

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE DOS ECOTIPOS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L)
EN ETAPA DE VIVERO BAJO TRES SUSTRATOS, CON FINES DE
INTRODUCCIÓN EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO,
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

DAVID VILLCA LEQUEPI

LA PAZ – BOLIVIA

2012

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

**EVALUACIÓN DE DOS ECOTIPOS DE SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L)
EN ETAPA DE VIVERO BAJO TRES SUSTRATOS, CON FINES DE
INTRODUCCIÓN EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO,
DEPARTAMENTO DE LA PAZ**

Tesis de grado presentado
Como requisito para optar al
Titulo de Ingeniero Agrónomo

DAVID VILLCA LEQUEPI

Asesor:

Ing. M.Sc. Hugo Daniel Bosque Sánchez

Tribunal revisor:

Ing. Luis Fernando Machicao Terrazas

Ing. Félix Fernando Manzaneda Delgado

Ing. Casto Maldonado Fuentes

APROBADA

Presidente Tribunal Revisor

La Paz – Bolivia

2012

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza para llegar hasta aquí y las razones de mi vida: a mi Mama Juana y a mi Papa Humberto quienes me enseñaron el valor del trabajo y a la vez la dedicación al estudio, a mis hermanas: Carolina, Roxana, Verónica y a mi sobrinito Gabriel, a mis hermanitos: Gonzalo y Rubén y a Karen el amor de mi vida, por el apoyo incondicional que me brindo durante el curso de mi tesis.

AGRADECIMIENTOS

A mi abuelo Juan Roque y tío Hugo (QEPD), a mi abuela Francisca, a mis Tíos y mis Tías, en especial a mi tía Aguelina, a mis primas y primos y a mis cuñados: Gonzalo y Martin por su apoyo sincero.

A mi asesor Ing. M.Sc. Hugo Bosque por su apoyo durante el desarrollo del trabajo de investigación, quien compartió su conocimiento de forma desinteresada.

A mis revisores Ing. Fernando Manzaneda Delgado, Ing. Luis Machicao Terrazas e Ing. Casto Maldonado Fuentes por el aporte de sus conocimientos, transmitiendo sus experiencias y enriqueciendo el aprendizaje de los estudiantes y principalmente el mío.

Al personal de apoyo de la Estación Experimental de Sapecho: Don Julio, Benito, Lipacho, Freddy, Irineo, Agustín, Don Willy y Elizabet por todo el apoyo durante mi permanencia en la E.E.S. y por compartir sus experiencias de campo.

A mis amigos (as): Ximena Luna, Emma Huanca, Gonzalo Choque, Pamela Paucara, Víctor Flores, Reynaldo, Medellín, Ronald, Teddy, Pascual, Willy, Waldir por su apoyo incondicional y su amistad sincera.

Al Ing. Alcibíades Sánchez de la república del Perú por sus recomendaciones sobre el manejo del cultivo y por haberme proporcionado la semilla.

A Juan Ramón Huayhua por brindarme todo el apoyo moral para seguir con este emprendimiento.

Al personal del Herbario Nacional, la biblioteca de Ingeniería Agronómica, al igual que a la biblioteca de Biología por brindarme información.

Al Ing. Niel Quiroz e Ing. Erika Mamani por su apoyo durante el desarrollo de la investigación.

RESUMEN

El trabajo de investigación titulado “**Evaluación de dos ecotipos de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en etapa de vivero bajo tres sustratos, con fines de introducción en la Estación Experimental de Sapecho, departamento de La Paz**” se llevo a cabo en la E.E.S. ubicada en la localidad de Sapecho, provincia Sud Yungas del departamento de La Paz con la finalidad de evaluar el ecotipo y el sustrato adecuado que permita la propagación de la especie con mayor facilidad.

El experimento fue evaluado con un Diseño Completamente al Azar Bifactorial (2 factores y 3 repeticiones) con los cuales se obtuvo 24 unidades experimentales. Las variables evaluadas fueron la determinación de la fenología de los ecotipos en estudio en etapa de vivero, días a la emergencia, porcentaje de emergencia, longitud de la planta, diámetro de tallo, longitud de la raíz, volumen de la raíz, días porcentaje de mortandad, número de plantas producidas en vivero, días a trasplante definitivo y el costo de la producción de plantines en vivero.

Se evaluó dos ecotipos de Sacha Inchi (Pinto Recodo e Intervarietal), los cuales fueron sembrados en tres sustratos (b1 = Tierra del lugar y arena, b2 = Tierra del lugar + arena y aserrín, y b3 = Tierra del lugar + arena y gallinaza) obteniéndose de esta manera una combinación de seis tratamientos.

Los resultados obtenidos señalan que las condiciones climáticas de la región del Alto Beni son favorables para la producción de Sacha Inchi, pues el rango de temperatura, humedad y precipitación que esta región presenta ayudaron a obtener plantines con buenas características.

La fenología de los ecotipos de estudio fue variante, el ecotipo Pinto Recodo cumplió todas sus fases fenológicas en vivero en menor tiempo con relación al ecotipo Intervarietal. En la variable días a la emergencia los ecotipos mostraron diferencias: el ecotipo Pinto Recodo tuvo una media de 14 días y el Intervarietal de 18.

En el Porcentaje de Emergencia el sustrato influyo en esta variable, el sustrato 2 alcanzo el 94.37% de emergencia, seguido del sustrato 1 con el 91.25% de emergencia y por último el sustrato 3 con un porcentaje de emergencia de 88.75%.

En el diámetro de tallo existieron diferencias entre ecotipos y sustratos pero no así en la interacción, el ecotipo Intervarietal presento un mayor diámetro de tallo con 0.70 cm respecto al ecotipo pinto recodo que alcanzo un diámetro de 0.66 cm. Por otra parte el sustrato 3 (Tierra del lugar, arena y gallinaza) favoreció al incremento del diámetro de tallo y volumen de raíz, en relación a los otros sustratos.

La variable longitud del tallo, longitud de raíz, mortandad y sobrevivencia en vivero no existieron diferencias significativas en los ecotipos, ni por el efecto de los sustratos utilizados e interacción de los factores de estudio.

La variable de días a trasplante en terreno definitivo, el ecotipo Pinto Recodo presento un menor tiempo de días en vivero con 34 días en relación al ecotipo Intervarietal que permaneció 39 días en vivero. En el análisis económico los resultados obtenidos señalaron que todos los tratamientos son rentables demostrando de esta manera que no existen perdidas en la producción de plantines de Sacha Inchi.

SUMMARY

The research work entitled "**Evaluation of two ecotypes of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) in stage of nursery under three substrates, for the purpose of introduction at the Experimental Station of Sapecho, Department of La Paz**". I carried out in the E.E.S. located in the village of Sapecho, province Sud Yungas of La Paz Department in order to assess the ecotype and the appropriate substrate allowing the spread of the species with greater ease.

The experiment was evaluated with a fully design to random Bifactorial (2-factor and 3 replicates) with which won 24 experimental units. The evaluated variables determining the phenology of the ecotypes in study at nursery stage, days to the emergency, emergency percentage, length of the plant, diameter, length of the root, the root volume, days were percentage of mortality, number of plants produced in the nursery, days final transplant and the cost of the production of seedlings in the nursery.

We evaluated two ecotypes of Sacha Inchi (Pinto Recodo and Intervarietal), which were planted in three substrates (b1 = land of the place and sand, b2 = land of the place + sand and sawdust, and b3 = land of the place + sand and manure) obtaining this way a combination of six treatments.

The results obtained indicate that the climatic conditions of the region of Beni high are favourable for the production of Sacha Inchi, because the range of temperature, humidity and precipitation this region has helped obtain seedlings with good features.

The phenology of the ecotypes of study was variant, ecotype Pinto Recodo fulfilled all its nursery phenological phases in shortest time in relation to the Intervarietal ecotype. In the variable days emergency the ecotype showed differences: the Pinto Recodo ecotype had an average of 14 days and 18 Intervarietal.

In the percentage of emergency the substrate 1 influenced in this variable, the substrate 2 reached the 94.37% of emergency, followed by the substrate 1 with the 91.25% of emergency and finally the substrate 3 with a percentage of emergency of 88.75%.

There were differences between ecotypes and substrates in stem diameter but not so in the interaction, ecotype Intervarietal presented a greater diameter of stem with 0.70 cm respect the ecotype Pinto Recodo reached a diameter of 0.66 cm. On the other hand substrate 3 (land of the place, sand and manure) favored the increase in the diameter of stem and root, in relation to other substrates volume.

The variable length of the stem, root, mortality and survival in nursery not existed significant differences in the ecotypes, or by the effect of used substrates and interaction of the factors of study.

The variable days to transplantation in final field, the Pinto Recodo ecotype presented a shorter day at nursery with 34 days in relation to the Intervarietal ecotype stayed 39 days in nursery. In the economic analysis results indicated that all treatments are profitable to show in this way that there is no loss in the production of seedlings of Sacha Inchi.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
1.1.1 Objetivo general.....	4
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Sacha Inchi (<i>Plukenetia volubilis</i> L.).....	5
2.1.1 Origen del Sacha Inchi.....	5
2.1.2 Historia.....	6
2.1.3 Demanda y oferta del Sacha Inchi en el mercado.....	6
2.1.4 Hábitat.....	8
2.1.5 Distribución en nuestro país.....	8
2.1.6 Clasificación taxonómica.....	9
2.1.7 Nombres comunes.....	9
2.1.8 Morfología de la planta.....	10
2.1.9 Características ecológicas para su cultivo.....	17
2.1.10 Fisiología.....	21
2.1.10.1 Crecimiento vegetativo.....	21
2.1.10.2 Fructificación.....	21
2.1.11 Fenología.....	22
2.1.12 Propagación del cultivo.....	24
2.1.13 Semilla.....	25
2.1.13.1 Estructura de la semilla.....	26
2.1.14 Siembra del Sacha Inchi.....	26
2.1.14.1 Época de Siembra.....	26
2.1.14.2 Tipos de Siembra.....	26
2.1.15 Producción de Sacha Inchi en vivero.....	28
2.2 Importancia del sustrato.....	30
2.2.1 Materia disponible para un vivero.....	31
2.2.1.1 Tierra del lugar.....	31

2.2.1.2	Arena.....	31
2.2.1.3	Gallinaza.....	31
2.2.1.4	Aserrín.....	32
2.2.1.5	Riego.....	33
2.3	Importancia del Sacha Inchi en la salud y alimentación.....	33
2.3.1	Usos principales.....	35
2.3.2	Aceites omegas.....	38
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	39
3.1	Localización del área de estudio.....	39
3.1.1	Ubicación geográfica.....	39
3.1.2	Características climáticas.....	40
3.1.3	Ecología.....	40
3.2	Materiales.....	40
3.2.1	Material biológico.....	40
3.2.2	Material para sustrato.....	41
3.2.3	Materiales de campo.....	41
3.2.4	Materiales de escritorio.....	41
3.3	Metodología.....	41
3.3.1	Diseño experimental.....	41
3.3.2	Tratamientos.....	42
3.3.3	Dimensiones de la parcela experimental.....	43
3.3.4	Procedimiento experimental.....	43
3.3.4.1	Limpieza del área de experimento.....	43
3.3.4.2	Acopio de sustrato.....	43
3.3.4.3	Preparado de sustrato.....	44
3.3.4.4	Preparación y llenado de bolsas.....	44
3.3.4.5	Enfilado de macetas.....	44
3.3.4.6	Semilla.....	45
3.3.4.7	Cuidado de las plantas en vivero.....	46
3.3.5	Variables de respuesta.....	46
3.3.6	Procesamiento estadístico.....	48

3.3.7 Valoración económico-productiva.....	49
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	50
4.1 Condiciones climáticas.....	50
4.1.1 Temperatura.....	50
4.1.2 Precipitación.....	52
4.2 Fases fenológicas del Sacha Inchi en vivero.....	53
4.2.1 Fenología del ecotipo Pinto Recodo.....	54
4.2.2 Fenología del ecotipo Intervarietal.....	55
4.3 Días a la emergencia.....	57
4.4 Porcentaje de emergencia.....	60
4.5 Longitud de la planta.....	63
4.6 Diámetro de tallo.....	64
4.7 Longitud de la raíz.....	67
4.8 Volumen de raíz.....	67
4.9 Número de plantas producidas en vivero.....	71
4.10 Mortalidad de plantas en vivero.....	72
4.11 <i>Días al trasplante</i>	72
4.12 Análisis económico.....	73
4.12.1 Análisis de costos totales.....	73
4.12.2 Cálculo del beneficio bruto.....	74
4.12.3 Cálculo de beneficio neto y relación beneficio costo.....	75
V. CONCLUSIONES.....	76
VI. RECOMENDACIONES.....	79
VII. BIBLIOGRAFIA.....	80
ANEXOS.....	86

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Fenología de la siembra (directa e indirecta) del Sacha Inchi.....	23
Cuadro 2. Periodo vegetativo del cultivo de Sacha Inchi.....	24
Cuadro 3. Información Nutricional por 100 gr de aceite de Sacha Inchi.....	35
Cuadro 4. Composición de los principales ácidos grasos del aceite de Sacha Inchi (FAO).....	36
Cuadro 5. Códigos y descripción de los tratamientos en estudio.....	45
Cuadro 6. Temperaturas máximas y mínimas (°C) de la Estación Sapecho..... SENAMHI.....	51
Cuadro 7. Análisis de varianza para días a la emergencia.....	58
Cuadro 8. Prueba de Duncan para días a la emergencia entre ecotipos.....	58
Cuadro 9. Análisis de Varianza para porcentaje de Emergencia.....	60
Cuadro 10. Prueba de Duncan para sustratos en porcentaje de emergencia...	61
Cuadro 11. Análisis de Varianza de longitud de planta.....	63
Cuadro 12. Análisis de Varianza para el diámetro de tallo.....	64
Cuadro 13. Prueba de Duncan de diámetro de tallo entre ecotipos.....	64
Cuadro 14. Prueba de Duncan de diametro de tallo entre sustratos.....	65
Cuadro 15. Análisis de Varianza para longitud de raíz.....	67
Cuadro 16. Análisis de Varianza de Volumen de la raíz.....	68
Cuadro 17. Prueba de Duncan del volumen de raiz entre sustratos.....	69
Cuadro 18. Análisis de Varianza número de plantas producidas en vivero.....	71
Cuadro 19. Análisis de Varianza para mortalidad en vivero.....	72
Cuadro 20. Análisis de Varianza días al trasplante.....	73
Cuadro 21. Prueba de Duncan de los días al trasplante entre ecotipos.....	73
Cuadro 22. Costos de producción para 10.000 plantines de Sacha Inchi.....	74
Cuadro 23. Cálculo de producción por unidad de planta.....	74
Cuadro 24. Cálculo de beneficio bruto.....	75
Cuadro 25. Calculo de beneficio neto y relación beneficio/costo.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa de distribución de Sacha Inchi.....	5
Figura 2. Huacos fitomórficos de la cultura Inca.....	6
Figura 3. Distribución de Sacha Inchi en Bolivia.....	8
Figura 4. Mapa de ubicación de la Estación Experimental de Sapecho.....	39
Figura 5. Precipitación diaria (mm) Estación Sapecho-SENAMHI.....	52
Figura 6. Fenología del ecotipo Pinto recodo en etapa de vivero.....	54
Figura 7. Fenología del ecotipo Intervarietal en etapa de vivero.....	55
Figura 8. Días a la emergencia de los ecotipos de Sacha Inchi.....	59
Figura 9. Porcentaje de emergencia de Sacha Inchi (Factor B).....	61
Figura 10. Diametro de tallo de ecotipos de Sacha Inchi (Factor A).....	65
Figura 11. Diametro de tallo en tipo de sustrato (Factor B).....	66
Figura 12. Volumen de raíz para el Factor B.....	69

ÍNDICE DE FOTOS

	Pág.
Foto 1. Planta de Sacha Inchi.....	10
Foto 2. Tallo de Sacha Inchi.....	11
Foto 3. Haz de hoja de Sacha Inchi.....	12
Foto 4. Flor masculina de Sacha Inchi.....	13
Foto 5. Flor femenina de Sacha Inchi.....	13
Foto 6. Fruto de Sacha Inchi.....	14
Foto 7. Ecotipo Intervarietal y Ecotipo Pinto Recodo.....	15
Foto 8. Descripción de partes de raíz de Sacha Inchi.....	16
Foto 9. Estructura interna y externa de <i>Plukenetia volubilis</i> L.....	26

I. INTRODUCCIÓN

La amazonia constituye el hábitat natural de numerosas y variadas especies de plantas, que es su mayoría aún no están siendo aprovechadas por el hombre en su real dimensión, solo algunos pueblos conocedores de su riqueza aprovechan estos recursos como en el caso del cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L), valioso aporte de la biodiversidad de la Amazonía y zona tropical, y legado milenario de las antiguas civilizaciones, utilizado por los pueblos amazónicos y difundidos en el tiempo de los incas a todo su territorio.

Bajo esta realidad, es importante rescatar cultivos ancestrales e incorporarlo en la actividad agrícola del hombre moderno, los cuales pueden proporcionar seguridad alimentaria para la población y generar excedentes comercializables como el Sacha Inchi, planta trepadora, silvestre y oleaginosa de la amazonia descrita por primera vez, como especie, en el año 1753 por el Naturalista Linneo; de ahí su nombre científico *Plukenetia volubilis* L.

Manco (2006) y el Comité Técnico de Normalización del Sacha Inchi y sus Derivados (2008), señala que dentro de los componentes del Sacha Inchi se encuentran una alta concentración de ácidos grasos esenciales (ácido linolénico, linolénico y oleico, conocidos como omega 3 (48%), Omega 6 (36%), omega 9 (9%)), proteínas (33%), antioxidantes (50%), vitamina A y E (tocoferoles y tocotrienoles) y aminoácidos, con respecto a semillas de otras oleaginosas.

El Sacha Inchi es una planta que se adapta a suelos arcillosos y ácidos, desarrollándose mejor en climas cálidos. Su producción se inicia a los 6,5 meses del trasplante, obteniéndose en el primer año rendimientos promedios de 0,7 a 2,0 t/ha y se desarrolla en asociación y con cultivos de cobertura, alcanzando edades hasta de 10 años, Manco (2006).

Uno de los derivados más importantes es el aceite de Sacha Inchi, un producto excelente, pero con un mercado por desarrollar. La misma autora señala que

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, sin embargo, es necesario invertir tiempo y esfuerzo para desarrollar este mercado.

Maravi (2009), señala que el Sacha Inchi o "maní del monte" constituye una valiosa alternativa, para dar solución a la conocida deficiencia de proteínas en la alimentación humana, que afecta principalmente a la niñez causándole daños irreparables; ya que limita no sólo su salud física, sino también la salud mental disminuyéndole su capacidad de aprendizaje.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2009), señala que la planta de Sacha Inchi es utilizada tradicionalmente por las poblaciones amazónicas (indígena y mestiza), quienes aprovechan los frutos, hojas, tallo y raíces como alimento, combustible, restaurador de piel, insecticida, desparasitador, vigorizante y contra el reumatismo. El potencial agroindustrial de este cultivo se sustenta en su valor alimenticio y nutraceútico.

Por lo tanto el Sacha Inchi se constituye en un cultivo nativo con potencial de industrialización y rendimiento económico que posibilitaría la generación de ingresos para los productores de la región del Norte del departamento de La Paz.

Por ello se realizaron ensayos de adaptación de ecotipos en etapa de vivero y para que sus resultados sean utilizados para implementar viveros y sistemas de producción, en caso de se obtuviera resultados satisfactorios.

El estudio contiene los siguientes acápite: evaluar la adaptabilidad de dos ecotipos a las condiciones climatológicas de la Estación Experimental de Sapecho y dar a conocer el manejo del cultivo en etapa de vivero. El Sacha Inchi presenta una

variabilidad muy amplia, observándose cultivares y ecotipos que difieren grandemente en área de follaje, tamaño y forma de sus hojas, semillas. (Arévalo, 1989-1995). Estudiar el efecto de tres sustratos en la adaptación en vivero de los ecotipos de Sacha Inchi estudiados. Y determinar los costos de producción de la *Plukenetia volubilis* L en etapa de vivero.

Si bien la responsabilidad de este estudio corresponde al autor, dejamos constancia que en su desarrollo se recibió el apoyo de los Investigadores de la Estación Experimental de Sapecho y de su asesor.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar dos ecotipos de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en etapa de vivero bajo tres sustratos, con fines de introducción en la Estación Experimental de Sapecho, departamento de La Paz.

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer si el cultivo de Sacha Inchi se adapta a las condiciones climatológicas de la región de Sapecho.
- Describir las etapas fenológicas de dos ecotipos de Sacha Inchi en vivero para la producción de plantines.
- Evaluar el efecto de tres sustratos en el desarrollo de dos ecotipos de Sacha Inchi para la producción de plantines en etapa de vivero.
- Determinar los costos para la de producción de plantines de Sacha Inchi en vivero.

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.2 Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.)

2.2.1 Origen del Sacha Inchi

Según Webster y Burch (1967) citado por Correa y Bernal (1992), esta especie crece en los bosques húmedos bajos, hasta 1.000 m.s.n.m en Antillas Lesser y el sur de Panamá, Perú, Bolivia y Brasil.

De acuerdo con Dcdson y Gentry (1978) citado por Correa y Bernal (1992), *Plukenetia volubilis* Lineo se distribuye desde las Antillas Lesser y México hasta Brasil y Bolivia. En el Ecuador en el río Palenque, provincia Los Ríos.

Dostert, N. *et.al.* (2009), señalan que el área de distribución de *Plukenetia volubilis* Linneo, oleaginosa nativa de la familia Euphorbiaceae, en estado silvestre se extiende desde las Antillas Menores, Surinam y el sector noroeste de la cuenca amazónica en Venezuela y Colombia hasta Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil como señala la Figura 1.

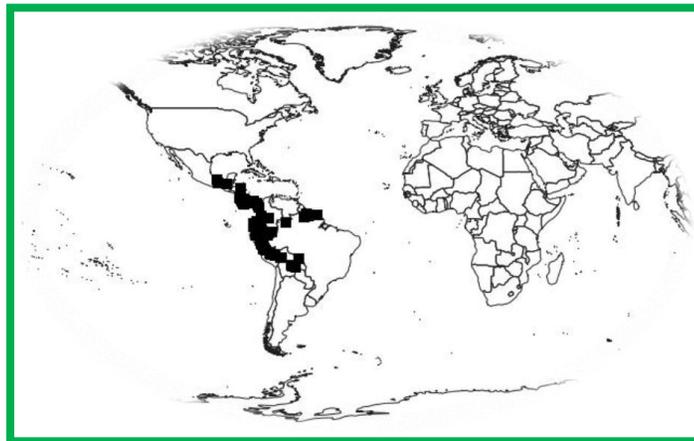


Figura 1. Mapa de distribución de Sacha Inchi. (Herbario Nacional de Bolivia, 2010)

Por su parte Valles (1993) citado por Juárez (2009), menciona que el Sacha Inchi está distribuida en el trópico latinoamericano desde el Sur de México, Indias occidentales, la Amazonia y el acre en Bolivia.

2.2.2 Historia

El Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) 2009, señala que existen evidencias de que *Plukenetia volubilis* L. posiblemente fue cultivado por los Incas y que formaba parte de la dieta alimenticia y de la medicina de las culturas preinca e Inca, al haberse encontrado huacos fitomórficos que representan al fruto y a la planta de Sacha Inchi, tal como se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Huacos fitomórficos de la cultura Inca. (IIAP, 2009)

Uhtco Cooperación (sf), señala que existen records que indican que tradicionalmente fue usado por los Chancas como alimento. Los chancas, civilización antigua conocida como una de las más rebeldes y guerreras, fue conquistada por los Incas y quienes transmitieron sus conocimientos sobre esta planta sorprendente a todo el resto del imperio y al mismo Inca, esta es la razón por la que es conocida como **Nuez del Inca**.

2.2.3 Demanda y oferta del Sacha Inchi en el mercado

Chirinos *et.al.* (2009), señala que en la actualidad, los cultivos de Sacha Inchi en el Perú están distribuidos principalmente en las zonas selváticas de los departamentos de San Martín, Ucayali y Loreto. Su creciente acogida, por sus atributos de omega 3, es decir reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y los niveles de colesterol, le otorgan expectativas económicas similares en el mercado global a las del café, el cacao y la madera.

Esto ha motivado que desde el año 2007, agricultores de diversas zonas de la selva del Perú inicien el reemplazo de sus cultivos para, en forma artesanal, sembrar la semilla de Sacha Inchi. Más aún se han instalado pequeñas empresas en la selva para iniciar la explotación de la semilla y apuntar a la exportación de sus derivados en el futuro, según indicara Jim Dickerson Vásquez Pinedo, funcionario del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA) de la Estación Experimental Agraria El Porvenir de Tarapoto citado por Chirinos *et.al.* (2009).

Los mismos autores señalan que a pesar del crecimiento experimentado, el cultivo del Sacha Inchi sigue realizándose de manera artesanal y poco tecnificada, pues hasta ahora no se ha aplicado un tratamiento tecnológico de los factores de producción agrícola que permitan generar mayores niveles de producción y rendimiento.

Por el lado de la oferta, los principales problemas de la cadena productiva del aceite de Sacha Inchi son la escasa disponibilidad de semilla y la calidad del producto final. Por esta razón, es necesario fortalecer los procesos críticos de producción y comercialización, entre los que destaca la importancia de la trazabilidad para garantizar la calidad y la seguridad del producto final en los mercados internacionales.

En el caso de nuestro país a partir del 2011, Instituciones como el Fondo Nacional de Desarrollo Alternativo promueven la producción del cultivo en el municipio de Alto Beni donde se implemento aproximadamente 20 ha.

Emprendimiento personales, como el caso de Juan Guillen que a raíz de que en sus terrenos ubicados en el municipio de Alto Beni, se encontró plantas de Sacha Inchi en estado silvestre, promueve la producción del Sacha Inchi. A esto se suma el emprendimientos de Freddy Bolívar, que desde el año 2010 produce Sacha como cultivo y realiza la venta del producto en la localidad fronteriza de Desaguadero.

2.1.4 Hábitat.

Aranda (2009), señala que el hábitat natural de *P. volubilis* son áreas de vegetación alterada o márgenes de bosques tropicales húmedos o de tierras bajas, hasta una elevación de 900 m. La especie es una liana de crecimiento rápido. La colecta en poblaciones naturales debería estar muy restringida debido al bajo número de poblaciones y a su distribución muy dispersa.

2.1.16 Distribución en nuestro país

La Figura 3, muestra la distribución del Sacha Inchi en estado silvestre en nuestro país.



 Ubicación de Sacha Inchi en estado silvestre

Figura 3. Distribución de Sacha Inchi en Bolivia. (Herbario Nacional de Bolivia, 2010)

2.1.17 Clasificación taxonómica

El Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.), fue descrito por Linneo en 1753, clasificándolo dentro de la familia euphorbiaceae (Mcbride, 1951). Juárez (2009), señala que la familia Euphorbiaceae comprende plantas anuales, de importancia ornamental, medicinal, alimenticia e industrial, que se caracterizan principalmente por la presencia de una sustancia lechosa, tipo látex y frutos tricapsulares. Esta familia incluye alrededor de 1280 géneros con aproximadamente 8000 especies, y su distribución es a nivel de la franja tropical de nuestro planeta.

Mcride (1951), citado por el Centro de Investigación, Educación y Desarrollo CIED Selva Central (2008), Arévalo (1.996), Revollar (2008), señalan la siguiente clasificación taxonómica:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Euprobiales
Familia:	Euphorbiaceae
Género:	Plukenetia
Especie:	volubilis Linneo
Nombre científico:	<i>Plukenetia volubilis</i> L.

2.1.18 Nombres comunes

La especie *Plukenetia volubilis* L, es conocida de acuerdo al idioma o lugar en que se desarrolla, con los siguientes nombres: Sacha Inchi, Maní del Inca, Maní del Monte, Maní Silvestre (español), Sacha Inchic (quechua); Amaebe, Amui (Huitoto); Sacha yachi, Yuchi (Cashibo) e Inca peanut (inglés) (CIED, 2008).

En nuestro país es conocido con el nombre de Supua. Por su parte La revista especializada CEREAL CHEMISTRY de los Estados Unidos de Norte América

(USA) citada por Juárez (2007), presento al “Sacha Inchi” ante la comunidad científica internacional como “Maní del Inca” (Inca peanut).

2.1.19 Morfología de la planta

Según Manco (2006), las principales características morfológicas de la planta son:

a) Hábito de crecimiento

El Instituto de investigaciones de la Amazonía Peruana (2009), afirma que el Sacha Inchi es una planta trepadora (voluble), semileñosa, que alcanza la altura del tutor que la soporta (puede cubrir árboles de más de 40 m); es recomendable que los tutores no sobrepasen los 2 m de altura para propósitos productivos.

Por su parte Manco (2006), señala que el Sacha Inchi es de hábito trepador, semileñosa, perenne y de altura indeterminada. Mientras que Dorset *et.al.* (2009), señala que la *Plukenetia volubilis* L. es una planta trepadora, monoica, decidua.



Foto 1. Planta de Sacha Inchi

b) Tallo

Juárez (2009), señala que el Sacha Inchi tiene un tallo voluble semileñoso y perenne de crecimiento indeterminado en estado silvestre. La altura es variable siendo de 2 m la ideal en condiciones de cultivo.



Foto 2. Tallo de Sacha Inchi

c) Hojas

Dorset *et.al.* (2009), señala que las hojas son opuestas y simples; la lámina foliar es oval-triangular, 6-13 cm de largo y 4-10 cm de ancho, con base truncada o cordada; el margen es crenado o finamente aserrado; en la cara adaxial se presenta una protuberancia glandular en el ápice del pecíolo.

Field Museum Of Natural al History-Botany y Valles (1990) citado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (2009), señala que sus hojas son alternas, acorazonadas, puntiagudas de 10 a 12 cm de largo y de 8 a 10 cm de ancho, con peciolo de 2-6 cm de largo. Las nervaduras nacen en la base de la hoja, orientándose la nervadura central hacia el ápice. Por lo general los bordes son

dentados y en la base de la hoja, mayormente justo al inicio del pedúnculo, muchas presentan una estipula.

Manco (2003) citado por el CIED (2008), señala que sus hojas son alternas acorazonadas, de color verde oscuro, oval - elípticas, aseruladas y pinnitinervias, de 9 – 16 cm de largo y 6 – 10 cm ancho. El ápice es puntiagudo y la base es plana o semi-arriñonada.



Foto 3. Haz de hoja de Sacha Inchi

d) Flores

Dorset *et.al.* (2009), señala que la inflorescencia es racemosa, alargada, monoica (bisexual), y de 5—18 cm de largo; las flores pistiladas se encuentran solitarias en los nudos basales, la columna estilar es parcial o totalmente connada, 15—30 mm de largo, flores masculinas subglobosas, numerosas, agrupadas en los nudos distales; estambres 16—30, con filamentos conspicuos, cónicos, 0,5 mm de largo.

Juárez (2009), afirma que el Sacha Inchi tiene flores hermafroditas, monoicas; las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas y dispuestas en racimos. En la base del racimo y lateralmente se encuentra una sola flor Femenina; otros indican hasta dos a tres flores femeninas.

Manco (2006), señala que los resultados obtenidos a través del proyecto de tesis titulado: "Biología Floral y Reproductiva del Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Euphorbiaceae", nos indican que el cultivo presenta un alto porcentaje de polinización cruzada, lo cual implica que se trata de una especie alógama.

Manco (2006) y Arévalo (1999), señalan que en el Sacha Inchi se observan dos tipos de flores:

- **Masculinas**, Son pequeñas, blanquecinas, dispuestas en racimos.



Foto 4. Flor masculina de Sacha Inchi

- **Femeninas**, Se encuentran en la base del racimo y ubicadas lateralmente de una a dos flores.



Foto 5. Flor femenina de Sacha Inchi

e) Fruto

Fide Webster y Burch (1951) citado por Correa y Bernal (1992), señala que el fruto del Sacha Inchi es una cápsula, de 3.5 a 4.5 cm. de diámetro, con 4 lóbulos, obladas, 2 cm de alto, 3.5 cm de ancho, aristados (tetralobulados) dentro de los cuales se encuentran 4 semillas lenticulares con márgenes tenues, reticulado-venenosas, pardusco-oscuro-moteado, 15-17 mm de ancho.

Los frutos del Sacha Inchi son cápsulas de 3 a 5 cm de diámetro, dehiscentes de color verde y cuando maduran se ponen de un color marrón negruzco. Usualmente están formados por cuatro cápsulas, algunos frutos presentan de cinco, a siete cápsulas (Arévalo, 1999).

Juárez (2009), señala que el fruto de *Plukenetia volubilis* L son capsulas dehiscentes y generalmente formado por cuatro capsulas; algunos ecotipos presentan hasta cinco a siete capsulas



Foto 6. Fruto de Sacha Inchi

f) Semillas

El IIAP (2009), señala que dentro de las cápsulas se encuentran las semillas de color marrón oscuro, con nervaduras notorias, ovales de 1.5 a 2 cm de diámetro,

por 7 a 8 mm de espesor y de 0.8 a 1.4 g de peso, ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes, con un hileum bien diferenciado.



Foto 7. Ecotipo Intervarietal (izquierda), Ecotipo Pinto recodo E.E.S (derecha)

El mismo autor señala que al abrirlas encontramos los cotiledones a manera de almendras y cubiertos de una película blanquecina que es la materia prima para la extracción del aceite. En condiciones de medio ambiente y al aire libre, la semilla se conserva por más de un año.

Juárez (2007), señala que las semillas son marrones de forma ovaladas, de 1.5 a 2 cm de diámetro; ligeramente abultadas en el centro y aplastadas hacia los bordes y al abrir las semillas se encuentra los cotiledones a manera de almendras cubiertas de una película blanquecina

Proyecto Perú Biodiverso (2009), señala que en la mayoría de los ecotipos, es ovalado, de color marrón oscuro, ligeramente abultada en el centro y aplastada hacia el borde. Su diámetro fluctúa entre 1.3 y 2.1 centímetros.

Según Hazen & Stowessans y Duclos (1980) citado por IIAP (2009) la semilla de Sacha Inchi, presenta las siguientes características:

- Cáscara 33,00%
- Almendra 67,00%
- Proteína 28,52% (almendra)
- Aceite 54,80%
- Humedad 6,37%
- Ceniza 2,10%
- Fibra 2,60%
- Carbohidratos 17,70%
- Ácidos grasos saturados 7,70%
- Ácidos grasos insaturados 91,60%
- Energía (KAL / 100) 555,70
- Vitamina E mg 5,41

g) Raíz

Es una raíz ramificada que consta de las siguientes partes: cuello, zona de crecimiento, secundarias, cofia y raíz principal.



Foto 8. Descripción de partes de raíz de Sacha Inchi

2.1.20 Características ecológicas para su cultivo

Es natural de bosques tropicales húmedos y muy húmedos *Plukenetia Volubilis* L es perenne, es una planta silvestre y en proceso de domesticación de una gran variabilidad, su clasificación se ha hecho con base en ecotipos que corresponden a 50 grupos étnicos de la Amazonia Peruana y que corresponden a culturas nativas selváticas que superviven (entre otras plantas alimenticias) gracias a esta almendra oleoproteica de gran valor nutricional.

a) Altitud

Manco (2005) citado por Juárez (2007), dice que el Sacha Inchi se adapta desde los 100 a 2000 msnm; registrándose así mismo las mejores semillas (> 12mm) a plantaciones establecidas desde los 600 m.s.n.m.

Juárez (2006), plantea altitudes entre los 200 m.s.n.m. a 1250 m.s.n.m; si bien se adapta a mayores altitudes no se fomentaría por no propiciar su cultivo en zonas de protección con problemas de pendientes y deforestación. Zonas con alturas mayores hasta los 1250 m.s.n.m. se recomendaría bajo sistemas agroforestales.

Por su parte Arévalo (1999) señala que el Sacha Inchi crece desde los 100 m.s.n.m. en la selva baja y 1 500 m.s.n.m. en la Selva Alta.

b) Temperatura

Dorset (2009), señala que las plantas de Sacha Inchi crecen y se desarrollan plenamente a rango de temperatura que caracterizan a la Amazonía (mínima 10 °C y máxima 36 °C); algunas experiencias señalan que altas temperaturas aumentan la reproducción de nematodos, ocasionando una mayor infestación. Las temperaturas por encima de la máxima ocasionan la caída de las flores y frutos pequeños, especialmente los recién formados.

El Sacha Inchi crece y produce muy bien en climas entre cálidos y ligeramente templados, entre 12 °C y 36 °C (Proyecto Perúbiodiverso, 2009). Las temperaturas muy altas son desfavorables y ocasionan la caída de flores y frutos pequeños, principalmente los recién formados. El efecto depresivo de las altas temperaturas en la producción se explica de dos maneras:

- La temperatura alta acelera la transpiración, causando el marchitamiento y el cierre de estomas, esto ocurre durante el día. Esto da por resultado una rápida reducción de la fotosíntesis.
- La temperatura alta también aumenta la velocidad de respiración y la alta intensidad respiratoria nocturna de las plantas, originando agotamiento de la reserva de carbohidratos. Al disminuir el proceso de fotosíntesis y al aumentar la velocidad de respiración, resulta una menor elaboración de carbohidratos para el crecimiento y almacenamiento. (Prom Amazonia, sf).

Manco (2006) citado por la Universidad Nacional de San Martín /Facultad de Agronomía (1995), menciona que los parámetros de temperaturas adaptables a Sacha Inchi está entre 10 °C y 36 °C, temperaturas altas son desfavorables porque ocasiona aborto en flores y la conformación de semillas pequeñas.

Arévalo (1996) citado por Juárez (2007), experimentalmente ha realizado evaluaciones de ecotipos de "Sacha Inchi" en la Estación Experimental El Porvenir, ubicada en el Distrito de Juan Guerra, Tarapoto, a T° máxima de 32.2°C, una T° mínima de 20.4 °C y una T° media de 26.6 °C, observándose un buen desarrollo en general.

Juárez (1995), ha realizado evaluaciones en el Alto Mayo y específicamente en el ex Programa de Recuperación de Suelos Ácidos durante los años 1992/1994; observando un buen comportamiento y adaptabilidad a las condiciones climáticas; esta estación ubicada en el distrito de Calzada, la misma que reporta una T°.

Máxima de 30°C; temperatura mínima de 10.1 °C y una temperatura media de media de 22 °C.

c) Luz

Dorset (2009), señala que cuando existen bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto la producción es menor. El mismo autor afirma que con el sistema de tutores vivos (*Erythrina* sp), manejándose la sombra con podas, el "Sacha Inchi" tiene un buen comportamiento.

Manco (2003) citado por el CIED (2008), señala que el Sacha Inchi requiere abundante luz para el proceso de fotosíntesis. A bajas intensidades de luz, la planta necesita de mayor número de días para completar su ciclo vegetativo; asimismo cuando la sombra es muy intensa la floración disminuye y por lo tanto los rendimientos se reducen.

La misma autora en el año 2005 señalaba que la luz es otro factor ecológico importante en esta especie; mientras más luz reciba la cubierta vegetal, mayor es la población de brotes, flores y frutos.

d) Humedad relativa

Una alta humedad relativa con fuertes precipitaciones pluviales condiciona un desarrollo vigoroso de la planta, aunque puede resultar propicio para la proliferación de enfermedades (Figueroa 1992 citado por Prom Amazonia, sf). A una humedad relativa del 78% y una temperatura media de 26 °C, se observan plantas de Sacha Inchi prácticamente libres de enfermedades.

e) Agua

Dorset (2009) y Manco (2006), señalan que las plantas requieren de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido, siendo mejor si las

lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses (850-1000 mm). Por lo tanto el riego es indispensable en los meses secos, dado que los períodos relativamente prolongados de sequía o de baja temperatura causan un crecimiento lento y dificultoso.

Sánchez y Amiquero (2004) citado por IIAP (2009), señala que la precipitación óptima para el Sacha Inchi es desde 1000 a 1250 mm.

f) Suelo

Ensayos realizados en la Estación Experimental El Porvenir (Arévalo, G. 1990-1995), demuestran que este cultivo prospera en suelos arcillosos (más de 50% de arcilla) y franco arenosos (más de 60% de arena), indicando esto que es una planta versátil, que muy fácilmente se adapta a diferentes tipos de suelos, pudiendo establecerse hasta en colinas.

Valles (1993), menciona que el “Sacha Inchi” es una planta agronómicamente rustica. Incluso crece en suelos ácidos y con alta concentración de Aluminio.

Dorset (2009), señala que el Sacha Inchi tiene una amplia adaptación a diferentes tipos de suelo. Los mejores suelos son los de textura media (franco-arcillo-arenosa, franco-arcillosa y franco-arenosa). Los suelos menos apropiados son los muy arcillosos o muy arenosos.

El Proyecto Perúbiodiverso (2009), señala que las características fisiográficas y de suelos óptimos para el cultivo del Sacha Inchi son:

- Pendiente: 0 a 35%.
- Topografía: entre plana y ondulada.
- Textura: suelos de franco-arcillosos a francos.
- Ph: se desarrolla en un rango de 5,5 a 7,5.
- Suelos no alcalinos
- Contenido de materia orgánica de medio a alto.
- Pedregosidad: de media a baja.

- Fertilidad: de media a alta.

g) Drenaje

Arévalo (1999), señala que la poca absorción de agua y nutrimentos por la planta, así como el crecimiento anormal y superficial de las raíces, hacen que éstas se tornen más vulnerables al ataque de nemátodos y enfermedades radiculares.

Por lo tanto el Sacha Inchi necesita terrenos con drenaje adecuado, que eliminen el exceso de agua tanto a nivel superficial como profundo. Para un buen drenaje se debe considerar la textura del suelo, y ésta es importante para el desarrollo del cultivo (Arévalo, 1999).

h) Fertilidad del suelo

Los nutrientes requeridos aún no han sido determinados, sin embargo si nos referimos a la absorción de éstos, en suelos francos y de buen drenaje, las raíces pueden penetrar más profundamente y como resultado tener un mayor acceso a los nutrientes del suelo (Arévalo, 1999)

2.1.21 Fisiología

2.1.21.1 Crecimiento vegetativo

Arévalo (1999), afirma que si existe una suficiente humedad, la emergencia se inicia aproximadamente a las dos semanas de realizada la siembra y una semana después, aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía.

2.1.21.2 Fructificación

La floración se inicia aproximadamente a los 3 meses luego de realizado el trasplante, apareciendo primero los primordios florales masculinos e inmediatamente después los femeninos. En un período de 7 a 19 días, las flores masculinas y femeninas completan su diferenciación floral (Arévalo, 1995).

A continuación, se inicia la formación de los frutos completando su desarrollo a los 4 meses después de la floración, luego se inicia la maduración propiamente dicha de los frutos, cuando éstos, de color verde empiezan a tornarse de un color negruzco, que finalmente se convierte en marrón oscuro o negro cenizo; indicador que está listo para la cosecha. Este proceso de maduración del fruto dura aproximadamente de unos 15 a 20 días, iniciándose la cosecha a los 7,5 meses después de la siembra y/o trasplante, con una producción continua (Arévalo, 1999).

En el período de formación del fruto, existe una fase que se podría llamar "estado lechoso", pues es en este estadio en que se vuelve muy apetecible a los insectos chupadores. Adicionalmente se ha observado que antes de este estado, cuando los frutos han empezado a diferenciarse y tienen aproximadamente 2.0 cm de diámetro caen verdes o se necrosan y posteriormente caen; aún no se ha investigado, si esto es producto de una reacción fisiológica de la planta o es por efecto del medio ambiente

2.1.22 Fenología

Aranda (2009), señala que la fenología es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros se denomina fenología. Como es natural, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre; y viceversa, de la fenología se puede sacar secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima cuando ni uno, ni otro se conocen debidamente.

El estudio de los eventos periódicos naturales involucrados en la vida de las plantas se denomina fenología (Volpe, 1992; Villalpando y Ruiz, 1993; Schwartz, 1999 citado por Basaure, 2006).

Manco (2004), señala que algunas características fenológicas del cultivo del Sacha Inchi son:

a) Fenología en almácigo:

Días a la emergencia: 13 d.d.a.

1er.Par hojas verdaderas: Entre 17 y 27 d.d.a.

2do.Par hojas verdaderas: Entre 22 y 39 d.d.a.

3er.Par hojas verdaderas: Entre 34 y 48 d.d.a.

b) Después del trasplante:

- Inicio de floración: Entre 74 y 119 d.d.t.
- Inicio de fructificación: Entre 105 y 152 d.d.t.
- Inicio de cosecha: Entre 194 y más de 220 d.d.t.

SUDIRGEB – INIA (2006) citado por el IIAP (2009), señalan los principales fases fenológicas en la siembra (directa e indirecta) del Sacha Inchi.

Cuadro 1. Fenología de la siembra (directa e indirecta) del Sacha Inchi

Parámetro	Siembra directa (DDS)	Siembra indirecta	
		Almacigo (DDA)	Transplante (DDT) *
Emergencia	11 a 14	14 a 16	
Emisión de guía	48 a 50		20 a 41
Inicio de floración	88 a 135		86 a 139
Inicio de fructificación	122 a 168		119 a 182
Inicio de cosecha	180220		202 a 249

Fuente: INIA, 2006

* Transplante a 45 días después de almacigado

DDS = Días después de la siembra

DDA = Días después del trasplante

DDT = Días después del almacigo

Para (Prom Amazonia, sf), el periodo vegetativo del cultivo de Sacha Inchi, bajo la modalidad de siembra indirecta y directa (Cuadro 2).

Cuadro 2. Periodo vegetativo del cultivo de Sacha Inchi

Siembra Indirecta		En Siembra directa
En Almacigo	Después del Trasplante	
Nº de días a la emergencia: 11 – 14		Nº de días a la emergencia: 14 – 16
Nº de Días a emergencia de hojas verdaderas: ○ 1er. Par: de 16 a 20 días ○ 2do. Par: de 28 a 42 días ○ 3er. Par: de 45 a 59 días		
	Emisión de guía: de 20 a 41 días	Nº de días para la emisión de la guía: 48 – 50

Fuente: Pro Amazonia, sf.

INCAGRO (2009), señala que la germinación comienza entre los 15 a 20 días después de la siembra y el trasplante se realiza a campo definitivo se realiza 15 días después de la aparición del primer par de hojas verdaderas y se realiza a 20 cm del tutor.

CIED (2007), señala que después de 40 a 45 días de haberse sembrado las semillas en bolsas plásticas contenidas de sustrato (vivero), las plantas se encuentran listas para ser transportadas y plantadas en terreno definido.

Las plantas tendrán un período en vivero de 45 a 60 días antes de ser trasplantadas a campo definitivo. Se recomienda enviar las plantas al campo antes de que generen guías, para evitar la competencia entre plantas, que se enreden y sufran daños (Proyecto Perúbiodiverso, 2009).

2.1.23 Propagación del cultivo

Dorset (2009), señala que las semillas son el principal medio de propagación del Sacha Inchi, aunque el injerto puede ser una de las posibilidades para solucionar

los principales problemas fitosanitarios. La utilización de semillas de buena calidad y con alto porcentaje de germinación es de suma importancia para lograr resultados satisfactorios.

Arévalo (1999), señala que el "Sacha Inchi", planta nativa de la región amazónica, se propaga comúnmente por semilla, aunque también se puede realizar la propagación asexual o por estacas, según ensayo preliminar realizado en la Estación Experimental El Porvenir, república del Perú.

En dicho ensayo se utilizaron diferentes tipos de estacas: estaca apical, estaca media y estaca basal, con un testigo de semilla botánica. La estaca basal, resultó ser el mejor material de propagación, pues tuvo un mejor prendimiento, aunque no se llegó a realizar el trasplante. Este tipo de propagación asexual, no se recomienda por su escasa efectividad.

La misma autora señala que en el método de propagación sexual por medio de la semilla puede sembrarse directamente en campo definitivo o en vivero.

Para sembrar el Sacha Inchi, es mejor esperar el inicio de las lluvias, que se presentan desde noviembre hasta abril. Sembrando en época lluviosa, se asegura el éxito de la plantación. Se debe evitar sembrar en épocas muy secas o muy lluviosas (Proyecto Perúbiodiverso, 2009).

2.1.24 Semilla

Niembro (1998), señala que la semilla es el medio natural de dispersión, propagación y perpetuación de los vegetales superiores.

Rodríguez (2000), define a la semilla como el embrión en estado de latente, acompañado o no de tejido nutritivo y protegido por el epispermo: en consecuencia la semilla es el órgano de reproducción de la planta.

2.1.24.1 Estructura de la semilla

Rodríguez (2000), define que la semilla es considerada una estructura de dispersión, que permite a las plantas alcanzar otros lugares donde poder desarrollarse sin competir con el progenitor por luz y nutrientes.

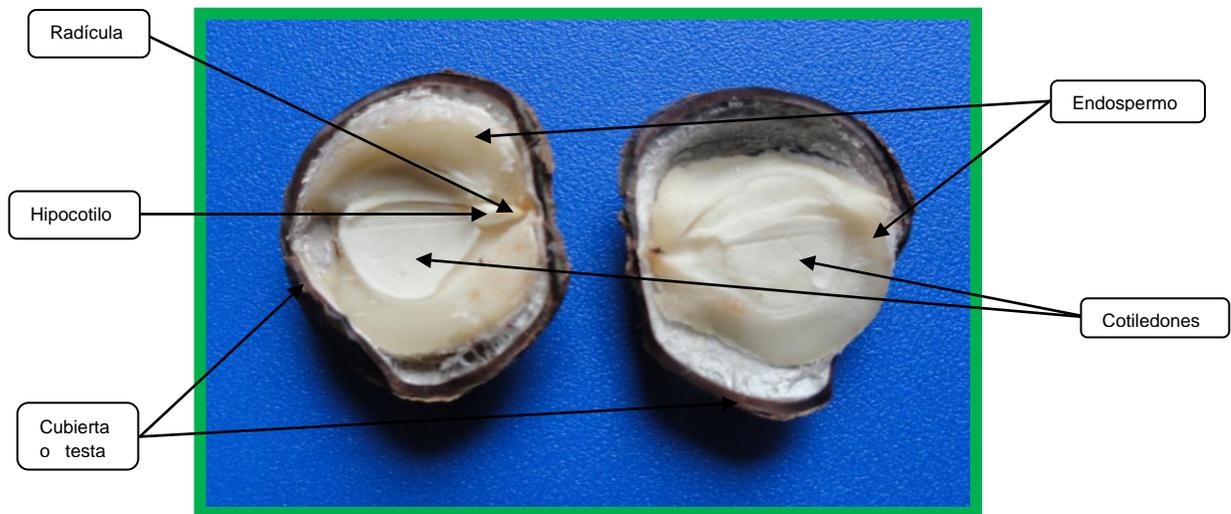


Foto 9. Estructura interna y externa de *Plukenetia volubilis* L.

2.1.25 Siembra del Sacha Inchi

2.1.25.1 Época de Siembra

Dorset (2009), señala que la siembra del Sacha Inchi está condicionada al régimen de lluvias. Por lo general, bajo condiciones de sequo, la siembra directa se realiza al inicio de las lluvias para garantizar una buena germinación. Por lo tanto en siembras directas la plantación debe instalarse entre diciembre y marzo. La siembra indirecta (en vivero) debe realizarse entre los meses de octubre y febrero.

2.1.14.2 Tipos de Siembra

a) Siembra directa

Dorset (2009), señala que en la siembra directa, la cantidad de semillas que se

precisa es de 1.0—1.5 kg/ha, donde las distancias entre hileras debe ser de 2.5 a 3 m, con distancia entre plantas de 3 m y 2 a 3 cm de profundidad de siembra.

Mientras que Juárez (2007), indica que en siembra directa se debe utilizar 1.5 a 2.0 Kg /ha. Depositando 1 a 2 semillas/golpe a profundidad de 5 a 8 cm y entre 15 a 20 cm del tutor. La emergencia se produce a partir de los 14 a 16 días después de la siembra.

Arévalo (1999), señala que en la siembra directa se colocan 2 semillas por hoyo y posteriormente se elimina la planta más débil, dejando la más vigorosa. Cuando las plantas están pequeñas se les debe proporcionar un poco de sombra, aprovechándose para esto la siembra de un cultivo asociado de subsistencia como maíz, yuca, frijol, algodón o el propio tutor.

b) Siembra indirecta

El Proyecto Perúbiodiverso (2009) señala que la siembra indirecta consiste en pre germinar la semilla en almácigos y repicar a bolsas negras de 0,5 kilogramos para lograr plantones de calidad en 60 días.

El mismo autor señala que la ventaja de utilizar plantones producidos en vivero es que se pueden seleccionar los de mejor calidad para enviarlos a campo definitivo luego de un proceso de aclimatación, lo que genera menor mortandad y pérdidas por plagas.

También se puede realizar la siembra directa sobre las bolsas utilizando dos semillas por golpe y repicando las plántulas sobrantes luego de 15 días. Los plantones deben ser repicados a las bolsas con sustrato antes de la aparición de la guía (Proyecto Perúbiodiverso, 2009).

Mientras que Dorset (2009), afirma que en la siembra indirecta, se utilizan almácigos preparados con arena lavada de río, colocando las semillas en hileras distanciadas a 10 cm y a una profundidad de 2 cm.

Incagro (2009), señala que para la siembra indirecta se utiliza dos semillas por bolsa para después de la germinación quedarnos con la más vigorosa.

Percy y Pari (2005) citado por Juárez (2007), señalan que la siembra en forma indirecta se realiza en bolsas de ½ Kg. de una mezcla de sustrato más tierra negra.; se remoja la semilla durante tres días y se coloca una semilla por bolsa y cuando la plántula está en la fase de ramificación se realiza el trasplante.

Valles 1993 citado por Juárez (2007), señala que la siembra en forma indirecta, se realiza el trasplante a raíz desnuda cuando aparece la segunda hoja verdadera y el tallo guía. La plántula se entierra a 10 cm dejando el cuello de las plántulas a 3 cm. debajo de la superficie del suelo.

2.1.26 Producción de Sacha Inchi en vivero

a) Selección de semillas

Las semillas deben provenir de plantas sanas que tengan alta producción, garantizadas, de cosechas recientes, uniformes y que tengan por lo menos un año en producción. Estas deben ser muy bien seleccionadas, eliminando: malogradas, picadas, enfermas, deformes, y las que no concuerden con el ecotipo elegido. (Paitan, sf).

Guerrero (2006) citado por Juárez (2007), señala que la semilla debe ser seleccionada de frutos maduros y de plantas que estén en el mejor estado y luego realizar la selección de semillas por tamaño, que estén sanas, que no estén vanas.

b) Desinfección de semillas

Antes de proceder a la siembra es necesario desinfectar las semillas, a fin de prevenir o controlar enfermedades fungosas que afectan la raíz de la planta y consiste en impregnar las semillas con un fungicida e insecticida disueltos en agua,

en forma de una pasta acuosa en donde se mezclan las semillas hasta que los productos queden uniformemente impregnados (Arévalo, 1999).

Incagro (2009), señala que la desinfección de semillas se realiza remojándolo en agua de ceniza durante 12 horas. La proporción de ceniza es de 250 gramos por litro de agua. El mismo autor señala que la finalidad de esta práctica es de eliminar los pequeños organismos adheridos a las semillas, los cuales podrían dañar la plántula y causar su muerte.

c) Remojado en agua

Paitan (sf), señala que se debe remojar las semillas como mínimo por 72 horas cambiando el agua cada 24. El mismo autor señala que todas las semillas flotan al momento de colocarlas en el agua por tanto no será posible eliminar las vanas sino al día siguiente de iniciado este proceso en que las vanas se quedan en la superficie.

d) Pre germinación

Se realiza en camas almacigueras de arena lavada o aserrín colocando las semillas en hileras cada 10 centímetros a una profundidad de 2 centímetros. La germinación se produce entre 8 y 14 días. Se requieren 2 metros cuadrados de área en la cama almaciguera para la producción de plantines de Sacha Inchi para una hectárea (Proyecto Perúbiodiverso, 2009)

EL mismo autor señala que en esta etapa se debe mantener una luminosidad menor de 50% y el sustrato debe estar siempre húmedo, pero sin encharcamiento de agua. Además de mantener una buena ventilación y aplicar fungicidas orgánicos a la semilla, para evitar ataques de hongos.

Por su parte Arévalo (1999), afirma que la siembra en vivero puede realizarse previamente en almácigos, distribuyendo las semillas en línea, a una profundidad de 3 cm y a una distancia de 10 cm entre sí.

e) Repique y/o almacigado en bolsas.

Dorset (2009) señala que el trasplante (repique) de las plántulas a bolsas de polipropileno negro con sustrato previamente preparado con tierra negra de bosque, se realiza antes de la aparición del 3er par de hojas verdaderas.

Arévalo (1999), señala que una vez alcanzado el estado de plántula con sus 2 hojas verdaderas se hace el repique o traslado de las más vigorosas a las bolsas plásticas de 10 x 20 cm, conteniendo tierra negra de bosque. Aquí se mantienen por un período de un mes, para luego ser trasladadas a campo definitivo para su trasplante, antes de que empiece a trepar, transcurriendo aproximadamente 45 días desde el almácigo a trasplante.

2.3 Importancia del sustrato

La tierra que se usa para llenar los envases y almácigos tiene que cumplir varias funciones: dejar entrar y retener el agua; ser rica en nutrientes; blanda para que la raíz pueda crecer y no desarmarse cuando se saque el envase.

Agroindustrias Amazónicas (2006) citado por Juárez (2007), señala que se utiliza tierra agrícola, arena de río y humus de lombriz o gallinaza o bagazo de caña descompuestos (1: 1:1) como sustrato para producir plantines en vivero.

El proyecto Perúbiodiverso (2009), señala que para el sustrato, se recomienda utilizar 50% de tierra negra más 20% de arena lavada y 30% de humus de lombriz.

El mismo autor señala que se deben desinfectar los sustratos con agua hervida o por solarización envolviéndolos totalmente en bolsas transparentes y exponiéndolos al sol por 48 horas.

Por su parte Incagro (2009), señala que el sustrato es una mezcla en base a: 50% de estiércol de ganado descompuesto, estiércol de lombriz o compost y 50% de

tierra del lugar y se puede desinfectar el sustrato con agua caliente o por solarización, cubriéndole con plástico transparente.

2.3.1 Materia disponible para un vivero

2.3.1.1 Tierra del lugar

La tierra del lugar es un sustrato propio del lugar de estudio, por debajo de los 3000 m.s.n.m., presentan características desde ligeramente acida a ligeramente alcalina, son suelos livianos o franco arenosos y suelos semipesados franco limoso.

La función de la tierra del lugar es sustituir en forma barata y sencilla. Además le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación (Fossati y Olivera, 1996).

2.3.1.2 Arena

La arena es el agregado más económico pero a la vez más pesado, es baja en nutrientes y en capacidad de retención de humedad, es química y biológicamente inerte. Las arenas finas contribuyen muy poco en mejorar las condiciones del sustrato, y su uso puede resultar en una reducción del drenaje y la aireación. Es preferible usar arena limpia con partículas de 0.2 a 0.5 mm de diámetro (Oirsa, 2002).

2.3.1.3 Gallinaza

Estrada (2002), afirma que la gallinaza se diferencia de otros estiercoles en que tienen un mayor contenido de nutrimentos, pero como ocurre con otros materiales, la composición final depende del manejo, almacenamiento y cantidad de cama y utilizada.

Su valor como fertilizante depende en gran parte de la humedad, que puede variar desde el 75% en la gallinaza fresca hasta el 8% en la deshidratada artificialmente.

La gallinaza fresca pierde amoníaco muy fácilmente, el contenido de nitrógeno puede ser de 1.5% en la gallinaza mal almacenada y del 4% en material deshidratado y bien almacenado. La gallinaza proveniente de ponedoras contiene más nutrientes que los provenientes de pollos de engorde, principalmente a la dieta más rica que recibe la ponedora, unido al mayor tiempo de acumulado y la ausencia de cama (Estrada, 2002).

Bongcam (2003), señala que la gallinaza es la principal fuente de nitrógeno de los abonos fermentados, igualmente aporta fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. La mejor gallinaza que se produce es la que se origina de la cría de las gallinas ponedoras bajo techo y con piso cubierto.

Se debe evitar usar el uso de gallinaza que se produce en la cría de pollos de engorde, porque esta contiene más agua y residuos de patógenos y antibióticos que matan microorganismos y por lo tanto interfieren en el proceso de fermentación de los abonos (Bongcam, 2003).

2.3.1.4 Aserrín

Para Vinifex (2002), el aserrín es el residuo de la madera más común y más ampliamente distribuido, tiene muchas características que lo hacen deseable para la preparación de sustratos. Según la especie de árbol del cual deriva, se ve influenciada la durabilidad del aserrín y la cantidad de nitrógeno complementario requerido para mantener un crecimiento normal de las plantas. Algunas especies contienen toxinas que pueden tener efectos negativos sobre las plantas cultivadas, por lo tanto debe comportarse porque en estado fresco su tasa de descomposición y demanda de nitrógeno es alta y puede contener sustancias tóxicas como resinas, taninos.

El mismo autor señala que todos los tipos de aserrín mejoran las condiciones físicas del sustrato. También el tamaño de partícula del aserrín permite que sea fácil su mezcla con otros componentes, este es comparable con la turba en su

efecto favorable sobre la densidad, porosidad y aireación. El contenido muy bajo de nitrógeno del aserrín excluye cualquier dificultad con la estabilidad química y biológica posterior a la pasteurización. Más aún, el aserrín con alto contenido de lignina es una forma relativamente durable de materia orgánica

En la mayoría de las mezclas, el efecto del aserrín sobre la acidez es ligero; ocasionalmente el pH del sustrato es elevado seguido de la descomposición. Aún así, la turba es más ácida que la mayoría de los aserrines. El pH del aserrín puede variar de acuerdo a la especie de origen, entre 4,8 a 6,8 siendo ligeramente ácido, por lo que disminuye el ataque de hongos y su poca fertilidad permite manejar la nutrición de las plantas (Sandoval y Stuardo, 2001).

2.3.1.5 Riego

Zalles (1988), menciona que es indispensable mantener húmedo el sustrato, un riego fino y en intervalos de un día es lo más aconsejable. Claro está, que la intensidad de riego estará en función de las condiciones climáticas reinantes en el lugar.

Incagro (2009), señala que se debe regar cada bolsita cada dos días, en las mañanas o atardecer dependiendo de la intensidad del sol y se debe eliminar las malezas manualmente.

2.3 Importancia del Sacha Inchi en la salud y alimentación

Nutri Omega (2011), Maravi (2009) y Paitan (sf), señalan que el consumo de Sacha Inchi es de mucha importancia por el aceite Omega 3 que ayuda en la salud y alimentación debido a que:

- Previene y mantiene la salud
- Controla y reduce el colesterol en la sangre
- Fundamental en la formación del tejido ocular

- Esencial en la formación de la estructura de las membranas celulares, más de la mitad del cerebro contiene Omega 3.
- Contribuye a mantener el equilibrio del Metabolismo
- Es ideal para mejorar la dieta alimenticia de los niños, jóvenes y adultos; recuperación de enfermos, especial en la dieta de la tercera edad.
- Fortalece el corazón y previene alteraciones cardiovasculares.
- Fortalece las funciones cerebrales, recomendable para fetos, niños, mujeres embarazadas, jóvenes, adultos y ancianos.
- Contiene antioxidantes que ayudan a mantener la piel sana.
- Posee propiedades antiinflamatorias en articulaciones, previene la artritis
- Refuerza el sistema inmunológico
- Contribuye a regular la presión arterial
- Disminuye el metabolismo de la glucosa en la diabetes
- Prevención de la arritmia y muerte súbita
- Previene la artritis reumatoide
- Combate la colitis ulcerosa
- Combate eczemas, psoriasis y acné
- Efectos anticancerígenos (colon, mama, próstata, pulmón leucemia, melanomas y reduce riesgos de metástasis.)
- Mejora la agilidad mental y Previene el Alzheimer.
- Disminuye efectos de estrés y depresión.
- Corrige el estreñimiento.
- Alivia síntomas de menopausia.
- Previene y reduce la hiperactividad en los niños.
- Mejora la concentración (ideal para estudiantes).
- Contrarresta el envejecimiento e inflamación de los pulmones.
- Ayuda a inhibir la formación de grasas en el hígado y limita la producción de sustancias proinflamatorias.
- Disminuye el riesgo de desarrollar hipertensión al embarazo.
- Esencial para el desarrollo neurológico del feto.
- Mejora el desarrollo psicomotor de los recién nacidos.

2.3.1 Usos principales

ProFound – Advisers in Development (2008), señala que el aceite de Sacha Inchi está adquiriendo reconocimiento internacional por sus propiedades de salud y sabor. Se puede usar en la industria cosmética, farmacéutica, alimentaria y de suplementos nutricionales.

a) Como aceite comestible

ProFound – Advisers in Development (2008), señala que el aceite Sacha Inchi se puede usar en la industria alimentaria como un aceite comestible. El aceite de Sacha Inchi tiene un sabor suave y de ligero parecido con las nueces y también puede utilizarse por ejemplo como aceite para la ensalada. Sin embargo, no se recomienda su uso para hornear.

En el siguiente Cuadro 3 se señala información nutricional del aceite comercializado por Agroindustrias Amazónicas.

Cuadro 3. Información Nutricional por 100 gr.
de aceite de Sacha Inchi

Colesterol	0
Vitamina A	681 ug.
Vitamina E	17 mg.
Energía (Kal/100)	555.7
Ácidos Grasos	%
Palmítico	3.80
Esteárico	2.50
Oleico	8.30
Linoleico	36.00
Linolénico	48.00
Total Saturados	6.30
Total Insaturados	92.00

Fuente: Agroindustrias Amazónicas citado por Juárez, 2007

Agroindustrias amazónicas (2006) citado por Juárez (2007), afirma que el aceite de Sacha Inchi tiene alto contenido en ácidos grasos esenciales omega 3 (48.60%), omega 6 (36.80%) y Omega 9 (8.28 %) antioxidantes vitamina A y alfa-tocoferol vitamina E, muy rica en aminoácidos esenciales y no esenciales, en cantidades suficientes para la salud y su digestibilidad es muy alta (más del 96%).

Hughes (2006) citado por Juárez (2007), menciona que el aceite de Sacha Inchi tiene un color Amarillo claro brillante (gardner 4-5) y tiene una consistencia viscosa. Aproximadamente 52% de la semilla contiene aceite, el cual más de 90% es insaturado. La composición de ácidos grasos del Sacha Inchi puede ser visto en el siguiente Cuadro 4.

Cuadro 4. Composición de los principales ácidos grasos del aceite de Sacha Inchi (FAO)

ACIDO GRASO	%
Ácido Palmítico	4.00 (+-1%)
Ácido Esteárico	2.50 (+-1%)
Ácido Oleico (Omega 9)	9.00 (+-2%)
Ácido Linoleico (Omega 6)	34.00 (+-2%)
Ácido Linolénico (Omega 3)	50.00 (+-3.50)
Otros	<1.5%

Fuente: FAO citado por Juárez, 2007.

b) Como ingrediente natural para el cuidado de la piel y el sector cosmético

Tradicionalmente, las mujeres de varios grupos étnicos peruanos mezclan el aceite de Sacha Inchi con la harina, lo cual resulta en una crema que revitaliza la piel y da un aspecto saludable (anti-envejecimiento). Hace la piel suave y brillante (Juárez, 2007)

En el mercado global también se puede utilizar en el sector cosmético para el cuidado de la piel. El aceite actúa como un humectante de la piel y se puede utilizar contra las arrugas y para hidratar una piel seca. También puede utilizarse para la piel sensible.

Además, el aceite de Sacha Inchi se puede usar en jabones (como un factor para dar cohesión y espuma), champús y acondicionadores del cabello. Le da al cabello un aspecto suave y brillante y ayuda a renovar el cabello seco y sin vida. Finalmente, también se puede aplicar aceite de Sacha Inchi en masajes en áreas adoloridas o estresadas y como terapia relajante (Juárez, 2007)

El mismo autor señala que en el Perú, se está procesando Sacha Inchi en harina y en varias comidas tradicionales. Tradicionalmente, las etnias indígenas Secoyas, Amueshas, Cashibos y Bora comen la nuez del Sacha Inchi tostada para adquirir fuerzas.

c) Aplicaciones en la etnomedicina

Zanabria (2009), señala que en la Amazonía Peruana las mujeres nativas mezclan el aceite con la harina de Sacha Inchi, agregando aceite de unguurahui y preparan una crema para revitalizar y rejuvenecer la piel. Asimismo, las nueces tostadas se usan como reconstituyente y con el aceite frotan sus cuerpos para calmar dolores musculares y reumáticos.

EL mismo autor afirma que los nativos Secoyas, Handosas, Amueshas, Cashibos, Dapanahuas y Boras comen los granos tostados de *Plukenetia volubilis* para recuperar la fuerza y los usan como un tónico para afrontar el trabajo duro. Con el aceite frotan sus cuerpos para aliviar los dolores reumáticos y musculares

2.3.2 Aceites omegas

Investigaciones al respecto indican que los peces tienen mayores valores de omega 3, muchos estudios revelan que disminuye en los seres humanos el riesgo de padecer arteriosclerosis (endurecimiento de las arterias) y la formación de colesterol, por lo tanto es muy importante consumir este aceite porque ayuda a que nuestras arterias sean más elásticas disminuyendo el peligro de endurecimiento de las mismas. En este sentido se recomienda consumir pescado varios días de la semana para tener este “bendito” ácido graso y así prevenir las enfermedades de sistema cardiovascular que son las que nos podrían hacer perder la vida. Entre los peces, cuyas carnes que tienen mayor cantidad de omega 3 (entre 24% y 39%) tenemos a la anchoveta, sardina, jurel, caballa, merluza. Es decir los pescados consumidos por la mayoría de la población de bajos recursos, (Juárez, 2007).

IX. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en el vivero de la Estación Experimental de Sapecho de la Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, provincia Sud Yungas del departamento de La Paz, distante a 270 km de la ciudad de La Paz.

Geográficamente se encuentra entre las coordenadas de:

- Latitud 15° 31'S
- Longitud 67° 26' W
- Altitud 450 msnm



Figura 4. Mapa de ubicación de la Estación Experimental de Sapecho

3.1.2 Características climáticas

El clima en 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, es común la presencia de heladas entre los meses de julio y septiembre. La precipitación promedio en el área es de 1,193 mm con valores mínimos de 16,3 mm en agosto y máximos de 2 11.6 mm en enero. La humedad relativa promedio es de 84,9 % con una mínima de 79,7 % en septiembre y máxima de 89,3 % en mayo. 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 zona de vida ecológica corresponde al bosque húmedo subtropical, la época húmeda, dura 5 meses de noviembre a marzo, los meses con menor precipitación son de mayo a agosto, la humedad relativa se encuentra por encima del 70%.

3.1.3 Ecología

Las zonas de vida de la región presentan un patrón de distribución paralelo al valle del río Alto Beni, zona de vida de bosque húmedo subtropical ocupándose y extendiéndose por las colinas circundantes hasta una altitud de 750 m.s.n.m. aproximadamente, siendo más específico la localidad de Sapecho se encuentra en la zona central del valle con topografía plana y suelos aluviales.

3.2 Materiales

3.2.1 Material biológico

Se utilizó la semilla de dos ecotipos de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L) adquiridas de Alcibíades Sánchez Macedo en la localidad de Tarapoto departamento de San Martín, república del Perú. Los ecotipos utilizados son: Pinto Recodo e Intervarietal y fueron seleccionados tomando en cuenta su importancia económica y las recomendaciones del proveedor del insumo.

3.2.2 Material para sustrato

Se utilizó tierra del lugar, proveniente de las parcelas de Estación Experimental de Sapecho, arena de río, aserrín descompuesto, gallinaza y ceniza adquiridos de zonas aledañas a la E.E.S.

3.2.3 Materiales de campo

Los materiales de campo utilizados son los siguientes:

Machete, azadón, rastrillo, pala, picota, carretilla, cernidor, wincha, lienzo, estacas de madera, marbetes, cintas de colores, bolsas de polietileno de 22,5 x 12 cm, probeta, bolígrafos, libreta de notas, alambre, clavos, malla sarán, cámara fotográfica, regadera, vernier

3.2.4 Materiales de escritorio

Los materiales de escritorio utilizados son: Equipo de computación, material bibliográfico y de escritorio.

3.3 Metodología

La metodología del experimento comprendió la caracterización de la fenología del cultivo, la determinación de las variables morfológicas de la planta y la determinación de los costos de producción de los plantines en vivero.

3.3.1 Diseño experimental

Para el estudio se utilizó el Diseño Completamente al Azar Bifactorial (Ortega, 1994 citado por Luna, 2011), con seis tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo un total de veinticuatro unidades experimentales, cuyo modelo lineal aditivo para el análisis estadístico es:

Modelo lineal

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera

μ = Media poblacional

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (ecotipos)

β_j = Efecto del k-ésimo factor B (sustratos)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del factor A y del factor B

ε_{ij} = Error experimental

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos involucraron a dos factores e interacciones (Cuadro 5):

Factor A: ecotipos de Sacha Inchi

a₁: Pinto Recodo

a₂: Intervarietal

Factor B: Composición de sustratos

b₁: Tierra de lugar y arena 3:1

b₂: Tierra de lugar, aserrín y arena 3:2:1

b₃: Tierra de lugar, gallinaza y arena 3:2:1

Cuadro 5. Códigos y descripción de los tratamientos en estudio

Nro.	Código	Descripción
T1	a ₁ b ₁	Pinto recodo + tierra de lugar y arena
T2	a ₁ b ₂	Pinto recodo + tierra de lugar, aserrín y arena
T3	a ₁ b ₃	Pinto recodo + tierra de lugar, gallinaza y arena
T4	a ₂ b ₁	Intervarietal + tierra de lugar y arena
T5	a ₂ b ₂	Intervarietal + tierra de lugar, aserrín y arena
T6	a ₂ b ₃	Intervarietal + tierra de lugar, gallinaza y arena

3.3.3 Dimensiones de la parcela experimental

- Área total del ensayo: 4,80 m x 7,20 m = 34,56 m²
- Forma del ensayo: rectangular cada tratamiento con una dimensión de: 43 cm de largo y 34 cm de ancho.
- Número de tratamientos: 6
- Número de repeticiones: 4
- Número total de unidades experimentales: 24
- Distancia entre tratamientos: 0.50 m
- Distancia entre sustratos: 0.1 m
- Plantas por repetición: 20
- Plantas por tratamiento: 80
- Plantas totales del ensayo: 480

3.3.4 Procedimiento experimental

3.3.4.1 Limpieza del área de experimento

La limpieza del área del experimento se realizó con un machete, posteriormente se utilizó un azadón para quitar las raíces de las malezas y finalmente se utilizó un rastrillo para quitar los restos de material vegetal.

3.3.4.2 Acopio de sustrato

La tierra del lugar fue acopiada en una parcela de la Estación Experimental de Sapecho. Mientras que la arena de río fue acopiado del río Beni, que pasa por la E.E.S. La gallinaza fue recolectada de una granja de la localidad de Sapecho, ubicada en la carretera Sapecho- Palos Blancos y finalmente el aserrín fue adquirido de una barraca de la localidad de Sapecho.

3.3.4.3 Preparado de sustrato

Antes de la preparación de los diferentes sustratos se realizó el cernido de la tierra, para evitar que tenga piedras y raíces. Para obtener un buen sistema radicular se debe confeccionar un buen sustrato, para ello se utilizó tres sustratos en base a gallinaza, arena, aserrín y tierra del lugar que no sea muy arcillosa y además se adicionó ceniza en cada tratamiento.

Para la esterilización del sustrato se utilizó el método de solarización, que consistió en exponer al sol el sustrato por una semana dándole vuelta de tal forma que todo el material reciba los rayos del sol.

La preparación del sustrato se realizó en proporciones ya señaladas anteriormente y además se agregó ceniza para prevenir el ataque de hongos, los cuales podrían dañar la plántula y causar su muerte. Finalmente se procedió al mezclado homogéneo de los sustratos preparados.

3.3.4.4 Preparación y llenado de bolsas

Se utilizaron bolsas de polietileno de 22 x 12,5 cm y que fueron perforadas para facilitar el drenaje del agua. El llenado de las bolsas con los diferentes sustratos se realizó de tal forma que no se dejaron espacios libres en el interior de la bolsa. Una carretilla de sustrato alcanzó para llenar de 58 en promedio.

3.3.4.5 Enfilado de macetas

Antes de enfilear las macetas se niveló el terreno para colocar las macetas y se abrieron canales de drenaje. Finalmente se enfileó las macetas con ayuda de una lineadora o de un lienzo. Al alinear las macetas se dejó calles de 60 cm que permitieron realizar las labores culturales.

3.3.4.6 Semilla

El número de semillas por kilogramo varía según ecotipo como indica Sánchez (2011), donde el ecotipo Pinto Recodo presenta 730 semillas en promedio y con dimensiones 2,67 cm de largo y 0,85 cm de ancho y el ecotipo Intervarietal con 460 semillas en promedio y con dimensiones de 1,99 cm de largo y 1,25 cm de ancho.

a) Remojo de semilla en agua

Para propagar eficientemente el Sacha Inchi se realizó un tratamiento pre germinativo que consistió en el remojo de la semilla durante 72 horas cambiando el agua cada 24 horas. Al principio todas las semillas flotaron, por lo tanto recién al día siguiente se eliminaron las consideradas malas.

b) Germinación

Para esta etapa, se utilizaron envases de plástico de forma rectangular como charolas germinadoras de 14 cm x 20 cm de dimensión. Se colocaron 10 semillas en cada envase.

Una vez colocadas las semillas en los envases, se realizó el riego de las mismas periódicamente, procurando mantener un nivel de humedad, con la finalidad de no provocar la presencia de hongos en las semillas. Los registros para la germinación se realizaron cada día durante un lapso de 20 días.

c) Siembra

Un día antes de la siembra se procedió. Se sembraron una semilla por maceta en los sustratos correspondientes, introduciendo la semilla a una profundidad de 2 cm. Cada unidad experimental estaba conformada por 20 macetas y posteriormente se cubrió las macetas con aserrín descompuesto.

Posteriormente se aplico riego a las macetas y se tuvo un monitoreo constante hasta la emergencia de los ecotipos y tomar los datos de acuerdo a las variables.

3.3.4.7 Cuidado de las plantas en vivero

Los principales cuidados fueron los siguientes:

- a) Riegos:** Se realizó 2 a 3 veces por semana, especialmente en la etapa de emergencia, para lo cual se utilizaron regaderas de plásticos de 10 litros de capacidad. La fuente de agua utilizada para el riego fue proveniente de un arroyo circundante a los predios de la EE-S.

- b) Deshierbes:** Durante el ensayo se realizo deshierbes constantes para evitar el crecimiento de las malezas en las macetas.

- c) Control de plagas y enfermedades:** Durante el ensayo no se presentaron ningún tipo de plaga y enfermedad, a sugerencia de uno de los revisores solo se coloco un cerco perimetral alrededor del experimento, para evitar el ataque de Tatus que buscan lombrices ubicadas debajo las macetas.

3.3.6 Variables de respuesta

a) Días a la germinación

La determinación de la germinación se realizo mediante la cámara húmeda. Guerrero (2006) citado por Juárez (2007), señala que la cámara húmeda consta de una bandeja acondicionada con papel toalla o papel higiénico dentro de la base de la bandeja, humedecida la misma acondiciona a las semillas y sobre estas acondiciona otra capa de papel toalla o papel higiénico humedecido, terminado se cubre la bandeja con un impermeable de plástico.

Para la toma de este dato se cuenta el tiempo de germinación de 80 semillas por cada ecotipo, distribuidas en bandejas de 20 semillas. Se considero semilla

germinada cuando se noto la presencia de la radícula. Se realizaron observaciones cada día; hasta 20 días después de la siembra en las bandejas de plástico.

b) Días a la emergencia

Esta etapa consistió en registrar en cuantos días emergen las semillas sembradas en las bolsas con sustratos, en la siembra se colocaron un semilla por bolsa, es decir, se cuenta el tiempo de emergencia de cada tratamiento luego de la siembra. La emergencia de las plantas fue determinada al aparecer sobre el hipocótilo el sustrato y fue cuantificada desde la siembra.

c) Porcentaje de emergencia

Esta variable se realizo con el conteo de cada tratamiento y cada repetición desde la siembra y se identifico por la aparición del hipocótilo o del endospermo.

La siguiente relación matemática evaluara el porcentaje de emergencia luego de cuantificar las semillas emergidas es la siguiente:

$$\text{Porcentaje de emergencia} = \frac{\text{Plantas emergidas}}{\text{Semillas sembradas}} \times 100$$

d) Longitud de la planta (cm)

La longitud de la planta se evaluó cada siete días hasta los 35 días dds, midiendo en cm con una regla y cinta métrica, los puntos de referencias fueron la base del tallo y la yema apical.

e) Diámetro tallo

La evaluación se realizó cada siete días después de la emergencia de las semillas.

Se midió en la base del tallo. La diferencia en la relación diámetro del tallo se asociará a la diferencia en el crecimiento de la planta propiciado por el sustrato aplicada.

f) Longitud de la raíz

Esta variable se registro antes del trasplante a campo definitivo. Para poder obtener el plantín con la raíz se procedió al remojo en agua durante unos minutos, hasta que el sustrato se humedezca para facilitar la obtención de la raíz, posteriormente con mucho cuidado se quito el sustrato y finalmente se lavo la raíz con agua. La medición de la longitud se realizo con una regla.

g) Volumen de la raíz

Para determinar el volumen, se empleo el método tradicional de la probeta. Se tomo una probeta de 100 ml con error de lectura 0.05 ml y se llevo a un volumen de agua dado (V_1), seguidamente se introduce el sistema radicular de la planta, el volumen de agua que sobrepasa V_1 es proporcional al volumen de las raíces. Por lo que el volumen radical se determina por la diferencia entre alcanzado, una vez introducidas las raíces (V_2) y (V_1). El volumen obtenido en mililitros se convirtió a cm^3 .

h) Días a trasplante definitivo

Consistió en realizar el conteo de cuantos días requiere la planta desde el momento de la siembra hasta el trasplante a campo definitivo. Los días que requerían las plantas para el trasplante se tomo cuando empieza la emisión de la guía.

3.3.6 Procesamiento estadístico

El procesamiento estadístico de los datos se realizó mediante Análisis de Varianza,

Utilizando la Prueba de Duncan para la comparación de las medias; para lo cual se empleo el programa SAS (Statistical Analysis System) versión 6.12.

3.3.7 Valoración económico-productiva

La valoración económica se realizó a través del cálculo de diferentes indicadores de efectividad económica; costo, ganancia y rentabilidad, según Polimeni (2000). Haciendo un análisis comparativo entre los diferentes tratamientos.

Se tomo en cuenta, además, algunos indicadores productivos como el gasto por la compra de semillas y sustrato, disponibilidad de plántulas para el trasplante, entre otros.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación se procesaron de acuerdo a las diferentes variables de estudio que fueron los siguientes:

4.1 Condiciones climáticas

4.1.1 Temperatura

La temperatura media durante los tres meses en la Estación Experimental de Sapecho durante el desarrollo del experimento (octubre, noviembre y diciembre) fue de 26.1 °C, con una mínima de 20.13 °C y máxima 32.08 °C en promedio respectivamente. La temperatura mensual media más alta fue de 33.44°C ocurrido en el mes de diciembre, mientras que la más baja de 19.63 °C en el mes de noviembre como se puede apreciar en el Cuadro 6.

Manco (2005) citado por la Universidad Nacional de San Martín /Facultad de Agronomía (1995), menciona que los parámetros de temperaturas adaptables a Sacha Inchi está entre 10 °C y 36 °C. Mientras que Arévalo (1996) citado por Juárez (2007), experimentalmente ha realizado evaluaciones de ecotipos de "Sacha Inchi" en la Estación Experimental El Porvenir, ubicada en el Distrito de Juan Guerra, Tarapoto, a T° máxima de 32.2°C, una T° mínima de 20.4 °C y una T° media de 26.6 °C, observándose un buen desarrollo en general.

Juárez (1995), señala que Lamas es otra provincia de la Región San Martín donde se tiene campos a nivel comercial con buena adaptabilidad a las condiciones climáticas; esta provincia reporta una T°. Máxima de 26.76 °C; temperatura mínima de 19.8 °C y una temperatura media de 22.71 °C.

Dorset (2009), señala que las plantas de Sacha Inchi crecen y se desarrollan plenamente al rango de temperatura que caracterizan a la Amazonía (mínima 10 °C y máxima 36 °C).

Cuadro 6. Temperaturas máximas y mínimas (°C) de la Estación Sapecho SENAMHI, provincia Sud Yungas, departamento de La Paz de Octubre a Diciembre de 2010.

TEMPERATURA									
DÍA	OCTUBRE			NOVIEMBRE			DICIEMBRE		
	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx	Media	Mín
1	34	27,5	21	28	24	20	35,5	28,75	22
2	26	24,5	23	34	27	20	36	28	20
3	24	20,5	17	34	26	18	35	29	23
4	29	23	17	35	25,75	16,5	25	22,5	20
5	37	26,5	16	37	28,75	20,5	36	26,5	17
6	39	28	17	31	26,75	22,5	38	29	20
7	38,5	28,75	19	35	27,25	19,5	33,5	28,25	23
8	24	21,5	19	36	26,75	17,5	35	29	23
9	34	26	18	31	26,75	22,5	28	26	24
10	27	22,5	18	23	21,5	20	35	28	21
11	31	24	17	29	24	19	36	30	24
12	35	25,75	16,5	33	24,5	16	37	28,5	20
13	33	26,5	20	35	26,5	18	26	24	22
14	35	26,5	18	35	26,25	17,5	29	22,5	16
15	24	22	20	36	28	20	34	26	18
16	30	25	20	28	24	20	35	25	15
17	32	26	20	27	23,25	19,5	37	26	15
18	25	22,5	20	33,5	26,25	19	37	29	21
19	32,5	26,75	21	33	26	19	36	29,25	22,5
20	35	27,5	20	32	25,5	19	38	31	24
21	30	26,5	23	36	29	22	27	24	21
22	35	28	21	31	27	23	32	27	22
23	26	23,5	21	28	25,5	23	33,5	27,25	21
24	26	24	22	26,5	23,75	21	34	28	22
25	36	28,75	21,5	34	27,5	21	37	29,5	22
26	31	26,5	22	37	28,5	20	30	25,75	21,5
27	33	26	19	35	29	23	35	28,5	22
28	38	28,5	19	37	31	25	35	28,5	22
29	34	29,25	24,5	31	27,25	23,5	28	25,5	23
30	36,5	30,25	24	31	27	23	32	26,5	21
31	24	21,5	19				31	26,5	22
PROM	31,44	25,61	19,79	31,35	25,49	19,63	33,44	27,20	20,97

Fuente: Estación Meteorológica Sapecho

4.1.2 Precipitación

Se determinó una precipitación total de 566.8 mm en los tres meses (octubre, noviembre y diciembre) en el desarrollo el experimento. En el mes de octubre se registro la mayor precipitación con un total de 309.9 mm, seguido del mes de diciembre que tuvo una precipitación de 192.7 mm, sin embargo la menor cantidad de precipitación se registro en el mes de noviembre con un total de 64.2 mm como se señala en la Figura 5. Por lo tanto entre octubre y noviembre se observo las mayores variaciones en cuanto a la cantidad de lluvia.

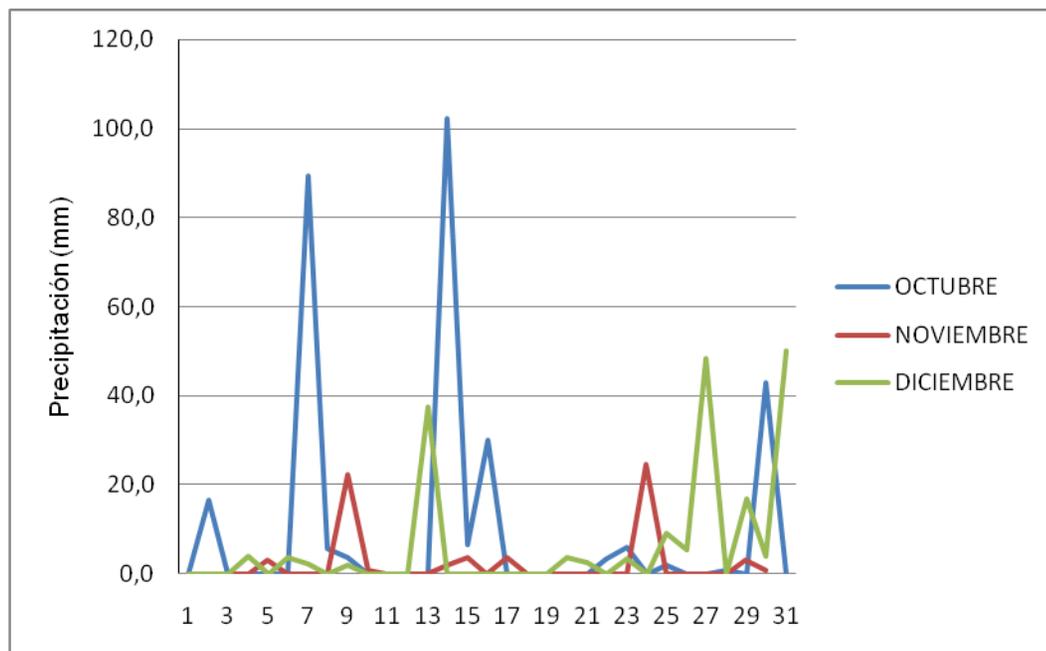


Figura 5. Precipitación diaria (mm) Estación Sapecho-SENAMHI, provincia Sud Yungas, departamento de La Paz de octubre a diciembre de 2010.

Dorset (2009) y Manco (2006), señalan que, las plantas requieren de disponibilidad permanente de agua, para tener un crecimiento sostenido, siendo mejor si las lluvias se distribuyen en forma uniforme durante los 12 meses (850-1.000 mm). Por lo tanto el riego es indispensable en los meses secos, dado que los períodos relativamente prolongados de sequía o de baja temperatura causan un crecimiento lento y dificultoso.

Sánchez y Amiquero (2004) citado por IIAP (2009), señala que la precipitación óptima para el Sacha Inchi es desde 1000 a 1250 mm. Manco (2005) citado por Juárez (2007), dice que el Sacha Inchi se adapta desde los 100 a 2000 m.s.n.m.; registrándose así mismo las mejores semillas (> 12mm) a plantaciones establecidas desde los 600 m.s.n.m. Por lo anteriormente señalado las condiciones climáticas (temperatura y precipitación) de la localidad de Sapecho son propicias para el desarrollo del Sacha Inchi.

4.2 Fases fenológicas del Sacha Inchi en vivero

Como primera variable resultado del trabajo de investigación se aporta las etapas fenológicas del cultivo de Sacha Inchi en etapa de vivero.

Como se ha explicado anteriormente, el seguimiento fenológico comenzó luego de la siembra del cultivo. Por lo tanto dividió al cultivo en 6 fases fenológicas, siendo las mismas visualmente detectables, proponiendo las siguientes etapas ontogénicas:

Germinación (G): Con condiciones ambientales adecuadas, la germinación comienza cuando la semilla absorbe, aproximadamente, el 50% de su peso en agua. Se observa que la radícula rompe la testa. La radícula (raíz embrional) emerge de la semilla. Posteriormente sigue la elongación de la radícula, la formación de sus primeras ramificaciones que servirán de anclaje al hipocótilo. El hipocótilo con los cotiledones crecen, dirigiéndose hacia la superficie del suelo.

Emergencia (E): Se observa el hipocótilo en forma de arco o gancho, empujando al epicótilo y a los cotiledones, haciéndolos emerger sobre la superficie del suelo. La oscuridad y la resistencia del suelo determinan la formación del gancho, que se endereza después de la emergencia. Este mecanismo presenta las ventajas de una menor resistencia al arrastre de los cotiledones por su unión y estos últimos protegen a su vez al epicótilo. El hipocótilo sobresale del suelo y presenta los cotiledones todavía encerrados en el episperma.

Etapa cotiledonar (VC): La luz provoca el enderezamiento del gancho hipocotilar, y se promueve la síntesis de clorofila en los tejidos expuestos al sol. El hipocótilo se endereza, los cotiledones se despliegan y permanecen horizontales a cada lado del eje caulinar. Cotiledones completamente desenrollados y en el nudo inmediato superior los bordes del primer par de hojas unifoliadas paralelas no se tocan.

1er par de hojas (VH1): Comienza el despliegue de las hojas del primer par de Hojas paralelos. 1er par de hojas verdaderas desplegadas. Las hojas presentan una coloración verde clara y textura. Continúa el crecimiento del tallo principal.

2do par de hojas (VH2): Comienza el despliegue del segundo par de hojas. Y se completa el despliegue del 2do par de hojas verdaderas. Hojas del 2do par son alternas.

3er par de hojas (VH3): El tercer par de hoja alterna se desarrolla completamente. Hojas del 3er par son alternas. A partir de V3 la planta desarrolla su guía, esto es indicativo de que la planta debe ser trasplantada.

4.2.1 Fenología del ecotipo Pinto Recodo

El número de días que requiere para completar cada fase el ecotipo Pinto Recodo en vivero se señala en la Figura 6.



Figura 6. Fenología del ecotipo Pinto recodo en etapa de vivero

- En el caso del ecotipo Pinto recodo desde la siembra hasta germinación, la cantidad de días requeridos varía entre un mínimo de 4 y un máximo de 12 días para la germinación.
- Para la fase de emergencia la cantidad de días oscila entre 13 hasta 23 en el caso del ecotipo Pinto recodo.
- La primera hoja verdadera se observó entre los días 15 hasta 25 después de la siembra del ecotipo.
- Mientras que la segunda hoja verdadera se desarrolló entre el día 21 hasta 30 después de la siembra.
- En el caso de la tercera hoja verdadera la fluctuación se registró entre los días 27 hasta 39 respectivamente.
- Para la duración total del cultivo en vivero antes del trasplante se tuvieron 34 en promedio para el caso del ecotipo Pinto recodo.

4.2.2 Fenología del ecotipo Intervarietal

La siguiente Figura 7 se describe la cantidad de días que se requiere cada fase del ecotipo Intervarietal.



Figura 7. Fenología del ecotipo Intervarietal en etapa de vivero

- En el caso del ecotipo Intervarietal desde la siembra hasta germinación, la cantidad de días requeridos varía entre un mínimo de 9 y un máximo de 16 días para la germinación.
- Para la fase de emergencia la cantidad de días oscila entre 17 hasta 27 en el caso del ecotipo Pinto recodo.
- La primera hoja verdadera se observó entre los días 19 hasta 29 después de la siembra del ecotipo.
- Mientras que la segunda hoja verdadera se desarrolló entre el día 25 hasta 36 después de la siembra.
- En el caso de la tercera hoja verdadera la fluctuación se registró entre los días 32 hasta 43 respectivamente.
- Para la duración total del cultivo en vivero antes del trasplante se tuvieron mayor a 39 en promedio para el caso del ecotipo Intervarietal

Aranda (2009), señala que la fenología es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico como la brotación, la maduración de los frutos y otros. Como es natural, estos fenómenos se relacionan con el clima de la localidad en que ocurre; y viceversa, de la fenología se puede sacar secuencias relativas al clima y sobre todo al microclima cuando ni uno, ni otro se conocen debidamente.

Manco (2003), señala que el Sacha Inchi para completar su fenología en almacigo requiere 13 días para la emergencia d.d.a. mientras que para la emergencia del primer par de hojas verdaderas requiere de 17 a 27 d.d.a. m para el segundo par entre 22 y 39 d.d.a. y para el tercer 3er par de 34 y 48 días después del almacigado.

Incagro (2009), señala que la emergencia comienza entre los 15 a 20 días después de la siembra y el trasplante se realiza a acampo definitivo 15 días después de la aparición del primer par de hojas verdaderas y se realiza a 20 cm del tutor.

Mientras que el CIED (2007), señala que después de 40 a 45 días de haberse sembrado las semillas en bolsas plásticas contenidas de sustrato (vivero), las plantas se encuentran listas para ser transportadas y plantadas en terreno definido.

Las plantas tendrán un período en vivero de 45 a 60 días antes de ser trasplantadas a campo definitivo (Proyecto Perú Biodiverso, 2009).

Por lo anteriormente señalado podemos mencionar que la fenología del cultivo se ha generado a partir de la producción de plantines en almacigo y siembra directa en bolsas, en el primer caso los plantines son repicadas en bolsas con sustratos que luego son trasplantadas directamente al campo.

En general, la fenología obtenida en este ensayo fue diferente a la obtenida por Manco (2003), con Sacha Inchi en Perú. Esto fue probablemente debido a la diferencia de producción de los plantines, en el presente estudio se realizó en vivero, ya que en la siembra en almacigo y luego el repique a bolsas aumenta el tiempo de permanencia de las plantas en vivero y este tipo de producción limita el crecimiento, requiriendo un mayor tiempo de las plantas en vivero.

4.3 Días a la emergencia

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para días a la emergencia obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Análisis de varianza para días a la emergencia

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC.	Pr > r	Significancia
Ecotipo	1	80.66	80.66	42.09	0.001	*
tipo de sustrato	2	8.58	4.29	2.24	0.1354	NS
Ecotipo x Sustrato	2	0.08	0.041	0.02	0.9785	NS
Error experimental	18	34.5	1.9			
Total	23	123.83				

C.V. = coeficiente de variación = 8.46%

En el Cuadro 7, el Factor A presenta diferencias significativas en relación al número de días a la emergencia, por lo tanto el comportamiento de los ecotipos no fue homogéneo durante el tiempo que duro el experimento. Esto puede deberse a que existen diferencias morfológicas entre las semillas de los dos ecotipos (Pinto recodo e Intervarietal).

En relación al Factor B, los tres sustratos preparados no presentan diferencias significativas. Por lo tanto los sustratos preparados para el experimento no influyen directamente en la emergencia de los ecotipos. Por lo tanto el análisis de varianza muestra que no hay diferencias significativas entre el número de días a la emergencia en los sustratos establecidos.

En la interacción de los factores de estudio no se observaron diferencias significativas. Por lo que se muestra que no hay diferencias entre los factores de estudio ecotipos y sustratos al ($p < 0.05$). El coeficiente de variación es de 8.46% que representa el grado de confiabilidad de los datos obtenidos durante el ensayo.

Cuadro 8. Prueba de Duncan para días a la emergencia entre ecotipos

DUNCAN (5%)	MEDIA (días)	ECOTIPOS
A	18	2
B	14	1

En la prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0.05$) cuadro 8, la evaluación de los días a la emergencia se identificaron dos grupos, mostrando diferencias donde el ecotipo 2 (Intervarietal) requirió 18 días para la emergencia frente al ecotipo 1 (Pinto recodo) que emergió en 14 días, lo que señala que existe diferencias entre ecotipos, esto puede deberse a las diferencias morfológicas de las semillas, por ejemplo el ecotipo Pinto Recodo presenta un mayor diámetro de semilla en relación al ecotipo Intervarietal, mientras que el Pinto Recodo es de menor tamaño en grosor en el centro de la semilla con respecto al Intervarietal, esta diferencia asociados tal vez al diámetro de la testa de la semilla hizo que el agua hidrate a la semilla y así acelere y el tiempo de la emergencia.

Como señala Arévalo (1999), el Sacha Inchi presenta una variabilidad muy amplia, observándose cultivares y ecotipos que difieren grandemente en área de follaje, tamaño y forma de sus hojas, y semillas.

La variabilidad en los caracteres morfológicos en *P. volubilis* fueron observados por Manco (2006), quien reportó la existencia de 47 ecotipos y Arévalo (1995), que menciona ecotipos con diferencias considerables en cuanto al área de follaje, tamaño y forma de sus hojas y semillas.

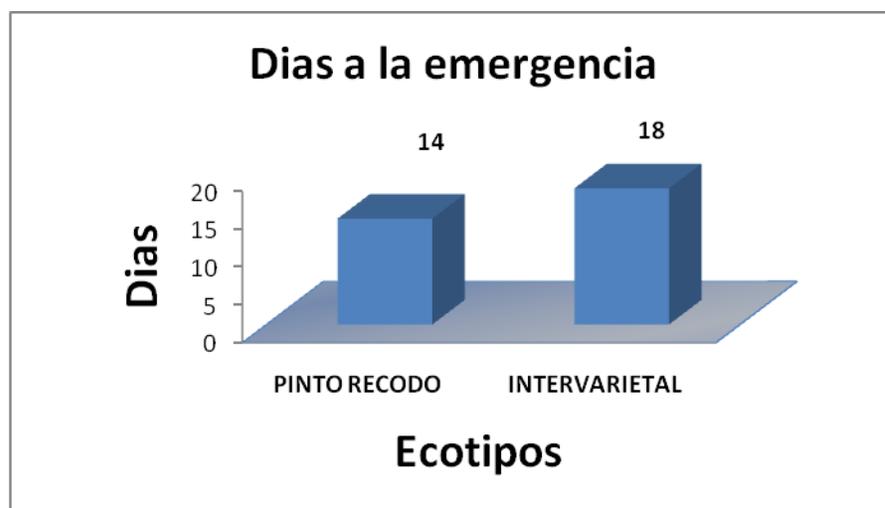


Figura 8. Días a la emergencia de los ecotipos de Sacha Inchi

Por otro lado Arévalo (1999), señala que si existe una suficiente humedad, la emergencia se inicia aproximadamente a las dos semanas de haberse realizado la siembra. Mientras que Manco (2006), señala que la emergencia del Sacha Inchi ocurre 11 a 14 después del almácigado. Por su parte Incagro (2009), señala que la emergencia comienza entre los 15 a 20 días después de la siembra.

4.4 Porcentaje de emergencia

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para días a la emergencia se obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de Varianza para porcentaje de Emergencia

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC.	Pr > r	Significancia
Ecotipo	1	26.04	26.04	1.36	0.258	NS
tipo de sustrato	2	127.08	63.54	3.33	0.050	*
Ecotipo x Sustrato	2	77.08	38.54	2.02	0.162	NS
Error experimental	18	343.75	19.09			
Total	23	573.95				

C.V. = coeficiente de variación = 4.77%

Los resultados obtenidos señalan que en el tipo de sustrato, Factor B, muestra diferencias significativas para el porcentaje de emergencia como se observa en el análisis de varianza, es decir, existen diferencias entre los sustratos utilizados.

Mientras que en el Factor A (Ecotipos) los resultados obtenidos señalan que no existe significancia, al igual que en la interacción ecotipo-sustratos, por lo que no se observa la influencia entre los dos factores de estudio. Siendo un aspecto importante a considerar el efecto de los sustratos para propósitos de propagación sexual. El coeficiente de variación es de 4.77% representa el grado de confiabilidad de los datos, y se encuentran dentro de los rangos aceptables.

Cuadro 10. Prueba de Duncan para sustratos en porcentaje de emergencia

DUNCAN (5%)	MEDIA (%)	SUSTRATOS
A	94.37	2
AB	91.25	1
B	88.75	3

En la evaluación del porcentaje de emergencia realizando las comparaciones en la prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0.05$), se identificaron tres grupos de significancia, mostrando un mayor porcentaje con 94.37% para el sustrato 2 (Tierra del lugar, aserrín y arena), seguido del sustrato 1 (Tierra del lugar y arena) con 91.25% y un menor porcentaje para el sustrato 3 (Tierra del lugar, gallinaza y arena) con 88.75% como se observa en el Cuadro 10 y Figura 9.

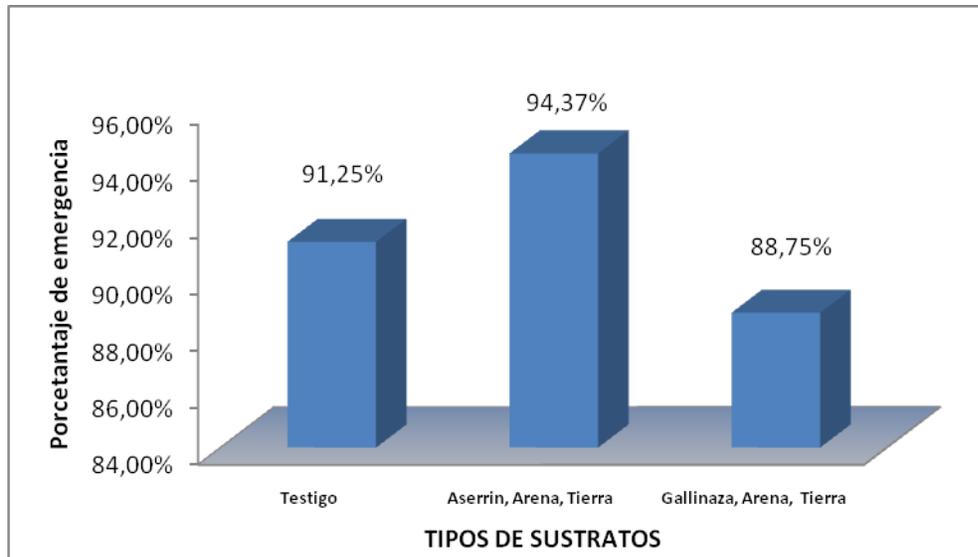


Figura 9. Porcentaje de emergencia de Sacha Inchi (Factor B)

En el sustrato 2 (Tierra de lugar más aserrín y arena) puede haber influido en la emergencia de las plantas debido a las propiedades del aserrín que proporcionan mayor soltura al sustrato como lo señala Cruz y Napoleón (2005), quienes mencionan que el uso de fibras o residuos vegetales como la fibra natural obtenida

de la estopa de coco, hojarasca de café, cascarilla de café, aserrín son materiales que proporcionan ventajas para la germinación como: soltura, retención de humedad, asepsia, y por lo tanto son un buen medio de crecimiento para la producción de cultivos.

Por lo que se puede decir que la composición del sustrato es importante para tener plantas sanas y vigorosas, con buen crecimiento de raíces y follaje, además favorece la eficiencia de la fertilización y el riego.

Para Vinifex (2002), el aserrín es el residuo de la madera más común y más ampliamente distribuido, tiene muchas características que lo hacen deseable para la preparación de sustratos. Según la especie de árbol del cual deriva, se ve influenciada la durabilidad del aserrín y la cantidad de nitrógeno complementario requerido para mantener un crecimiento normal de las plantas. El mismo autor señala que todos los tipos de aserrín mejoran las condiciones físicas del sustrato.

También el tamaño de partícula del aserrín permite que sea fácil su mezcla con otros componentes, este es comparable con la turba en su efecto favorable sobre la densidad, porosidad y aireación. El contenido muy bajo de nitrógeno en el aserrín excluye cualquier dificultad con la estabilidad química y biológica posterior a la pasteurización. Más aún, el aserrín con alto contenido de lignina es una forma relativamente durable de materia orgánica.

Por otro lado la diferencia en el porcentaje de emergencia puede deberse a que los materiales utilizados en la mezcla de los sustratos, influyan considerablemente, como en el caso del sustrato 3 (Tierra de lugar más arena y gallinaza), donde el porcentaje de emergencia podría o no deberse al efecto de la gallinaza, ya que este a diferencia de otros estiércoles, el Nitrógeno está disponible de inmediato que significa un riesgo de quemar las plantas con aplicaciones no adecuadas sobre las plantas como lo señala Pasolac (sf). El mismo autor afirma que la gallinaza contribuye a mejorar suelos proporcionando una amplia gama de nutrientes y

aumenta la actividad microbiológica en el suelo reduciendo problemas de nematodos y varias enfermedades del suelo: en consecuencia reduce el uso de plaguicidas.

4.5 Longitud de la planta

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para longitud de la planta obtuvo los siguientes resultados para cada factor que se muestra en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Análisis de Varianza de longitud de planta

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC.	Pr > r	Significancia
ecotipo	1	4.67	4.67	0.67	0.4245	NS
tipo de sustrato	2	23.01	11.90	1.70	0.2105	NS
Ecotipo x Sustrato	2	6.14	3.07	0.44	0.6515	NS
Error experimental	18	125.96	6.99			
Total	23					

C.V. = coeficiente de variación = 7.06%

En el Cuadro 11, se muestra el análisis de varianza para longitud de planta donde el factor A (Ecotipos), Factor B (sustratos) y la interacción entre ambos fueron no significativos para esta variable.

Es decir, los promedio alcanzados en los tratamientos en la variable longitud de planta son homogéneos entre los dos ecotipos bajo el efecto de los tres sustratos que se empleo en el experimento, además el coeficiente de variación es de 7.06% que representa el grado de confiabilidad de los datos obtenidos.

Estos resultados muestran que ambos ecotipos desarrollan de igual forma la longitud de la planta, esto puede deberse a que las condiciones de luz del vivero son homogéneas, además el riego fue igual en todos los tratamientos.

4.6 Diámetro de tallo

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para diámetro de tallo obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Análisis de Varianza para el diámetro de tallo

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > r	Significancia
ecotipo	1	0.010	0.010	19.95	0.0003	**
tipo de sustrato	2	0.003	0.0015	2.93	0.005	*
Ecotipo x Sustrato	2	0.001	0.00055	1.06	0.3667	NS
Error experimental	18	0.009	0.0052			
Total	23					

C.V. = coeficiente de variación = 3.34%

En el Cuadro 12, se muestra el análisis de varianza para diámetro de tallo donde existen significancia para el Factor A (Ecotipos) y Factor B (Tipo de sustratos) y por el contrario la interacción fue no significativa donde no se observa la influencia de los sustratos sobre los ecotipos de Sacha Inchi. El coeficiente de variación es de 3.34%, considerándose como aceptable.

Esta diferencia de diámetro de tallo obtenido entre ambos ecotipos puede deberse a que los ecotipos del Sacha Inchi presenta una variabilidad muy amplia no solamente en los días a la emergencia, forma de la semilla, sino también en el diámetro del tallo. El ecotipo Intervarietal desarrollo un mejor diámetro con respecto al ecotipo Pinto Recodo que presento un menor diámetro.

Cuadro 13. Prueba de Duncan de diámetro de tallo entre ecotipos

DUNCAN 5%	MEDIA (cm)	ECOTIPOS
A	0.70	2
B	0.63	1

En la evaluación de diámetro de tallo en las comparaciones en la prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0.05$) se identificó a dos grupos, mostrando diferencias entre el ecotipo 2 (Intervarietal) que obtuvo un mayor valor con una media de 0.70 cm frente al ecotipo 1 (Pinto Recodo) que solo llegó a una media de 0.63 cm como se observa en el Cuadro 13 y figura 10.

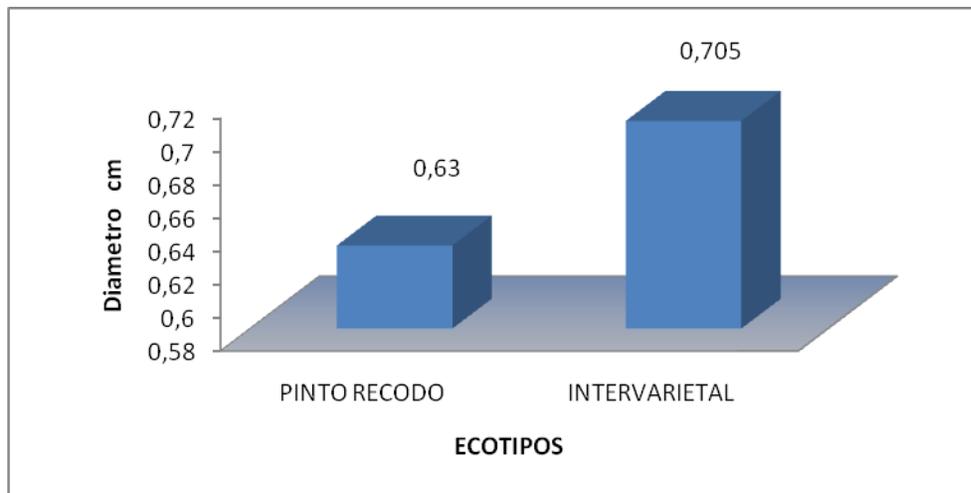


Figura 10. Diametro de tallo de ecotipos de Sacha Inchi (Factor A)

En la prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0.05$) para la variable diámetro de tallo para sustratos se identificaron tres grupos de significancia, observándose un mayor diámetro del tallo con el sustrato 3 (Tierra del lugar, gallinaza y arena) con una media de 0.70 cm, seguido del sustrato 2 (Tierra del lugar, aserrín y arena) con 0.68 cm y un menor diámetro para el sustrato 1 (Tierra del lugar y arena) con 0.67 cm, ver Cuadro 14.

Cuadro 14. Prueba de Duncan de diametro de tallo entre sustratos

DUNCAN 5%	MEDIA (cm)	SUSTRATOS
A	0.70	3
AB	0.68	2
B	0.67	1

La combinación del sustrato 3 (Tierra del lugar más gallinaza y arena) parece haber ejercido un efecto favorable en la porción de suelo, que influye en la asimilación de nutrientes para el mejor desarrollo y crecimiento de los ecotipos de Sacha Inchi, además de que la gallinaza tiene una acción muy rápida en el sustrato que combinada con la tierra del lugar y la arena favorecen el crecimiento y desarrollo del diámetro del tallo de los ecotipos estudiados. Los resultados obtenidos como se observa en la figura 11, dan la posibilidad de empleo de la gallinaza sin efectos desfavorables en el diámetro del tallo y lógicamente cuando no se dispone de este recurso los efectos son menores como lo señalan los resultados obtenidos con los otros sustratos utilizados.

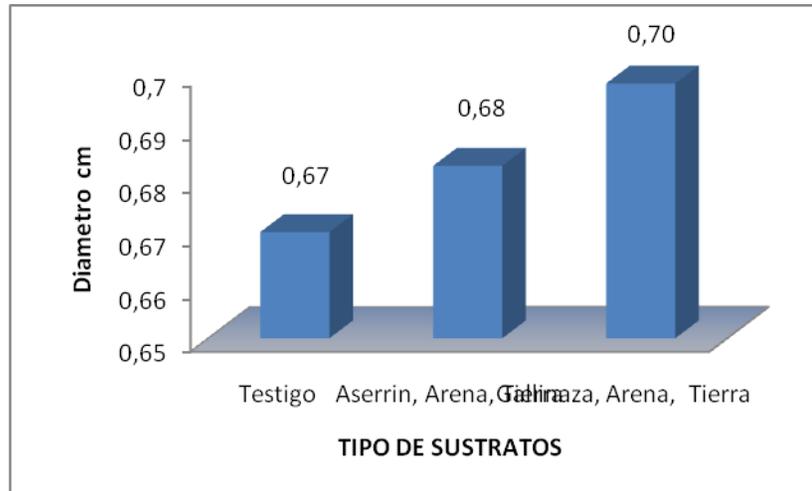


Figura 11. Diametro de tallo en tipo de sustrato (Factor B)

La mezcla de la tierra, arena y gallinaza contribuyen al crecimiento de la planta, ya que la tierra del lugar le da a la planta un medio parecido al que tendrá en su sitio de plantación como lo señala Fossati y Olivera (1996), mientras que la arena contribuyen muy poco en mejorar las condiciones del sustrato, a pesar que es baja en nutrientes y en capacidad de retención de humedad, es química y biológicamente inerte Oirsa (2002) además aporta nutrimentos para el desarrollo de la planta. Estos resultados permiten señalar la necesidad de fertilización del Sacha Inchi ya que la gallinaza favorece la nutrición de la planta proporcionándole mayor vigor.

Zalles (1988), indica que la textura del suelo está dada por las cantidades y respectiva granulometría de las partículas de arcilla, limo y arena donde su determinación es importante ya que influye decisivamente en la disponibilidad de los nutrientes, la cual son características apreciables e importantes en relación a la productividad y desarrollo de una planta.

4.7 Longitud de la raíz

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para longitud de la raíz obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Análisis de Varianza para longitud de raíz

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > r	Significancia
ecotipo	1	26.04	26.04	3.11	0.0948	NS
tipo de sustrato	2	43	21.5	2.57	0.1045	NS
Ecotipo x Sustrato	2	2.33	1.16	0.14	0.879	NS
Error experimental	18	150.75	8.375			
Total	23					

C.V. = coeficiente de variación = 9.26%

En el Cuadro 15, se muestra el análisis de varianza para longitud de raíz, donde los factores ecotipos, sustratos y en relación a la interacción ecotipos y sustratos no se muestran diferencias significativas, lo que quiere decir que el desarrollo de la longitud de la raíz no está influenciado por los sustratos estudiados.

El coeficiente de variación es de 9.26% determina un buen manejo realizado en campo y representa el grado de confiabilidad de los datos.

4.8 Volumen de raíz

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para volumen de la raíz obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Análisis de Varianza de Volumen de la raíz

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	Pr > r	Significancia
Ecotipo	1	6	6	2.10	0.1648	NS
Tipo de sustrato	2	33.25	16.625	5.81	0.0113	*
Ecotipo x Sustrato	2	3.25	1.625	0.57	0.5765	NS
Error experimental	18	51.5	2.86			
Total	23					

C.V. = coeficiente de variación = 19.89%

En el Cuadro 16, se muestra el análisis de varianza para el volumen de la raíz donde el Factor B (sustratos) fue significativo, es decir existen diferencias entre los sustratos estudiados. Por el contrario en el factor A (Ecotipos) y la interacción fueron no significativos lo que muestra que no hay diferencias entre los ecotipos y tampoco se observa la influencia entre los factores de estudio al ($p < 0.05$).

El coeficiente de variación es de 19.89% el cual representa el grado de confiabilidad de los datos obtenidos, considerado como bueno al ser menor al 30%.

La evaluación del volumen de raíz, efectuada las comparaciones en la prueba de rango múltiple de Duncan ($p < 0.05$), se identificaron tres grupos de significancia, mostrando un mayor volumen de raíces con 10.12 cm^3 con el sustrato 3 (tierra del lugar, gallinaza y arena) seguido del sustrato 2 (Tierra del lugar, aserrín y arena) con 8.6 cm^3 y un menor volumen para el sustrato 1 (Tierra del lugar y arena) con 7.37 cm^3 , (Cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba de Duncan del volumen de raíz entre sustratos

DUNCAN (5%)	MEDIA (cm ³)	SUSTRATOS
A	10.12	3
B	8.6	2
B	7.37	1

El volumen de la raíz mostró un comportamiento que coincide con el que se obtuvo en el diámetro del tallo, pues cuando se utiliza gallinaza en el sustrato combinado con tierra y arena aumentan el volumen de la raíz de los plantines producidos en vivero, en relación a los otros sustratos utilizados.

Por lo que podemos señalar que el sustrato es muy importante en el desarrollo del crecimiento radicular y la parte aérea de la planta siendo ambos proporcionales, el sustrato utilizado de la misma área (Tierra del lugar y arena) presenta mayor contenido de arcilla provocando que este suelo bajo estas condiciones sea menos aireado y pesado, sucedo lo contrario con el sustrato 3 que presenta una menor cohesión y un aumento de la permeabilidad de sus estructura, el cual favorecido al sistema radicular de los plantines presentes en aquellos sustratos.

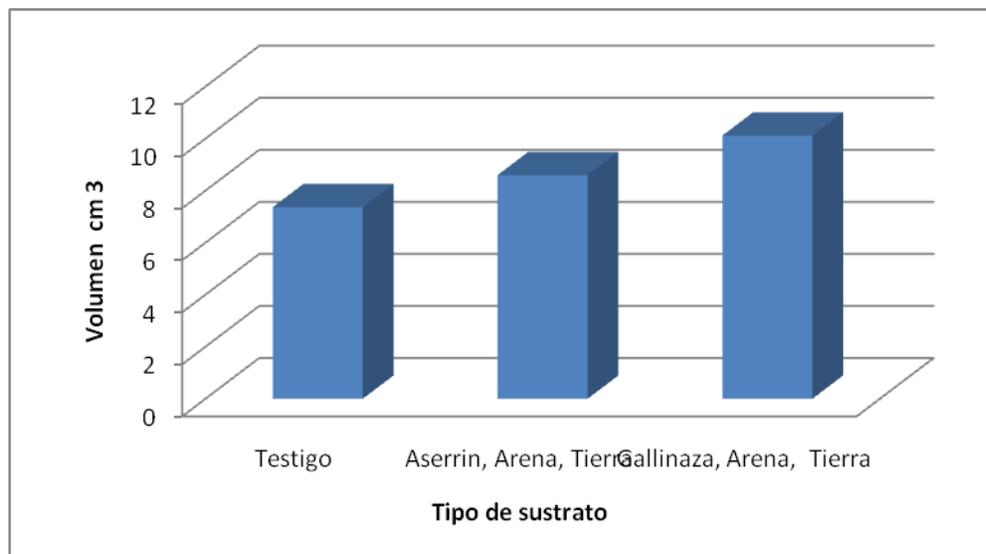


Figura 12. Volumen de raíz para el Factor B

Por lo tanto, el mejor comportamiento de los sustratos se obtuvo con la mezcla de gallinaza, arena y tierra, esto puede deberse a que la gallinaza brindaría las mejores condiciones físico-químicas para el crecimiento radicular. Según Bongcam (2003) señala que la gallinaza es la principal fuente de nitrógeno de los abonos fermentados, igualmente aporta fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. La arena proporciona condiciones para un mejor crecimiento radicular, debe ser de río, lavado, colada y tamizado Cruz y Napoleón (2005).

Por otra parte, la ventaja de la gallinaza se debe a la mayor riqueza nutricional, especialmente en nitrógeno, que se encuentra en una forma más asimilable para las plantas Yagodín (1986) citado por Julca (2002), y es este elemento el que más favorece el crecimiento de las plantas jóvenes. Además, la gallinaza no es solamente una fuente rica en minerales y proteínas que liberan nutrientes fácilmente asimilables para la planta, sino que también promueve la mineralización de otras fuentes orgánicas por estimulación de la actividad microbiana en el suelo (Kiehl 1985 citado por Julca 2002).

Seniz (1994) citado por Aillapán (1997), señala que el éxito en el establecimiento y producción de muchos cultivos, depende en gran medida de una buena formación de raíces, y la mejor manera de obtener un buen crecimiento y desarrollo de un cultivo, es partiendo de la estimulación de un desarrollo vigoroso del sistema radical, lo cual se logra propagando las plántulas en un medio adecuado desde la siembra hasta el trasplante. Dicho sustrato debe proveer a la plántula de una adecuada aireación, un buen balance hídrico y una temperatura óptima considerada como favorable entre 17°C y 27°C, para la gran mayoría de los cultivos.

Instituto de Investigaciones Alexander Von Humboldt (2008) señala que el sustrato es el medio que sirve de soporte físico para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Es un elemento clave en la producción de buenas plantas, de él depende la calidad de su sistema radicular (raíces bien estructuradas) y su vigor.

El uso de suelo pesado como sustrato dificulta el crecimiento de la raíz, ya que tiende a compactarse con ello se disminuye la absorción y afecta la nutrición y por consiguiente el desarrollo de la planta Cruz y Napoleón (2005).

Poblete (2007), menciona que el desarrollo de las plántulas depende del tipo de sustrato que se utilice y en particular de sus características físico-químicas, ya que el desarrollo y el funcionamiento de las raíces están directamente ligadas a las condiciones de aireación y contenido de agua, además de tener una influencia directa el suministro de nutrientes necesario para la especie que se desarrolle en él.

4.9 Número de plantas producidas en vivero

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para el número de plantas producidas en vivero obtuvo los siguientes resultados.

Cuadro 18. Análisis de Varianza número de plantas producidas en vivero

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC.	Pr > r	Significancia
Ecotipo	1	0.375	0.375	0.33	0.5709	NS
tipo de sustrato	2	4	2	1.78	0.1974	NS
Ecotipo x Sustrato	2	4	2	1.78	0.1974	NS
Error experimental	18	20.25	1.125			
Total	23	28.625				

C.V. = coeficiente de variación = 5.85%

En el Cuadro 18, se muestra el análisis de varianza obtenido para el número de plantas producidas en vivero para el Factor A, Factor B y la interacción señala que no existen diferencias significativas. Lo que muestra que no hay diferencias entre los ecotipos, sustratos y tampoco se observa la influencia entre los factores de estudio al ($p < 0.05$). Por lo tanto los sustratos utilizados no influyen en la cantidad de plantines producidos con los ecotipos estudiados. El coeficiente de variación es de 5.85% representa el grado de confiabilidad de los datos.

4.10 Mortalidad de plantas en vivero

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para mortalidad de plantas en vivero obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Análisis de Varianza para mortalidad en vivero

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC.	P	Significancia
ecotipo	1	0.16	0.16	1	0.33	NS
tipo de sustrato	2	0.8	0.0411	0.25	0.78	NS
Ecotipo x Sustrato	2	0.8	0.0411	0.25	0.78	NS
Error experimental	18	3	0.16			
Total	23	3.33				

C.V. = coeficiente de variación 24.4%

En el Cuadro 19, señala el análisis de varianza para mortalidad de plantas en vivero donde el factor A, factor B y la interacción fueron no significativos lo que muestra que no hay diferencias entre los sustratos y tampoco se observa la influencia entre los factores de estudio al ($p < 0.05$). El coeficiente de variación 24.4% representa el grado de confiabilidad de los datos.

La mortalidad de las plantas en vivero fue baja, por lo que podemos señalar que el cultivo de Sacha Inchi tuvo un buen comportamiento en las condiciones climáticas de la región de Sapecho y se tuvo un buen desarrollo en los tres sustratos empleados.

4.11 Días al trasplante

El siguiente análisis de varianza (ANVA) para días a trasplante obtuvo los siguientes resultados que se detallan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Análisis de Varianza días al trasplante

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	FC.	P	Significancia
Ecotipo	1	165.325	165.375	360	0.0001	**
Tipo de sustrato	2	0.75	0.375	0.82	0.4570	NS
Ecotipo x Sustrato	2	0.25	0.125	0.27	0.7644	NS
Error experimental	18	8.25	0.458			
Total	23	174.82				

C.V. = coeficiente de variación 1.85%

En el Cuadro 20, se muestra el análisis de varianza para días al trasplante donde el Factor A (Ecotipos) fue significativo es decir existen diferencias entre los dos ecotipos por el contrario en el factor B y la interacción fueron no significativos lo que muestra que no hay diferencias entre los sustratos y tampoco se observa la influencia entre los factores de estudio al ($p < 0.05$). El coeficiente de variación es de 1.85% representa el grado de confiabilidad de los datos.

Cuadro 21. Prueba de Duncan de los días al trasplante entre ecotipos

DUNCAN (5%)	MEDIA (días)	ECOTIPOS
A	39	2
B	33	1

Como se puede observar en el cuadro 21, existe una diferencia en días al trasplante, donde el ecotipo Pinto Recodo cuenta con 6 días menos en vivero, respecto al ecotipo Intervarietal, esto influyen en el tiempo de manejo del cultivo en vivero.

4.12 Análisis económico

4.12.1 Análisis de costos totales

El análisis económico se realizó mediante el presupuesto total de los insumos y materiales utilizados, el cálculo se efectuó considerando la producción de diez mil

plantines de Sacha Inchi. Para la producción de los plantines se utilizó material e insumos que se pueden adquirir fácilmente en la zona a excepción de la semilla de Sacha Inchi que se adquirió de la república del Perú.

Cuadro 22. Costos de producción para 10.000 plantines de Sacha Inchi

Materiales e insumos	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Total
Semilla	Kg	20	240	4800
Bolsas de polietileno	Bolsas	10000	0,0385	385
Preparación de vivero	Jornal	1	70	70
Nivelado de terreno	Jornal	2	70	140
Gallinaza	quintal	20	15	300
Aserrín	quintal	20	10	200
Acopio de tierra de lugar	Jornal	2	100	200
Acopio de arena	Jornal	2	100	200
Cernido y mezclado de sustrato	Jornal	4	70	280
Llenado de bolsitas con sustrato y enfilado	Bolsas	10000	0,0707	707
Siembra	Jornal	1	70	70
Riego, deshierbe y mantenimiento general	Jornal	18	70	1260
COSTOS TOTALES				8612

Son considerados costos variables los insumos y la mano de obra que puede variar en función a la demanda y oferta del mercado.

Cuadro 23. Cálculo de producción por unidad de planta

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Costos total para producir 10.000 plantas	7902	8312	8412	8112	8312	8412
Numero de 10000 plantas producidas	8875	9625	8875	9250	9000	8750
Precio por unidad de planta	0.89	0.86	0.95	0.88	0.92	0.96
Precio de 10000 plantas producidas	8904	8636	9478	8770	9236	9614

4.12.2 Cálculo del beneficio bruto

Para el cálculo del beneficio bruto se tomó en cuenta las plantas que se han producido en vivero. El precio para la comercialización de los plantines se

estableció en 3 Bs/unid. Valor al que se le descontó costos de selección y transporte obteniéndose un valor de 3 Bs/unidad.

Cuadro 24. Cálculo de beneficio bruto

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Producción	8875	9625	8875	9250	9000	8750
Precio por unidad/Bs	3	3	3	3	3	3
Ingreso bruto por venta de plantines	26625	28875	26625	27750	27000	26250

4.12.3 Calculo de beneficio neto y relación beneficio costo

El ingreso bruto esta dado por el ingreso bruto menos los costos de producción

Cuadro 25. Calculo de beneficio neto y relación beneficio/costo

Tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Ingreso bruto en Bs/u	26625	28875	26625	27750	27000	26250
Costo de producción en Bs/u	8904	8636	9478	8770	9236	9614
Ingreso neto en Bs/u	17721	20239	17147	18980	17764	16636
Relación B/C	2.99	3.34	2.81	3.16	2.92	2.73

El análisis económico señala que todos los tratamientos establecidos llegan a ser rentables, proporcionándonos resultados favorables. Sin embargo el tratamiento que da mayores beneficios es el tratamiento T2, por la cantidad de plantas producidas y menor costo de producción, donde por cada boliviano invertido se tiene una utilidad de 2.34 Bs.

XI. CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos planteados y considerando los resultados del análisis estadístico, además de las observaciones realizadas en campo se concluye señalando lo siguiente:

- Las condiciones climáticas de la región del Alto Beni son favorables para la producción de Sacha Inchi, pues el rango de temperatura, humedad y precipitación que esta región presenta ayudaron a obtener plantines con buenas características.
- La fenología entre los ecotipos de estudio fue variante, ya que se presentaron diferencias entre días desde la germinación hasta el día a trasplante definitivo, siendo el ecotipo Pinto Recodo el que en menor tiempo cumplió todas sus fases fenológicas en vivero con relación al ecotipo Intervarietal.
- En la variable días a la emergencia los ecotipos mostraron diferencias, el ecotipo Pinto Recodo tuvo una media de 14 días para la emergencia y el Intervarietal de 18 días. Los sustratos no influyeron en la emergencia de los ecotipos, por lo que los factores actúan independientemente.
- En el Porcentaje de Emergencia el sustrato cumplió un papel importante porque es el que directamente influyo en esta variable, donde el sustrato 2 (Tierra del lugar, aserrín y arena) alcanzo el 94,37% de emergencia, seguido del sustrato 1 (Tierra del lugar y arena) con el 91.25% de emergencia y por último el sustrato 3 (Tierra del lugar, gallinaza y arena) con un porcentaje de emergencia de 88.75%, sin embargo no se deben descartar ninguno porque presentan un alto porcentaje de emergencia y por lo tanto una buena producción de plantines.

- En la variable longitud del tallo no existieron diferencias significativas entre los ecotipos, ni por el efecto de los sustratos utilizados e interacción de los factores de estudio.
- Para el diámetro de tallo existieron diferencias entre ecotipos y sustratos pero no así en la interacción, donde el ecotipo Intervarietal presentó un mayor diámetro de tallo con 0.70 cm respecto al ecotipo Pinto Recodo que alcanzó un diámetro de 0.66 cm. Por otra parte el sustrato 3 (tierra del lugar, arena y gallinaza) favoreció al incremento del diámetro de tallo con una media de 0.70 cm en relación al sustrato 1 (tierra del lugar y arena) que alcanzó 0.67 cm.
- En la variable longitud de raíz no existieron diferencias significativas tanto en el factor sustrato, ecotipo e interacción. Es decir los sustratos utilizados y ecotipo no influyen estadísticamente en la longitud de raíz.
- Para la variable volumen de raíz el sustrato 3 (Tierra del lugar + gallinaza y arena) fue el que obtuvo un mayor volumen de raíz, en esta variable los ecotipos no mostraron diferencias pues su comportamiento es similar.
- Las variables mortandad y sobrevivencia en vivero no mostraron significancia entre los ecotipos y sustratos estudiados, por lo tanto la producción de plantines de Sacha fue favorable.
- En la variable días a trasplante a terreno definitivo, el ecotipo Pinto Recodo permaneció 34 días en vivero, con una diferencia de 5 días respecto al ecotipo Intervarietal que alcanzó 39 días, reduciéndose los costos de producción del ecotipo Pinto Recodo.
- El análisis económico mostró que todos los tratamientos son rentables siendo el T2 el que obtuvo una relación beneficio/costo alta con un retorno

de 2.34 Bs por cada un Bs invertido y el T6 teniendo una relación beneficio costo baja, con un retorno de 1.73 Bs por cada un Bs invertido, demostrándose que no existen perdidas en la producción de plantines de Sacha Inchi.

XII. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados que se obtuvieron en este trabajo, se recomienda el empleo de cualquiera de los sustratos utilizados como vía para obtener plantines vigorosos y de alta producción.

Realizar otros estudios probando otros ecotipos que puedan adaptarse a las condiciones climáticas de la región de Alto Beni, tomándose en cuenta la fisiografía de la zona y evaluar los ecotipos de Sacha Inchi existentes en la zona como el caso del ecotipo encontrado en la comunidad 8 de enero.

Determinar la viabilidad de la semilla de los ecotipos a los dos, cuatro y seis después de la cosecha.

Evaluar la siembra directa de Sacha Inchi para comparar las ventajas y desventajas respecto a la producción de plantines en vivero y almacigo.

Se recomienda el uso de abonos orgánicos por las ventajas que éstos presentan, ya que es una alternativa para mejorar las condiciones edáficas y de esta manera aumentar la productividad en los cultivos y reducir la dependencia de fertilizantes químicos.

Continuar los estudios del cultivo de Sacha en campo definitivo para determinar el rendimiento del cultivo, la calidad del aceite mediante el análisis de Omegas, peróxidos y ácidos, caracterización de los ecotipos nativos de la zona, control de plagas y enfermedades.

XIII. BIBLIOGRAFIA

Aranda, J. 2009. Monografía de Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* Linneo. Perú. Pág. 4. **Disponible en línea:** <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca>

Arévalo, G. 1999. El cultivo del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. Investigadora Agrario, Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos y Biotecnología - Pronargeb, Estación Experimental El Porvenir Tarapoto. Disponible en línea: www.Congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/INIA/inia-i5/inia-i5-06.

Aillapán, E. 1997. Evaluación de sustratos para la preparación industrial de plantines hortícolas. Tesis para optar al título de Ing. Agr. Universidad de Chile. Escuela de Agronomía. Santiago, Chile. 70 p

Basaure, P. 2006. Fenología vegetal. Conceptos y aplicaciones. Disponible: www.infoagro.com

Bonifacio, A. 1998. Tratamiento de semillas y multiplicación de Hipofae seabuckthorn – Hipofae rhamnoides con fines de propagación en Bolivia Fase I. Revista Jiltañani. N°3. pp. La Paz, Bolivia 3-11. CIED (2008). Protocolo del cultivo del Sacha Inchi. La merced, Perú. Pp. 14-17, 33-35.

Bongcam, V. 2003. Guía para el compostaje y manejo de suelos. Área de ciencia y tecnología. Convenio Andrés Bello. Pág. 15

Bract, A. 1999. Diccionario enciclopédico de plantas útiles del Perú. Centro de Estudios Andinos. Bartolomé de Las Casas. pp. 200.

Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED) Selva Central. 2008. Protocolo del cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Informe final de los

resultados técnicos obtenidos en la ejecución del Subproyecto: Adaptación y validación participativa de paquete tecnológico para la producción competitiva del Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Cuenca del Perené. La Merced, Perú. pp. 33-38

Corrales. 2000. Tecnología para la fertilización con gallinaza y fertilizante mineral en el guayabo (*Psidium guajaba* L). *Instituto de suelos. Universidad de Camaguey*. Tesis en opción al Título de Máster Science en Fertilidad del Suelo Camagüey, cuba. Pág. 11-12

Correa y Bernal. 1992. Especies Vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo VII.

Comité técnico de normalización del sachá inchi y sus derivados. 2008. Proyecto de Norma Técnica Peruana. Aceite de Sacha inchi – requisitos. APISI - Secretaría técnica. pag.10

Chirinos, O.; Adachi, L.; Calderón, F.; Díaz, R.; Larrea, L.; Mucha, G.; Roque, L. 2009. Exportación de aceite de sachá inchi al mercado de Estados Unidos. Universidad ESAN. Lima, Perú. 172 p.

Dostert, N *et al.* 2009. Factsheet: Datos botánicos de Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* L. Proyecto: Desarrollo de monografías botánicas (factsheets) para cinco cultivos peruanos. Hojas Botánicas: Sacha Inchi – *Plukenetia volubilis* L. Impreso en Forma e Imagen de Billy Víctor Odiaga Franco. Primera Edición. Lima, Perú. Pág. 3-5. Disponible en Línea: <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca>

Estrada, A. 2004. Pastos y forrajes para el trópico Colombiano. Primera Edición. Editorial Universidad de Caldas. Manizales-Colombia. Pág.123.

Fossati, J. y Olivera, T. 1996. Sustrato en viveros forestales. Programa de repoblamiento forestal. Cochabamba, Bolivia. 12 p.

Incagro. 2009. Manual de Buenas prácticas en el manejo organico del cultivo del Sacha Inchi. Primera edición. Shamantina S.A.C. Lima, Perú. Pág. 12

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). 2009. Estudio de viabilidad económica del cultivo de *Plukenetia volubilis* Linneo, Sacha Inchi, En el departamento de San Martín. Serie: Avances Económicos N° 3. Servicios Generales “Imagen Amazonía” / William Dennis Angulo Tello. Primera edición, 2009, Iquitos – Perú. Pág. 7, 15

Instituto de Investigaciones Alexander von Humboldt. 2008. Plantas nativas. Cultivando nuestras semillas, conservando la biodiversidad. Taller Manejo de viveros de especies nativas, restauración ecológica y planificación del paisaje rural. Programa Mosaicos de Conservación, Patrimonio Natural Mosaico.

Juárez, N. 2007. Gobierno Regional de San Martín Dircetur Informe de Consultoría “Estudio sobre sistematización de avances de investigación y propuesta de un modelo productivo competitivo para la Producción de Sacha Inchi en la Región San Martín” Moyobamba – Perú. pág. 5-6.

Julca O, Solano A. y Crespo C. 2002. Crecimiento de *Coffea arabica* variedad Caturra amarillo en almácigos con sustratos orgánicos en Chanchamayo, selva central del Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Agronomía Dpto. de Fitotecnia. La Molina. Lima. Perú.

Granados, J. sf. Manejo del cultivo Sacha Inchi. Asesoría, consultoría y ventas de productos Sacha Inchi. Perú. Disponible en: <http://proyectosachainchi.galeon.com/>. Fecha consulta: 28 de agosto de 2010.

Luna, X. 2011. Evaluación del efecto de técnicas de injertos y tipos de ligadura en plantines de Cupuazú (*Theobroma grandiflorum*) en la Estación Experimental de Sapecho. Tesis de grado para obtener el grado de Licenciatura. UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Manco E. 2006. Cultivo de Sacha Inchi. INIEA – SUDIRGEB – Estación Experimental Agraria “EL PORVENIR”, Tarapoto, San Martín – Perú, pág. 8

Manco, E. 2006. Cultivo del Sacha Inchi. Ministerio de agricultura. Instituto nacional de investigación y extensión agraria. San Martín, Perú. pág. 7-10

Manco, E. 2004. Sacha Inchi, Planta Prometedora de la Amazonía Peruana. Tecnologías agrarias INIEA. INFO-INIEA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria) Nro. 05-2004. Extraído de la Revista el Porvenir Agrario, de la Estación Experimental Agraria El Porvenir - Tarapoto. Año 1, Nro. 1 - Agosto 2004. En línea: www.inia.gob.pe

Maravi. 2009. Ficha técnica Sacha Inchi, *Plukenetia volubilis* L. publicación virtual Red peruana de alimentación y nutrición. Monografía 072. Lima, enero 2009. pág. 3

Mcbride, F. 1951. Euphorbiaceae. In Flora of Perú. Botanical Series vol. 13, Part IIIA. Field Museum of Natural History. pp. 115-118. Chicago, USA.

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.

Miski kawsay. Productos naturales: Sacha Inchi. Disponible en línea: www.miskikawsay.com

Murillo. 1999. Alternativas de uso para la gallinaza. XI Congreso Nacional de Agronomía Conferencia 94. San José, Costa Rica.

Niembro, R. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Editorial LIMUSA. México. 285 p.
Oirsa. 2002. Manual producción de sustratos para viveros (en línea). Consultado el 18 de Noviembre de 2011. Disponible en: <http://www.org/publicaciones/vinifex/manual-2002/costa-rica/sustrato.html>.

Paitan. sf. Adaptabilidad del cultivo de Sacha Inchi en el valle de Jequetepeque- La Libertad para productores investigadores. pág. 7-8.

Perú Agro Partners S.A.C. Hoja de producto_Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L) aceite. Disponible en línea: www.peruagropartners.com

Poblete, C. 2007. Comparación de la germinación de semillas con y sin tratamientos pre-germinativo en espina de mar (*Hippophae chamnoides* Linn) en tres tipos de sustrato en Caquiaviri. Tesis de grado para obtener el grado de Licenciatura. UMSA, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia.

Prom Amazonia. Sf. Características del recurso. Cadena productiva del Sacha Inchi. Pag.3

Proyecto Perúbiodiverso – PDB. 2009. Manual de producción de Sacha Inchi para el Biocomercio y la agroforestería sostenible. 1ra edición. Lima – Perú. Pág. 10. Disponible en línea: <http://www.bvcooperacion.pe/biblioteca>

ProFound – Advisers in Development (2008). Investigación de Mercado Sacha Inchi *Plukenetia volubilis* L. Pág. 6

Revollar, A. 2008. Estudio de las condiciones de exportación del aceite extra virgen de Sacha Inchi por parte de la PYMES productoras al mercado de Miami en los EE.UU. (Tesis de licenciatura, Lima-Perú). Universidad de San Martín de Porres,

Facultad de de Ciencias Administrativas y Recursos Humanos, Administración de Negocios Internacionales. Pág. 8.

Rodríguez, M.R. 2000. Morfología y anatomía vegetal. Editorial Colorgraf. Cochabamba, Bolivia. 514 p.

Sacha Inchi. El aceite inca. 2009. Disponible en línea: <http://www.sachainchishop.com/>

Uhtco corporation. sf. Sacha Inchi omega oíl. Para una mejor calidad de vida.

Vinifex. 2002. Manual de sustratos para viveros. Proyecto Regional de Fortalecimiento de la Vigilancia Fitosanitaria en Cultivos de Exportación no Tradicional - Vinifex. Proyecto Vinifex República de China. Costa Rica. [En línea]. [Fecha de consulta: 20 Octubre 2003]. Disponible en: <http://ns1.oirsa.org.sv/Publicaciones/VIFINEX/Manuales-2002/Costa-Rica/Sustratos-para-Viveros.htm>.

Zalles, T. 1988. Manual del técnico forestal. Editorial Arol. Cochabamba, Bolivia 187p

Zanabria. 2009. Monografía 075 ficha técnica Sacha Inchi, *Plukenetia volubilis* Linneo. Publicación virtual red peruana de alimentación y nutrición

Anexo 1. Foto de sustratos utilizados



Anexo 2. Siembra de la semilla de Sacha Inchi



Anexo 3. Foto de cotiledones de Sacha Inchi



Anexo 4. Foto de longitud de Sacha Inchi



Anexo 5. Fotos de la parcela experimental

