la ciencia que permiten cambiar y mejorar la herencia de las plantas. Dicho mejoramiento se practica desde que el hombre aprendió a seleccionar las mejores plantas; por lo cual la selección se convirtió en el primer método de mejoramiento de las cosechas. El arte en el mejoramiento de las plantas, depende de la habilidad del fitomejorador para observar en las mismas, diferencias que pueden tener importancia económica (Poehlman, 1992).

La obtención de líneas mejoradas se da por autofecundación, que es un procedimiento genético que ocurre cuando los gametos que se fusionan para formar el cigote provienen de la misma planta (Reyes, 1985). En cada ciclo generacional de las plantas reproducidas por autofecundación, la proporción de heterocigotos se reduce en 50%, en tanto que los homocigotes aumentan en la misma proporción. Así, después de varias generaciones se formarán líneas puras que reproducen fielmente sus características a través de las semillas, es decir, que dentro de una línea pura no existiría variación, debido a que ha alcanzado la homocigosis (Chávez, 1993).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico

Los ocho ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi) fueron de diferentes lugares de la Amazonía peruana: ecotipo 2 (Caballococha), ecotipo 3 (Shica), ecotipo 4 (Mishquiyacu), ecotipo 5 (Cerro Alto), ecotipo 6 (Esperanza), ecotipo 7 (Sauce), ecotipo 9 (Tununtunumba) y ecotipo 18

(Palmira). Estos ecotipos fueron elegidos por su gran rendimiento en semilla, por la cantidad de producción al año, por la resistencia a enfermedades y plagas, y por su susceptibilidad al estrés hídrico.

Los ecotipos fueron seleccionados, sembrados, autofecundados y cultivados para obtener líneas mejoradas, las cuales fueron denominadas S1, S2 y S3. Todo esto se realizó como parte de un proyecto agronómico del sachainchi en las instalaciones del Centro de Investigación de Pucayacu del IIAP, filial Tarapoto.

Posteriormente fueron enviadas para su evaluación nutricional al Laboratorio de Sustancias Naturales Bioactivas del IIAP, Quistococha, filial Iquitos, donde fueron seleccionados, decapsulados, secados (60 °C por 8 horas) y almacenados (2 a 4 °C) antes de sus análisis respectivos.

Parte experimental

Para su evaluación nutricional los ecotipos fueron sometidos a análisis bromatológicos, caracterización de ácidos grasos e identificación de aminoácidos esenciales, para los cuales se usaron los siguientes métodos:

Análisis bromatológicos: i) determinación de humedad (método AOAC, modificado), ii) determinación de ceniza (método AOAC, modificado), iii) determinación de aceite (método Soxhlet), iv) determinación de proteínas totales (método semimicro Kjeldhal) y v) determinación de carbohidratos (método diferencial).

Caracterización de ácidos grasos: se realizó mediante cromatografía gaseosa (CG) y la purificación se hizo por la metodología planteada por Hartman y Lago (1973).

Identificación de aminoácidos esenciales: se realizó mediante cromatografía de capa fina (CCF) siguiendo las técnicas realizadas

por Novo et al. (2000).

Tratamiento de resultados

El tratamiento de los resultados obtenidos fue evaluado mediante un análisis de la varianza (Anova) utilizándose el programa estadístico JMP IN versión 4.0.4. Cuando se observó significancia en las medias de los ecotipos, se aplicó la prueba de comparación de promedios de Tukey ($\alpha = 0,05$), determinándose de esa manera las diferencias existentes entre los ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi) estudiados, de acuerdo al contenido de aceite, ácidos grasos y otros macronutrientes importantes.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Análisis bromatológicos

La tabla 1 muestra los resultados de los análisis bromatológicos realizados a los ocho ecotipos de las líneas mejoradas S1, S2 y S3 de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi). Los valores obtenidos de los análisis bromatológicos son representados en porcentajes (% peso). Los valores muestran que los porcentajes de humedad de los ocho ecotipos de las líneas mejoradas S1, S2 y S3 varían de 6,94% a 4,80%, siendo estos valores aceptables para almendras oleaginosas. Bernardini (1981), afirma que estos valores son importantes para la mayoría de las oleaginosas al momento de extraer aceite, ya que una humedad por encima de 9% representa disminución de la efectividad de la extracción debido a la formación de emulsiones entre el agua y la grasa, en la superficie de las partículas, con lo que se impide que el solvente extractor penetre las fibras de la almendra y solubilice al aceite. El contenido de ceniza de los ecotipos de las líneas mejoradas tienen valores entre 2,32% a 2,76%, estos valores son similares a lo reportado de 2,80% (García, 1992).

En cuanto al contenido de aceite, de los ocho ecotipos se encontró mayor porcentaje en el ecotipo 2 de la línea mejorada S1 con 14,91%, inferior en su estado silvestre que fue de 20,23%, 43,10% y 54,90% respectivamente (Merino, 2009; García, 1992; Pascual y Mejía, 2005). En cuanto a los contenidos de proteínas, los ocho ecotipos presentaron valores superiores a los reportados en su estado silvestre de 30,82% y 29% (Merino, 2009; Hazen y Stowesand, 1980), destacándose el ecotipo 3 de la línea mejorada S2 con 40,10%. Finalmente, en los carbohidratos se destaca el contenido encontrado por el ecotipo 6 de la línea mejorada S3 con 55,69%, superior a lo reportado en su estado silvestre de 43,10% (Merino, 2009).

Análisis de ácidos grasos

La tabla 2 muestra los resultados de los análisis de los ácidos grasos realizados a los ocho ecotipos de las líneas mejoradas S1, S2 y S3 de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi). Los ácidos grasos de mayor significancia porcentual en los ocho ecotipos fueron los ácidos grasos insaturados como es el caso del ácido linolénico donde el ecotipo 18 de la línea mejorada S3 se destacó con 48,78%, mejor a lo reportado en su estado silvestre de 47,91% (Merino, 2009). La presencia del ácido linoleico mostrado en los ocho ecotipos de las líneas mejoradas fueron superiores a sus pares silvestres (Merino, 2009), dentro de estos contenidos se puede destacar al ecotipo 6 de la línea mejorada S3 con un contenido de 43,44%.

La presencia del ácido oleico en los ocho ecotipos de la líneas mejoradas mostraron un descenso porcentual comparadas con sus pares silvestres (Merino, 2009); dentro de los ocho ecotipos destacan el ecotipo 5 de la línea mejorada S1 con 11,63% y el ecotipo 18 de la línea mejorada S1 con 11,60% de contenido de ácido oleico. Estos valores de

ácidos grasos insaturados de mayor contenido porcentual encontrados en los ocho ecotipos de las líneas mejoradas, corroboran los resultados encontrados por Pascual y Mejía (2005) donde indicó que el total de ácidos grasos saturados existentes en el aceite de *Plukenetia volubilis* L. asciende a sólo el 9,08%, el ácido palmítico es de un 5,6% y el total de ácidos grasos insaturados es de 90,34%, donde el ácido linolénico tiene un 43,75% y el ácido linoleico un 36,99%. También se pueden citar los resultados encontrados por Hazen y Stowesand (1980) donde reportó que el aceite de sachainchi tiene ácido oléico (9,6%), linoleico (36,8%) y linolénico (45,2%). Según Bailey (1961) el ácido linolénico se encuentra en cantidades variables en algunos de los aceites vegetales más insaturados, constituyendo muchas veces el 40% o más del total de ácidos grasos. Finalmente, Braverman (1997) menciona que la importancia de los ácidos grasos poliinsaturados se debe a que cumplen ciertas funciones fisiológicas importantes y que deben ser suministrados en los alimentos.

Análisis de aminoácidos

Los ocho ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi) mostraron presencia de aminoácidos esenciales en todas las líneas mejoradas como arginina, lisina, valina, treonina, metionina, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina y triptófano; estos resultados son respaldados por Manco (2006) y Chávez (1993), que dicen que la semilla de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi), además de tener un alto contenido de aceite de gran calidad, posee una alta concentración de proteína de calidad excepcional para la alimentación por su composición, rica y completa en aminoácidos esenciales y no esenciales y altamente digestibles (más del 96%). En su estado silvestre reportados por Merino (2009) muestran superioridad cualitativa de aminoácidos y no se encontró la presencia de lisina.

Tabla 1. Análisis bromatológico en la almendra (% peso) de ocho ecotipos de líneas mejoradas de sachainchi.

LÍNEA MEJORADA	% HUMEDAD	% CENIZA	ACEITE	% PROTEÍNA	% CARBOHIDRATOS
ECO 2					
S1	6,07 a ± 0,11	2,32 a ± 0,03	14,91 a ± 0,60	39,81 a ± 0,01	36,90 a ± 0,72
S2	4,80 b ± 0,07	2,36 a ± 0,03	6,69 b ± 0,49	38,33 b ± 0,25	47,82 b ± 0,55
S3	6,14 a ± 0,29	2,66 b ± 0,03	6,12 b ± 0,35	33,10 c ± 0,51	51,98 c ± 0,67
ECO 3					
S1	6,16 a ± 0,08	2,34 a ± 0,05	9,63 a ± 0,11	38,35 a ± 0,25	43,53 a ± 0,32
S2	5,83 b ± 0,03	2,60 b ± 0,05	5,78 b ± 0,56	40,10 b ± 0,25	45,69 b ± 0,55
S3	6,94 a ± 0,06	2,70 b ± 0,10	8,32 c ± 0,05	35,34 c ± 0,46	46,71 b ± 0,52
ECO 4					
S1	6,21 a ± 0,09	2,46 a ± 0,05	7,90 a ± 0,36	35,72 a ± 0,68	47,70 a ± 0,64
S2	5,67 b ± 0,13	2,50 a,b ± 0,01	6,12 b ± 0,17	37,47 b ± 0,66	48,24 a ± 0,97
S3	6,80 c ± 0,13	2,62 b ± 0,09	5,97 b ± 0,05	31,84 c ± 0,14	52,76 b ± 0,28
ECO 5					
S1	6,37 a ± 0,09	2,48 a ± 0,00	9,42 a ± 0,18	37,03 a ± 0,50	44,69 a ± 0,35
S2	5,38 b ± 0,02	2,53 a ± 0,01	9,43 a ± 0,21	33,68 b ± 0,01	48,98 b ± 0,22
S3	6,15 c ± 0,04	2,51 a ± 0,05	5,99 b ± 0,59	30,75 c ± 0,26	54,60 c ± 0,67
ECO 6					
S1	8,48 a ± 0,23	2,39 a ± 0,04	8,06 a ± 0,89	34,55 a ± 0,01	46,52 a ± 1,00
S2	6,40 b ± 0,05	2,43 a ± 0,02	8,25 a ± 0,02	37,33 b ± 0,25	45,59 a ± 0,26
S3	6,06 b ± 0,05	2,76 b ± 0,03	6,26 b ± 0,12	29,22 c ± 0,69	55,69 b ± 0,66
ECO 7					
S1	6,55 a ± 0,07	2,35 a ± 0,07	6,16 a ± 0,65	36,46 a ± 0,25	48,49 a ± 0,46
S2	5,65 b ± 0,01	2,45 a ± 0,07	8,45 b ± 0,03	35,00 b ± 0,47	48,46 a ± 0,47
S3	6,62 a ± 0,15	2,62 b ± 0,00	6,06 a ± 0,31	33,51 c ± 0,26	51,19 b ± 0,59
ECO 9					
S1	5,97 a ± 0,08	2,44 a ± 0,02	6,80 a ± 0,31	37,48 a ± 0,67	47,31 a ± 0,61
S2	6,26 b ± 0,03	2,45 a ± 0,03	8,97 b ± 0,32	32,65 b ± 0,25	49,68 b ± 0,17
S3	6,78 c ± 0,10	2,70 b ± 0,01	5,48 c ± 0,07	30,10 c ± 0,12	54,94 c ± 0,24
ECO 18					
S1	5,14 a ± 0,04	2,69 a ± 0,03	6,61 a ± 0,70	32,15 a ± 0,65	53,40 a ± 1,18
S2	5,39 b ± 0,01	2,47 b ± 0,03	5,77 a ± 0,20	32,67 a ± 0,25	53,70 a ± 0,28
S3	5,54 c ± 0,07	2,52 b ± 0,02	5,65 a ± 0,07	32,22 a ± 0,45	54,07 a ± 0,38

Los valores presentados son los promedios ± DE (n = 3). DE: desviación estándar.
 Letras diferentes en un mismo ecotipo representan diferencias estadísticamente significativas, p < 0,05 entre sus líneas mejoradas.

Tabla 2. Análisis de ácidos grasos del aceite (% peso) de ocho ecotipos de líneas mejoradas de sachainchi.

LÍNEA MEJORADA	% ÁC. PALMÍTICO	% ÁC. ESTEÁRICO	% ÁC. OLEICO	% ÁC. LINOLEICO	% ÁC. LINOLÉNICO	
ECO 2	S1	4,73 ^a ± 0,05	295 ^a ± 0,05	8,57 ^a ± 0,02	36,04 ^a ± 0,03	47,71 ^a ± 0,01
	S2	4,66 ^a ± 0,04	309 ^b ± 0,05	9,49 ^b ± 0,05	39,74 ^b ± 0,08	43,02 ^b ± 0,08
	S3	4,63 ^a ± 0,05	335 ^c ± 0,01	10,58 ^c ± 0,03	37,98 ^c ± 0,05	43,46 ^c ± 0,07
ECO 3	S1	4,88 ^a ± 0,06	315 ^a ± 0,01	9,61 ^a ± 0,01	40,56 ^a ± 0,03	41,80 ^a ± 0,09
	S2	4,56 ^b ± 0,05	266 ^b ± 0,08	9,07 ^b ± 0,02	40,76 ^b ± 0,13	42,94 ^b ± 0,07
	S3	4,25 ^c ± 0,02	323 ^a ± 0,01	9,56 ^c ± 0,01	41,19 ^c ± 0,03	41,78 ^c ± 0,03
ECO 4	S1	4,91 ^a ± 0,04	352 ^a ± 0,06	10,85 ^a ± 0,01	43,01 ^a ± 0,12	37,71 ^a ± 0,03
	S2	4,78 ^a ± 0,20	305 ^b ± 0,06	9,30 ^b ± 0,03	41,23 ^b ± 0,12	41,63 ^b ± 0,11
	S3	4,62 ^a ± 0,04	336 ^c ± 0,03	10,59 ^c ± 0,03	39,50 ^c ± 0,03	41,94 ^c ± 0,07
ECO 5	S1	4,29 ^a ± 0,02	289 ^a ± 0,03	11,63 ^a ± 0,03	40,25 ^a ± 0,02	40,94 ^a ± 0,05
	S2	4,56 ^b ± 0,15	281 ^a ± 0,12	9,61 ^b ± 0,02	40,41 ^b ± 0,08	42,61 ^b ± 0,08
	S3	4,23 ^a ± 0,01	295 ^a ± 0,01	9,32 ^c ± 0,01	41,09 ^c ± 0,02	42,41 ^c ± 0,01
ECO 6	S1	5,03 ^a ± 0,04	311 ^a ± 0,06	10,39 ^a ± 0,02	42,79 ^a ± 0,13	38,68 ^a ± 0,09
	S2	4,56 ^a ± 0,43	295 ^b ± 0,04	8,96 ^b ± 0,10	39,20 ^b ± 0,03	44,33 ^b ± 0,49
	S3	4,64 ^a ± 0,05	346 ^c ± 0,06	10,54 ^c ± 0,04	43,44 ^c ± 0,07	37,92 ^c ± 0,09
ECO 7	S1	5,05 ^a ± 0,19	294 ^a ± 0,07	9,06 ^a ± 0,06	41,81 ^a ± 0,25	41,15 ^a ± 0,07
	S2	4,65 ^b ± 0,13	327 ^a ± 0,57	9,64 ^b ± 0,07	37,26 ^b ± 0,10	45,18 ^b ± 0,66
	S3	4,62 ^b ± 0,02	293 ^a ± 0,01	9,92 ^c ± 0,01	37,95 ^c ± 0,04	44,58 ^b ± 0,01
ECO 9	S1	5,40 ^a ± 0,20	280 ^a ± 0,03	9,21 ^a ± 0,03	42,96 ^a ± 0,06	39,62 ^a ± 0,23
	S2	4,95 ^b ± 0,10	289 ^b ± 0,00	9,05 ^b ± 0,02	39,93 ^b ± 0,02	43,17 ^b ± 0,08
	S3	5,02 ^b ± 0,01	299 ^c ± 0,01	9,47 ^c ± 0,03	42,67 ^c ± 0,15	39,87 ^a ± 0,11
ECO 18	S1	4,79 ^a ± 0,02	282 ^a ± 0,01	11,60 ^a ± 0,03	36,08 ^a ± 0,03	44,71 ^a ± 0,07
	S2	4,87 ^a ± 0,07	260 ^b ± 0,02	9,14 ^b ± 0,02	36,26 ^b ± 0,07	47,13 ^b ± 0,07
	S3	4,54 ^b ± 0,03	258 ^b ± 0,01	9,24 ^c ± 0,01	34,87 ^c ± 0,00	48,78 ^c ± 0,04

Los valores presentados son los promedios ± DE (n = 3). DE: desviación estándar. Letras diferentes en un mismo ecotipo representan diferencias estadísticamente significativas, p < 0,05 entre sus líneas mejoradas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bailey L. 1961. Aceites y grasas industriales. Editorial Reverté. Barcelona. Pp. 122-153.
- Bernardini E. 1981. Tecnología de aceites y grasa. Editorial Alhambra S.A. Madrid. Pp. 234-239.
- Brack A. 1999. *Plukenetia volubilis* L. Diccionario Enciclopédico de Plantas Útiles del Perú. PNUD. Cusco, Perú. 550 pp.
- Braverman E. 1997. The healing nutrients within. New Canaan, CT: Keats Publishing, Inc.
- Cachique D, Vásquez G. 2008. Avance en obtención de líneas autofecundadas de ecotipos promisorios de *Plukenetia volubilis* L. en San Martín. Artículo técnico PET-IIAP. (2007 - 2008).
- Chávez JL. 1993. Mejoramiento de plantas. Editorial Trillas. 2da. edición. México D.F.
- García H. 1992. Resumen de investigaciones apoyadas por Fundeagro 1988-1992. Tomo I. Proyecto de transformación de la tecnología agropecuaria. TTA. Lima. Pp. 61-63.
- Hartman L, Lago RCA. 1973. Rapid Preparation of Fatty Acid Methyl Esters From Lipids. Lab. Pract. 22. 475-477. 1. 583 pp.
- Hazen y Stowesand. 1980. Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de sachainchi. Universidad de Cornell. USA.
- Manco C. 2006. Informes de resultados de investigación. Programa Nacional de INIEA - SUDIRGEB - EEA. "EL PORVENIR", Cultivo de sachainchi, junio 2006.
- McBride JF. 1951. Euphorbiaceae. In Flora of Peru. Botanical series vol. 13, part. IIIA, n.º 1. Field Museum of Natural History. Pp. 115-118.
- Merino Z. 2009. Caracterización de ácidos grasos y aminoácidos de diez ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. (sachainchi) de los departamentos de Loreto, San Martín y Amazonas. IIAP-INCAGRO.
- Novo Jorrín JV, Abril Díaz MN, Bárcena Ruiz JA. 2000. Separación de aminoácidos por cromatografía en capa fina y detección mediante reacción con ninhidrina. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Córdoba, Colombia.
- Official Methods of Analysis of AOAC International. 2005. 18º edition. USA.
- Pascual CG, Mejía LM. 2005. Extracción y caracterización de aceite de sachainchi. Anales Científicos UNALM. La Molina, Lima, Perú. Vol. 42, enero-marzo: 144 – 158.
- Poehlman JM. 1992. Mejoramiento genético o de las cosechas. Limusa. 11va. ed. México. Pp. 72-79.
- Reyes P. 1985. Fitogenotecnia básica y aplicada 1. Ed: A.G.T. Editor. México. 460 pp.
- Valles R. 1995. Investigador agrario. Profesor asociado de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto (UNSM). Investigador de *Plukenetia*. Entrevista personal.