

Evaluación agronómica de dos ecotipos introducidos de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en tres periodos de trasplante en Sapecho (La Paz)

Lizeth Canaviri; Ramiro Mendoza; Fernando Manzaneda

Estación Experimental de Sapecho, Facultad de Agronomía
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz

E mail: fmanzanedad@yahoo.es

Resumen. El trabajo se realizó en la gestión agrícola 2011 en la Estación Experimental de Sapecho, ubicada en la región del Alto Beni, provincia Sud Yungas de La Paz, a una altitud de 450 msnm. Se estableció como objetivo general, la evaluación agronómica de dos ecotipos de *Plukenetia volubilis* L (sachá inchi) en tres periodos de trasplante (diciembre, febrero y marzo). Se evaluó una serie de variables de respuesta agronómicas a lo largo del periodo vegetativo y reproductivo del cultivo. La madurez de cosecha se dio a los 207 a 240 días después del trasplante. La floración y consecuente formación de frutos, se inició a cuatro meses después de la plantación. Los frutos de la planta del Sachá Inchi son cápsulas que consisten de cuatro (hasta siete) óvulos que contienen semillas ricas en Omega 3, 6 y 9, de gran valor en la alimentación humana. Para la variable del rendimiento se obtuvo 15.1 kg en el Ecotipo Pinto Recodo en un área de 1026 m², que equivale a 0.15 t/ha. Para la misma área, para el Ecotipo Intervarietal, fue de 8.24 kg, que equivale a 0.080 t/ha. El análisis del aceite de las semillas de los dos ecotipos de sachá inchi, determinó una calidad ideal de este derivado de un arbusto nativo de la Amazonía, como es el sachá inchi, lo cual sienta bases para promover su cultivo e industrialización en la zona.

Palabras clave: Productividad; Maní de los Incas; Fenología; Omega 3.

Summary: Agricultural evaluation of two introduced sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) ecotypes, in three transplanting periods in Sapecho (La Paz). In the 2011 agriculture management, the work was carried out in the Sapecho Experimental Station, located in the Alto Beni region, Sud Yungas province of La Paz, at an altitude of 450 meters above sea level. The general objective was the agronomic evaluation of two ecotypes of *Plukenetia volubilis* L (sachá inchi) in three transplant periods (December, February and March). A variable series of agronomic responses were evaluated throughout the vegetative and reproductive period of the crop. Harvest maturity occurred at 207 to 240 days after the transplanting. Flowering and consequently, the fruits formation began four months after planting. The fruits of the Sachá Inchi plant are capsules consisting in four (up to seven) ovules containing seeds rich in Omega 3, 6 and 9, of great value in human nutrition. For yield variable, 15.1 kg were obtained in the Pinto Recodo ecotype, in an area of 1026 m², equivalent to 0.15 t/ha. For the same area, in the Intervarietal ecotype it was 8.24 kg, equivalent to 0.080 t/ha. The analysis of the seeds oil of the two Sachá Inchi ecotypes, determined an ideal quality of this derivative from an Amazon native shrub, as it is Sachá Inchi, which provides a basis for promoting its crop and industrialization in the area.

Keywords: Productivity; Peanut of the Incas; Phenology; Omega 3.

Introducción

El sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) o maní de los Incas, es un arbusto trepador o rastrero silvestre y cultivado, que se encuentra en los bordes de bosques secundarios, en cañaverales, sobre cercos vivos, como malezas en platanales y cultivos perennes. Fue cultivado también en la Costa Peruana en la época prehispánica y se han encontrado semillas y representaciones en cerámicas (Brack 1999).

El sacha inchi es una planta perenne que crece en forma silvestre en la Amazonía. Es cultivada en altitudes que van entre los 80 a 1500 metros sobre el nivel del mar y a una temperatura óptima de 32°C.

Su alto contenido de grasas insaturadas y de bajo colesterol, hacen que sea saludable para el consumo humano; su semilla contiene alto contenido proteico de aceites Omega 3, 6 y 9, los cuales ayudan a retardar el envejecimiento de tejidos del organismo humano (CIED 2007).

El sacha inchi puede crecer hasta una altura de dos metros. Las hojas tienen una longitud de 10 a 12 cm y una anchura de 8 a 10 cm. Florece cinco meses después de su plantación. Los frutos de la planta son cápsulas que consisten de cuatro (hasta siete) óvulos que contienen las semillas.

Los frutos son verdes y cuando maduran se tornan marrones a negruzcos. Las semillas son de 1.5 a 2 cm de diámetro, tienen forma oval y un color marrón oscuro (PROFOUND 2008).

En la actualidad, en Bolivia, la producción de sacha inchi no cuenta con ninguna asistencia técnica ya que en la Amazonía de Bolivia se encuentra como una planta nativa. En diversos sectores de los Yungas del departamento de La Paz se presentan problemas en el tipo de producción agropecuaria, el motivo es la producción del monocultivo y los productores pasan desapercibidos, ocasionando la inseguridad alimentaria de las familias yungueñas.



Figura 1. Izquierda: Desarrollo de plantas de sacha inchi en la parcela de trabajo en Sapecho; derecha: frutos de sacha inchi en planta en la parcela de Sapecho

Con el presente trabajo se pretende generar bases para incorporar productos alternativos a la producción del mono cultivo y así reducir el deterioro y erosión de los suelos en la zona yungueña en general. Además, se planteó como propósito central del trabajo, generar información técnica para los agricultores de la región, como una alternativa de generar recursos económicos en mercados nacionales e internacionales.

Uno de los derivados más importantes de esta especie es el aceite, un producto excelente, pero con un mercado por desarrollar. Investigaciones realizadas con aceites omegas y vitamina E, indican la importancia nutricional y terapéutica de su consumo para el control de radicales libres y una serie de enfermedades que éstos originan en el organismo humano.

Por sus características nutricionales, el aceite de sacha inchi tiene un enorme potencial entre los consumidores, por lo cual es necesario invertir tiempo y esfuerzo para desarrollar este mercado.

El objetivo general del trabajo fue evaluar el comportamiento agronómico de dos ecotipos introducidos de sacha inchi, en tres periodos de trasplante con espaldera en la estación experimental de Sapecho, en el departamento de La Paz.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en la Estación Experimental de Sapecho (dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), ubicada en la región del Alto Beni, en la localidad de Sapecho de la provincia Sur Yungas del departamento de La Paz, distante a 270 km de la ciudad de La Paz. Geográficamente, la Estación está localizada a 15°33'56'' de latitud

Sur y 67°19'30'' de longitud Oeste, a una altitud aproximada de 450 msnm (CUMAT / COTESU 1985).

El clima en el Alto Beni es cálido húmedo, con amplias variaciones estacionales. La temperatura media anual es de 26°C, con valores mínimos de 16°C y máximos de 36°C. La precipitación promedio es de 1193 mm, con valores mínimos de 16.3 mm en agosto y máximos de 2116 mm en enero. El periodo lluvioso en la región ocurre entre los meses de diciembre a marzo y el periodo seco se presenta en los meses de julio y agosto (SENAMHI 2004, citado por Miranda 2005). La humedad relativa promedio es de 84.9% con una mínima de 79.7% en septiembre y máxima de 89.3% en mayo.

Los suelos de la región presentan características aceptables de fertilidad para uso agrícola extensivo. Sin embargo, son suelos muy delicados y susceptibles a una rápida erosión, a causa de las excesivas pendientes que presenta su topografía y por la capa muy delgada de tierra fértil que tiene (CUMAT / COTESU 1985).

Se trabajó en base a dos factores en estudio:

Factor A: Ecotipos de sacha inchi:

- a1) Intervarietal
- a2) Pinto Recodo

Factor B: Épocas de plantación:

- b1) Época 1: Trasplante en diciembre
- b2) Época 2: Trasplante en febrero
- b3) Época 3: Trasplante en marzo

Variables de respuesta. Las principales variables de respuesta evaluadas para el presente trabajo de investigación fueron las siguientes:

- ✓ Inicio de la emisión de guías
- ✓ Periodo de floración
- ✓ Periodo a la fructificación
- ✓ Días a la cosecha
- ✓ Longitud de la planta
- ✓ Diámetro del tallo principal
- ✓ Número de racimos/planta a 60 cm
- ✓ Peso del fruto por planta
- ✓ Diámetro y ancho del fruto
- ✓ Peso de semilla con y sin cáscara
- ✓ Tamaño de la semilla
- ✓ Número de ramas por planta
- ✓ Rendimiento en grano
- ✓ Análisis bromatológico del aceite extraído del grano cosechado

Estadísticamente, los datos de las principales variables de respuesta, se evaluaron a través de análisis multivariado mediante dos análisis numéricos:

Análisis de Componentes Principales y Factorial Común. Los datos se tabularon en forma de matriz. Cada elemento de esta matriz representa las correlaciones entre las variables y los componentes principales. La matriz se la estructuró con tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables (Hair *et al.* 1999).

Análisis de Biplot. Un Biplot es una representación gráfica de datos multivariantes. De la misma manera que un diagrama de dispersión, muestra la distribución conjunta de dos variables, un Biplot representa tres o más variables. El Biplot aproxima la distribución de una muestra multivariante en un espacio de dimensión reducida, normalmente de dimensión dos, y superpone sobre las mismas representaciones de las variables sobre las que se mide la muestra. Las representaciones de las variables son normalmente vectores, y coinciden con las direcciones en las que mejor se muestra el cambio individual de cada variable (Gabriel 1971).

La cosecha de los frutos se realizó aproximadamente a los 7 a 9 meses después del trasplante definitivo a la parcela, respectivamente en el lapso de estos meses la cosecha se realizó de los dos ecotipos, la primera cosecha se realizó del ecotipo Pinto Recodo a los 7 meses y en el ecotipo Intervarietal la primera cosecha se realizó a los 8 meses.

La última cosecha de los dos ecotipos terminó a los 9 meses. La cosecha fue en forma manual y se tomó dos parámetros de referencia para la recolección:

- El color café del fruto
- El color verde oscuro del fruto para luego ser secado

El color café oscuro del fruto (Figura 2) es muy importante para poder tener la semilla o la almendra, en esta etapa, como señala Benavides y Morales (1994), es el estado de los frutos el que indica que se debe recolectarlos para posteriormente ser descascarados.



Figura 2. Izquierda: Fruto de sachá inchi de cosecha directa en Sapecho; derecha: granos sin cáscara de la parcela de estudio para la extracción de aceite

Resultados y discusión

El Cuadro 1 detalla los valores promedio de todas las variables de respuesta evaluadas en el ensayo.

Análisis estadístico de Componentes Principales. Para el estudio del análisis de componentes principales se consideró el promedio de los resultados de las variables, como ser: número de flores femeninas a los 60 cm, número de flores femeninas a 1 m, número de racimos a 60 cm, número de racimos a 1 m, diámetro del tallo principal (cm), diámetro de las ramas a 60 cm, diámetro de rama a 1 m, peso del fruto (g), diámetro y ancho del fruto (cm), peso de la semilla con / sin cáscara (g), diámetro y ancho del grano (cm), longitud de planta (cm) y el rendimiento por frutos y granos por planta (kg/planta).

La Figura 3 muestra la gráfica resultante del análisis indicado. El análisis de Componentes Principales se realizó de manera que las variables de respuesta se agrupen con un grado de importancia, formando una matriz, donde la primera y segunda matriz llegue a expresar al total de correlaciones entre las variables en la matriz, por tener el 4% y 6% de la varianza de

confiabilidad. De este modo, también se determinó la importancia en los vectores de cada variable de respuesta, según los dos ecotipos en cada época de trasplante en el análisis de Biplot. De tal manera las correlaciones entre las variables expresaron un 85% del total de las plantas en estudio con relación a su comportamiento con cada ecotipo en cada matriz, entonces las dos primeras matrices muestran claramente como las variables de respuesta se agrupan en relación a los componentes principales, y por tanto a la productividad del cultivo de sachá inchi.

Análisis de Biplot. Este análisis generó una representación gráfica (Figura 4) de datos multivalentes. Por tanto los resultados mostraron un diagrama de dispersión con una distribución con todas las variables de respuesta, con respecto a los dos ecotipos en estudio, tal como se muestra en el diagrama de las variables según a su importancia con cada ecotipo. Efectivamente, en el diagrama se observa claramente que las variables de respuesta formaron dos grupos, el primer grupo formó una distribución con las variables diámetro de la rama a los 60 cm, peso del fruto, número de racimos a 1 m, número de flores femeninas a 1 m, número de flores femeninas a 60 cm, diámetro de la rama a 1 m y el peso en kg/planta.

Cuadro 1. Estadísticos básicos de tendencia central y de dispersión y para las principales variables de respuesta fenotípicas y agronómicas de dos ecotipos de sachá inchi en tres épocas de plantación en Sapecho

| Variables de respuesta | Válidos | Perdidos | Media | Desviación típica | Asimetría | Curtosis | Mínimo | Máximo |
|---|----------------|-----------------|--------------|--------------------------|------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Nro. de flores femeninas (60 cm) | 31 | 65 | 17 | 7.12 | -0.13 | -0.83 | 2 | 28 |
| Nro. de flores femeninas (1 m) | 64 | 32 | 50 | 40.31 | 1.73 | 2.66 | 11 | 83 |
| Nro. de racimos (60 cm) | 38 | 58 | 22 | 10.6 | 1.32 | 1.31 | 6 | 53 |
| Nro. de racimos (1 m) | 64 | 32 | 183 | 86.7 | 2.03 | 3.74 | 13 | 386 |
| Diámetro del tallo principal | 93 | 3 | 2.17 | 0.33 | 1.08 | 0.17 | 1.85 | 2.7 |
| Diámetro del tallo principal (60 cm) | 93 | 3 | 0.45 | 0.37 | 0.71 | -0.16 | 0.41 | 1.5 |
| Diámetro del tallo principal (1 m) | 93 | 3 | 1.36 | 0.23 | 0.2 | -0.89 | 0.9 | 1.8 |
| Peso del fruto (g) | 54 | 42 | 13 | 0.24 | 0.52 | -0.58 | 6 | 18 |
| Diámetro del fruto (cm) | 54 | 42 | 3.43 | 0.27 | -0 | -0.3 | 3 | 4 |
| Ancho del fruto (cm) | 54 | 42 | 2.36 | 0.134 | -0.33 | 2.14 | 2 | 3 |
| Peso de la semilla con cáscara (g) | 38 | 58 | 2.6 | 0.35 | 0.46 | 0.13 | 2 | 3 |
| Diámetro de la semilla (cm) | 53 | 43 | 1.58 | 0.21 | 0.44 | -0.42 | 1.1 | 2.06 |
| Ancho de la semilla (cm) | 54 | 42 | 0.97 | 0.23 | 1 | 0.19 | 1 | 2 |
| Peso de la semilla sin cáscara (g) | 55 | 41 | 1.22 | 0.18 | 0.063 | 0.081 | 1 | 2 |
| Longitud de planta (cm) | 96 | 0 | 3.14 | 0.71 | -0.7 | 1.7 | 1 | 5 |
| Peso planta (kg) | 55 | 41 | 0.3 | 0.12 | 0.89 | 0.66 | 0.035 | 0.565 |

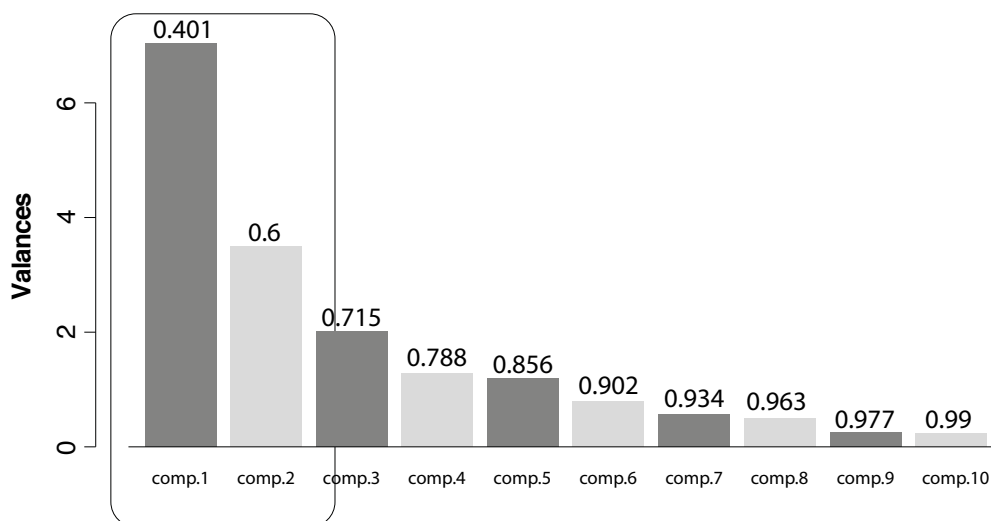


Figura 3. Análisis estadísticos de Componentes Principales para la evaluación de dos ecotipos de sachá inchi en tres épocas de plantación en Sapecho

En el segundo grupo (Figura 4) se observó una distribución con las siguientes variables de respuesta: ancho y diámetro del fruto, diámetro del tallo principal, diámetro de la semilla, ancho de la semilla, peso de la semilla con y sin cáscara.

El diagrama de dispersión mostró que las mejores plantas en estudio, según cada época de trasplante, formaron vectores que coinciden con las direcciones en las que mejor se muestra el cambio individual de cada variable, con respecto a los dos grupos.

En las plantas del ecotipo Pinto Recodo, para la época 1 de trasplante (diciembre), se tuvo una relación con el diagrama de dispersión con respecto a las variables de respuesta con el grupo 1 mayor, con un desarrollo favorable para el cultivo en el diámetro de la rama a 60 cm, peso del fruto, número de racimos a 1 m, número de flores femeninas a 1 m, número de flores femeninas a 60 cm, diámetro de la rama a 1 m y peso en kg/planta.

Se observó una alta relación entre el rendimiento del ecotipo Intervarietal con relación al diagrama de dispersión con a la época 1 de trasplante (diciembre).

Con respecto a la representación de la gráfica del grupo 2, se observa una distribución con las variables de respuesta en la época 2 (febrero) de trasplante. En la época 3 (marzo) de trasplante, las plantas en estudio de los dos ecotipos tuvieron una similitud con los dos grupos del diagrama de dispersión, en un nivel más bajo del rendimiento por la adaptabilidad de la planta con las variables de respuesta.

El análisis de aceite de sachá inchi extraído del grano cosechado en Alto Beni, se muestra en el Cuadro 2, reflejando contenidos de excelencia para este producto. De igual manera, el Cuadro 3 muestra el análisis del aceite y torta de una muestra conjunta de grano de sachá inchi cosechado entre mayo de 2012 a abril de 2013, en el trópico de Cochabamba (Meneses *et al.* 2013).

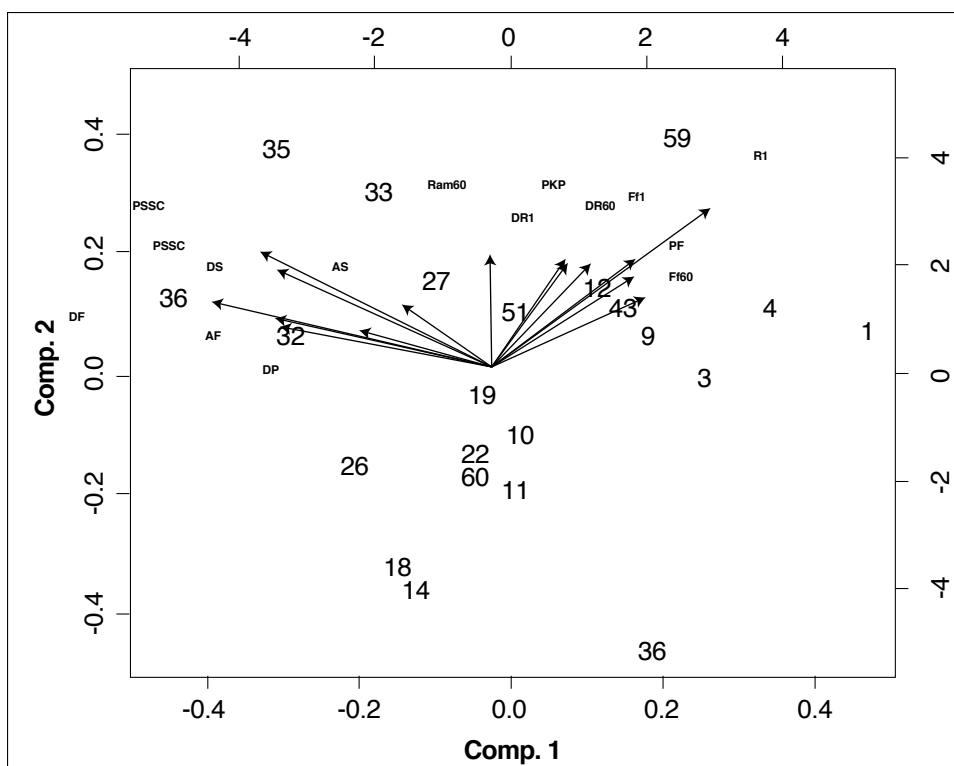


Figura 4. Diagrama de dispersión en relación a la distribución de las variables de respuesta explicada en la ubicación de cada vector

Cuadro 2. Análisis bromatológico comparativo entre el aceite de sachu inchi obtenido en Bolivia, con el de Perú y con otros aceites de uso generalizado en la dieta humana

| Nutriente | Aceite de sachu inchi | | Aceite de soja | Aceite de girasol | Aceite de algodón | Aceite de oliva |
|------------------------|-----------------------|---------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | En Bolivia | En Perú | | | | |
| Proteínas | 29.0 | 29.0 | 28 | 24 | 32.9 | s/d |
| Aceites totales | 48.6 | 54.0 | 19 | 48 | 16 | s/d |
| Palmítico saturado | s/d | 3.85 | 10.5 | 7.5 | 18.4 | 13 |
| Estéarico saturado | s/d | 2.54 | 3.2 | 5.3 | 2.4 | 3 |
| Oleico mono-insaturado | 7.16 | 8.28 | 22.3 | 22.3 | 18.7 | 71 |
| Linoleico | 33.96 | 36.80 | s/d | s/d | s/d | s/d |
| Lilolénico | 47.4 | 46.8 | 54.5 | 57.8 | 57.7 | 10 |

Fuente: Hazen & Stovesand 1980 – Agroindustrias Amazónicas, 2001.

Cuadro 3. Análisis de aceite y torta de sachá inchi (en base seca), a partir de grano cosechado en el trópico de Cochabamba (Valle del Sacta)

| Parámetro | Unidad | Aceite | Torta | Método de análisis |
|--------------------|--------|---------|--------|---------------------------------------|
| Cenizas | % | 0.002 | 9.14 | NMX-F-066-S-1078 |
| Proteínas | mg/l | 16.44 | 14.06 | NMX-F-068-S-1078 |
| Aceites y grasas | % | 9.970 | 33.89 | NB-34028 |
| Coliformes totales | UFC/ml | > 1000 | > 1000 | NMX-AA-42-1987 |
| Hongos | UFC/ml | > 1000 | > 1000 | NMX-AA-42-1987 |
| Humedad | % | 6.05 | 6.05 | NB-745 |
| Poder calorífico | Cal/g | 8093.33 | 2209.5 | <i>Calorimetric Pump Julius Peter</i> |

Adaptado de: Universidad Mayor de San Andrés. Instituto de Investigación y Desarrollo de Procesos Químicos (IIDEPROQ) (Fuente: Meneses *et al.* 2012).

Según Hazen y Stovesand (1980), el sachá inchi es la mejor fuente vegetal de Omega 3, un ácido graso esencial para la vida del ser humano. Contiene un adecuado balance de los aceites Omega 3 (48%), Omega 6 (35%) y Omega 9 (9%), teniendo el más alto contenido de aceites grasos insaturados, a comparación con otras oleaginosas como ser soya, maíz, entre otras.

Los aceites Omega 6 y Omega 9, se encuentran fácilmente en los alimentos que consumimos diariamente; mientras que el Omega 3 es muy escaso en la naturaleza y es indispensable para el buen funcionamiento de nuestro organismo.

Conclusiones

- En cuanto al rendimiento de ambos ecotipos, cabe mencionar que el dato mínimo fue de 0.038 y un máximo de 0.565 kg/planta y un rendimiento general de 0.15 t/ha.
- Con respecto al periodo de trasplante, se observó mayor adaptabilidad en la época 1 y 2 (diciembre y febrero) en el ecotipo "Pinto Recodo". En la época 1 y 3 se adaptó de mejor manera el ecotipo "Inter varietal" (diciembre y marzo).
- Para la floración se determinó que el mayor número de flores femeninas y flores masculinas, se da cuando existe mayor luz o horas luz en la parcela ya que de esta manera la planta asimila mejor la luz solar.
- Los resultados obtenidos en la extracción del aceite esencial, mostraron que la calidad es óptima en aceites de importancia (Omega 3, 6 y 9) y se aproximan mucho a los resultados obtenidos en investigaciones hechas en Perú.
- En el Análisis Biplot, se observó que se formaron dos grupos, los cuales se encuentran muy relacionados entre sí a las variables de respuesta para determinar la productividad y rendimiento de las plantas, según las épocas de trasplante de los dos ecotipos introducidos de sachá inchi.

- Se recomienda realizar estudios para época de trasplante de marzo, en especial con el ecotipo Intervarietal, ya que este fue uno de los factores que mayormente incidió en la producción de este ecotipo.
- Se recomienda realizar un análisis económico que contemple un mínimo de dos años de producción para determinar una relación Beneficio/Costo real, a fin de ver el potencial de esta especie nueva en la zona, y que podría proyectarse como una opción que apoye el desarrollo y la diversificación de cultivos en los Yungas paceños.

Referencias citadas

- Benavides J., Morales J. 1994. Caracterización del aceite y proteína del cultivo de sacha inchi o maní del monte (*Plukenetia volubilis* L.) como alternativa para la alimentación humana y animal.
- Brack A. 1999. Tratamiento de semillas y multiplicación de tipo faerhamnoides con fines de propagación en Bolivia. Fase I. Revista Jiltañani. N°3. La Paz, Bolivia. pp. 3-11.
- CIED. 2007. Protocolo del cultivo del sacha inchi. La Merced, Perú. pp. 14-17, 33-35.
- CUMAT/COTESU. 1985. Capacidad de uso mayor de la tierra. Proyecto Alto Beni. Informe técnico. La Paz, Bolivia. 146 p.
- Gabriel. 1971 Podas de árboles frutales. Limusa. México. 122 p.
- Hair J., Anderzon R., Tatahan R., Black W. 1999. Análisis multivariado de varianzas. España. pp. 14-18.
- Hazen, S. 1980. Resultados de análisis del aceite y proteína del cultivo de sacha inchi. Universidad de Cornell. USA.
- Meneses R., Gutiérrez F., Delgadillo J. 2013. El Proyecto *Análisis de la Producción Agrícola del Sacha Inchi en el Trópico de Cochabamba*. En: Revista de Agricultura Nro. 52. FCAyP-UMSS, CIF, PROINPA. Cochabamba, Bolivia. pp. 3-12.
- Miranda C. 2005. Evaluación del comportamiento agronómico de las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) injertadas y establecidas por la cooperativa "El Ceibo" en Alto Beni. Tesis Ing. Agronómica. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.
- PROFOUND. 2008. Producción de semillas anuales. Mundi-Prensa Madrid, España. 278 p.
- SENAMHI. 2005. Datos climáticos de Alto Beni, región Sapecho.

Trabajo recibido el 11 de enero de 2017 - Trabajo aceptado el 8 de septiembre de 2018