UNIVERSIDAD NACIONAL INTERCULTURAL DE LA AMAZONÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROFORESTAL ACUÍCOLA

Evaluación de la germinación de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en diferentes tipos de sustratos orgánicos en la UNIA, Yarinacocha, Ucayali, Perú, 2019

Tesis para optar el título de

Ingeniero Agroforestal Acuícola

Presentado por:

Ruth Damaris Pacaya Angulo

Asesor:

Dra. Nadia Masaya Panduro Tenazoa

Yarinacocha - Perú

2023

DEDICATORIA

A Dios, por el milagro de la vida con salud, trabajo y tener la virtud de la perseverancia por el logro de mis metas, y tener a mi familia.

A la fortaleza de mis seres queridos que son los pilares más importantes en mi vida Eli y Loida, que no dudaron en mí en ningún momento, por su transmitirme la fe en Dios, por su amor, trabajo y sacrificio, y por demostrarme siempre su cariño y sobre todo por el gran apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi hijo Andrew, a quien amo con toda el alma, quien es el motor y motivo cuando siento que no puedo más y por compartir estos momentos muy significativos conmigo.

AGRADECIMIENTO

A mis padres ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias por ser los principales promotores, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios inculcados, y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Agradezco a las personas que siempre confiaron en mí en especial a mi hijo Andrew, por siempre darme fuerzas para seguir adelante.

A la Dra. Nadia Masaya Panduro Tenazoa, asesora de la presente tesis, por su amistad, apoyo y colaboración durante la formulación y ejecución de esta investigación.

Al MSc. José Isidro Morales Gonzales, Co-asesor de la presente tesis, por su colaboración durante la formulación y ejecución de esta investigación, que hoy descansa en paz en los brazos de nuestro Señor.

A mis jurados MSc. José Sánchez Choy Sánchez, MSc. Jessy Vargas Flores y al Dr. Juan Luís Pérez Marín por su paciencia y consejos durante la revisión del informe final de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA……..... i

AGRADECIMIENTO……..……...…. iii

ÍNDICE GENERAL……...……..... iv

ÍNDICE DE CUADROS……..….. vii

ÍNDICE DE FIGURAS……..... ix

RESUMEN……..….. xi

ABSTRACT……..…… xii

I. INTRODUCCIÓN……..……..…… 13

II. REVISION DE LITERATURA……..... 15

2.1. Antecedentes de la Investigación……..……....15

2.1.1. A nivel internacional……..……..……. 15

2.1.2. A nivel Nacional……...……. 15

2.1.3. A nivel Local……....…..……15

2.2. *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi)……...…16

2.2.1. Clasificación botánica……..…… 16

2.2.2. Origen y distribución……..…..……. 17

2.2.3. Morfología general……..……..…… 17

A. Planta……..……..…… 17

B. Hojas……..……...… 17

C. Infloresecencia……..…….. 18

D. Fruto……..…… 19

E. Semillla……..…… 19

2.2.4. Ecología……..……..……..…. 20

2.2.5. Propagación……..……... 20

2.2.6. Importancia del cultivo……... 21

2.2.7. Plagas y enfermedades……..……..……... 22

2.3. Sustratos……..……..…..…22

2.4. Tipos de sustratos utilizados……..…..…..…23

2.4.1. Gallinaza…… 23
2.4.2. Vacaza…… 24
2.4.3. Tierra arcillosa…… 24
2.4.4. Aserrín…… 25
2.4.5. Arena…… 25
2.4.6. Humus de lombriz…… 26
III. MATERIALES Y MÉTODOS…… 28
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio…… 28
3.2. Identificación y descripción del material experimental…… 29
3.3. Procedimiento…… 29
3.3.1. Característica de la cama de vivero…… 29
3.3.2. Preparación de sustratos…… 29
3.3.3. Llenado de bolsas…… 30
3.3.4. Siembra…… 30
3.3.5. Riego…… 30
3.3.6. Control de malezas…… 30
3.3.7. Registro de datos climáticos…… 30
3.3.8. Evaluaciones registradas…… 31
A. Porcentaje de germinación…… 31
B. Altura de planta…… 31
C. Diámetro de tallo…… 31
D. Longitud de raíz…… 31
3.4. Variables…… 32
3.4.1. Variable independiente (X)…… 32
3.4.2. Variable independiente (Y)…… 32
3.4.3. Variable interviniente (Z)…… 32
3.5. Población y muestra…… 33
3.5.1. Población…… 33
3.5.2. Muestra…… 33
3.6. Diseño de la investigación…… 33
3.6.1. Modelo matemático…… 33

3.6.2. Tratamientos en estudio……..……...… 34
3.6.3. Dimensiones de la parcela experimental……...…….……..…34
3.7. Recolección de los datos…….…….. 36
3.7.1. Fuente de información…….……..……. 36
3.7.2. Unidad experimental y unidades de medición..... 36
3.7.3. Tipo de muestreo 36
3.7.4. Técnica para la recolección de los datos..... 36
3.8. Procesamiento de los datos…….…… 36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES..... 37
4.1. Porcentaje de germinación de semillas de *Plukenetia volubilis*……..…….. 37
4.2. Crecimiento de plantones de *Plukenetia volubilis*…….…….. 39
A. Diámetro de tallo…….....…….…….…..…..…….. 39
B. Altura de planta……...…….……...……..…….…….. 41
C. Longitud de raíz……...…….…….……..…..…….. 43
V. CONCLUSIONES..... 46
VI. RECOMENDACIONES..... 47
VII. BIBLIOGRAFÍA..... 48
VIII. ANEXOS 60
IX. ICONOGRAFÍA 75

ÍNDICE DE CUADROS

En el texto Pág.

1. Componentes de la gallinaza……. 23

2. Componentes del estiércol de vacuno…… 24

3. Componentes del aserrín……..… 25

4. Componentes del humus de lombriz…… 27

5. Datos meteorológicos durante el periodo experimental 2020…….. 28

6. Operacionalización de las variables de estudio…….. 32

7. Esquema del análisis de varianza (ANOVA)…….. 34

8. Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de germinación de semilla de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico…….. 37

9. Prueba estadística de Tukey (p≤ 0.05) para el porcentaje de germinación de semillas de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico……. 37

10. Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de tallo de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico…….. 39

11. Análisis de varianza (ANVA) para altura de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico…….. 41

12. Prueba estadística de Tukey (p≤ 0.05) para altura de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico…….…… 41

13. Análisis de varianza (ANVA) para longitud de raíz de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos…….. 43

14. Prueba estadística de Tukey (p≤ 0.05) para longitud de raíz de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos……. 44

En el anexo Pág.

15. Base de datos de germinación de semillas de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos…….……..……..…... 60

16. Base de datos de diámetro del tallo de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos…….……..……..…... 61

17. Base de datos de atura de la planta de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos……..…….…… 65

18. Base de datos de longitud de raíz de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos……..…….…… 69

19. Prueba de normalidad para el porcentaje de germinación de la semilla de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos……..……...……. 73

20. Prueba de normalidad para el diámetro del tallo de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos……..…….….. 73

21. Estadística descriptiva del diámetro del tallo de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos……..…… 73

22. Prueba de normalidad para altura de la planta de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos. ……..…… 74

23. Prueba de normalidad para longitud de la raíz de sacha inchi bajo seis tipos de sustratos orgánicos…….. 74

ÍNDICE DE FIGURAS

En el texto Pág.

1. Hojas de la planta de sacha inchi……..……. 18

2. Inflorescencia de la planta de sacha inchi……..…… 18

3. Frutos de la planta de sacha inchi..... 19

4. Semillas frescas obtenidas del fruto de sacha inchi…….. 19

5. Ubicación del vivero agroforestal de la UNIA.…….……...…… 28

6. Croquis del experimento en vivero……..……...…….. 35

7. Porcentaje de germinación de semillas de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) bajo seis tipos de sustratos orgánicos…….. 38

8. Diámetro del tallo de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) bajo seis tipos de sustratos orgánicos……..…… 40

9. Altura de la planta de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) bajo seis tipos de sustratos orgánicos……..……...…. 42

10. Longitud de la raíz de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) bajo seis tipos de sustratos orgánicos……...……...…… 44

En el anexo Pág.

11. Retirando los insumos de los respectivos sacos……...…… 75

12. Zarandeando los insumos orgánicos previamente al llenado de bolsas…… 75

13. Mezclando tierra roja, arena y humus de lombriz para obtener el sustrato testigo…… 76

14. Llenando las bolsas de vivero con los diferentes tratamientos estudiados……. 76

15. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de arena al 100%..... 77

16. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de tierra roja al 100%..... 77

17. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de gallinaza al 100%..... 78

18. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de vacaza al 100%..... 78

19. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de aserrín al 100%..... 79

20. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato del testigo…… 79

21. Midiendo la altura y diámetro del tallo de sacha inchi en los diferentes sustratos……. 80

22. Midiendo la longitud de raíz del sacha inchi en los diferentes sustratos……..……... 80

23. Plantones de sacha inchi de un mes de edad obtenidos en vivero……..…….. 81

24. Plantones de sacha inchi de dos meses de edad obtenidos en vivero…… 81

25. Plantones de sacha inchi de tres meses de edad obtenidos en vivero…… 82

Evaluación de la germinación de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en diferentes tipos de sustratos orgánicos en la UNIA, Yarinacocha, Ucayali, Perú

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la germinación de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) en diferentes tipos de sustrato orgánicos en el vivero de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía, Yarinacocha, Ucayali, Perú, entre los meses de febrero a abril de 2020. Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con seis (6) tratamientos (T1= 100 % de gallinaza descompuesta, T2= 100% de vacaza descompuesta, T3= 100% de arena de río, T4= 100% de tierra arcillosa, T5= 100% de aserrín de *Septotheca testannii* "utucuro" y Testigo= 50% de tierra arcillosa + 25% de arena de río + 25% de humus de lombriz descompuesta) y cuatro (4) repeticiones, con 24 unidades experimentales; cada unidad experimental de 49 bolsas, haciendo un total de 1176 bolsas con sustrato. Las variables evaluadas fueron porcentaje de germinación de semillas (%), altura de planta (cm), diámetro de tallo (mm) y longitud de raíz (cm), evaluándose de forma mensual. El análisis de variancia ($p \leq 0.05$) demostró que los tratamientos fueron estadísticamente significativos a excepción del diámetro de tallo. La prueba de promedio de Tukey ($p \leq 0.05$), mostró que el mejor tratamiento en porcentaje de germinación, altura de planta y longitud de raíz fue el T1 con 97.95%, 45.21 cm y 33.30 cm, respectivamente. Se concluye que se obtuvo una buena germinación de semillas y mayor crecimiento de plantones de sacha inchi con el sustrato de gallinaza.

Palabra clave: semilla sin escarificar, incremento, plantones.

Evaluation of the germination of *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) in different types of organic substrates at UNIA, Yarinacocha, Ucayali, Peru

ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the germination of *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi) in different types of organic substrate in the nursery of the National Intercultural University of the Amazon, Yarinacocha, Ucayali, Peru, between the months of February to April 2020. The completely randomized design (DCA) was used with six (6) treatments (T1= 100% decomposed chicken manure, T2= 100% decomposed cow, T3= 100% river sand, T4= 100% clay soil, T5= 100% *Septotheca testannii* "utucuro" sawdust and Control= 50% clay soil + 25% river sand + 25% decomposed worm humus) and four (4) repetitions, with 24 units experimental; each experimental unit of 49 bags, making a total of 1176 bags with substrate. The variables evaluated were seed germination percentage (%), plant height (cm), stem diameter (cm) and root length (cm), evaluated monthly. The variance analysis ($p \leq 0.05$) showed that the treatments were statistically significant except for stem diameter. Tukey's average test ($p \leq 0.05$), showed that the best treatment in germination percentage, plant height and root length was T1 with 97.95%, 45.21 cm and 33.30 cm, respectively. It is concluded that it was obtained good seed germination and greater growth of sacha inchi seedlings with the chicken manure substrate.

Keyword: unscarified seed, increment, seedlings.

I. INTRODUCCIÓN

Plukenetia volubilis L. “sacha inchi”, es un arbusto nativo oleaginoso de la familia Euphorbiaceae, cuyas semillas presentan un valor proteico de 23% y un alto contenido de aceites de 49.9%, ricos en omega 9, 6 y 3 (La Rosa y Quijada, 2013; Merino *et al*., 2008, Gorriti *et al*., 2010) y también son usadas en tratamientos para reducir la enfermedad de lipemia posprandial (Huamán *et al*., 2008), repercutiendo de esta manera no solo en la salud de las personas sino también en la nutrición de las mismas (Carrillo y Rucabado, 2021). Asimismo, contiene otros componentes como fitoconstituyentes entre ellos tenemos a los taninos, flavonoides, esteroides, alcaloides y saponinas, los cuales hacen que esta planta tenga gran demanda para fines medicinales (Castillo *et al*., 2010).

En el Perú, *P. volubilis* se encuentra en estado silvestre en gran parte de la Amazonía (Peña *et al.,* 2008; Merino *et al*., 2008) y cuenta con aproximadamente 1770 hectáreas sembradas entre las regiones San Martin (1179 ha), Loreto (380 ha), Junín (182 ha) y Huánuco (29 ha), con una producción de 2604 toneladas métricas (TM) de semillas/año, el rendimiento promedio varía entre 1.18 a 2.66 tn/ha y su precio comercial es de S/. 20/kg (MIDAGRI, 2021). Además, este cultivo viene tomando mayor interés en las actividades comerciales nacional e internacional, por ser un gran suplemento nutricional y un excelente insumo para la producción de cosméticos, siendo los principales mercados importadores de sacha inchi proveniente del Perú, la Unión Europea (27%), Canadá (26%), Estados Unidos (20%) y Japón (15%) (PeruBiodiverso, 2014; PeruBiodiverso, 2009).

La semilla de sacha inchi presenta una cutícula gruesa, muy impenetrable, que dificulta y retarda los días de su germinación, afectando de esta manera la uniformidad de germinación de las plántulas en vivero (Torres, 2012; Kameswara *et al*., 2007). No obstante, un factor poco estudiado en la germinación es la presencia de la testa, ya que, debido a su presencia y permeabilidad, está influye directamente en la absorción de agua y la constante hidratación del tejido de reserva de la semilla (La Rosa y Quijada, 2013; Bewley y Black, 1994). Por ésta razón, algunos estudios demostraron que el uso de semilla escarificada (sin testa) influye en la velocidad de germinación, es decir, si la escarificación es completa las semillas emergen a los 12 días y si es parcial ésta se prolonga de 20 a 24 días, ya que la testa de las semillas es gruesa, e impide la salida necesaria de agua y oxígeno para la germinación (Carrillo y Rucabado, 2021; Ortiz y Yambay, 2020; La Rosa y Quijada, 2013).

Por su parte, La Rosa y Quijada (2013) encontraron un alto porcentaje de germinación con sustrato de musgo fino, que brinda un adecuado drenaje, aireación y retención de agua a las semillas. Estos mismos autores obtuvieron un bajo porcentaje de germinación con

semillas sin escarificarla, ya que los sustratos no proporcionaron un drenaje adecuado, disminuyendo el oxígeno e inhibiendo la germinación, y que la alta humedad en los sustratos provocaron el desarrollo de hongos. Por lo tanto, las semillas completamente escarificadas germinan más rápido que las parcialmente escarificadas o sin escarificar (Carrillo y Rucabado, 2021; Torres, 2012).

Con respecto a los sustratos orgánicos utilizados para la producción de plantones de sacha inchi en vivero, se cita a Arguello (2015) para Ecuador, quien obtuvo una germinación (97.5%), altura (45.13 cm) y diámetro (2.18 cm) con el sustrato (cáscara de sacha inchi + tierra común). Por su parte, Villca (2012) para Bolivia, obtuvo un 94.37% de germinación con sustrato (tierra del lugar + arena + aserrín), y un diámetro de tallo de 0.70 cm con el sustrato (tierra del lugar + arena + gallinaza). Para el Perú, Carbajal (2010) logró obtener una altura de 13.15 cm con el sustrato (80 % de tierra aluvial + 20% de gallinaza + 4-10-10 NPK) y 95% de germinación con sustrato de arena de río, seguido por Tello (2008) con 18.17 cm con el sustrato (30 % de tierra aluvial + 30% de arena de río + 40% de humus de lombriz) y también por Pinedo (2006) con 13 cm usando el sustrato (30% de estiércol descompuesto + 70% de suelo de restinga), y por el contrario, los diámetros obtenidos en las investigaciones mencionadas anteriormente no tuvieron significancia.

Sin embargo, no hubo antecedentes sobre la aplicación de gallinaza, vacaza, tierra arcillosa, arena y aserrín de forma pura (100%), ya que los sustratos para sacha inchi normalmente son preparadas con diferentes insumos y en proporciones. Por lo tanto, usar diferentes insumos y escarificar la semilla en la producción de plantones de sacha inchi en vivero genera más trabajo, tiempo y dinero para el agricultor. Es por ello, que los resultados de ésta investigación muestran que se obtuvo mayor porcentaje de germinación de semillas de sacha inchi con el sustrato (100% de aserrín de *Septotheca testannii* “utucuro”) y mayor crecimiento de los plantones con el sustrato (100% de gallinaza descompuesta).

Objetivo general:

Evaluar la germinación y crecimiento de *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi) en seis tipos de sustratos orgánicos en la UNIA, Yarinacocha, Ucayali, Perú.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la germinación de semillas de *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi) en seis tipos de sustratos orgánicos en la UNIA, Yarinacocha, Ucayali, Perú.

2. Evaluar el crecimiento de plantones de *Plukenetia volubilis* L (sacha inchi) en seis tipos de sustratos orgánicos en la UNIA, Yarinacocha, Ucayali, Perú.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. A nivel internacional

Arguello (2015), evaluó diferentes sustratos en la conducta agronómica del cultivo de *P. volubilis* en la etapa de semillero, en Ecuador, logrando obtener a los 45 días de evaluación mayores valores de germinación de 97.50%, altura de planta de 45.13 cm y diámetro de tallo de 2.18 cm con el sustrato de cáscara de sacha inchi + tierra común y, por el contrario, la longitud de raíz de 41.65 cm se obtuvo sin ningún sustrato.

Villca (2012), determinó diferentes ecotipos de *P. volubilis* en el período semillero con tres sustratos, en Bolivia. Dentro de los resultados el mayor porcentaje de germinación (94.37 %) se obtuvo con el sustrato de tierra del lugar + arena + aserrín y, por el contrario, el mayor diámetro de tallo (0.70 cm) se logró con el sustrato de tierra del lugar + arena + gallinaza. La altura de la planta y longitud de raíz no presentó diferencias significativas entre sustratos.

2.1.2. A nivel nacional

La Rosa y Quijada (2013), determinaron las condiciones adecuadas para la germinación de *P. volubilis* en Lima. Como resultado se obtuvo 70 % de germinación para la semilla con testa y 95 % para la semilla sin testa en sustrato de musgo fino. Concluyendo que los tratamientos con escarificación (sin testa) tuvieron mejores resultados en la germinación.

2.1.3. A nivel local

Carbajal (2012), evaluó el efecto de fertilización inorgánica (NPK) en diferentes sustratos de *P. volubilis*, en Pucallpa. Los resultados obtenidos indican a los 30 días de evaluación, mayor germinación de 95% con arena de río. El diámetro de tallo no tuvo diferencias significativas entre tratamientos. El mayor valor de altura de la planta se logró con el sustrato de 80% tierra aluvial + 20% gallinaza + NPK 4-10-10 con 13.15 cm.

Tello (2008), determinó que el sustrato más adecuado a los 30 días de

evaluación para la altura de planta de *P. volubilis* se logró con el sustrato de 30% de tierra aluvial + 30% de arena + 40 % de humus de lombriz con 18.17 cm, mientras que los valores de diámetro de tallo no presentó diferencias significativas entre sustratos.

Pinedo (2006) evaluó tres tipos de sustrato en la etapa de vivero de *P. volubilis*, en Pucallpa. Como resultado a los 30 días de evaluación obtuvo un 95% de germinación con arena de río. El diámetro de tallo no fue significativo entre tratamientos. La mayor altura de planta se logró con el sustrato de 30 % de gallinaza descompuesta + 70 % de suelo de restinga con 13 cm.

2.2. *Plukenetia volubilis* (Sacha inchi)

Como especie de crecimiento rápido, las plantas de *P. volubilis* comienzan a entrar en etapa de floración a los cinco meses después de la siembra y producen semillas con alto contenido de aceite (Cai, 2011; Arévalo, 1996).

El aceite de semilla de sancha inchi es principalmente una fuente vegetal rica en ácidos grasos insaturados, superando las características de los aceites utilizados en el consumo humano mundial (Cai *et al.,* 2011; Guillén *et al*., 2003).

Las plantas de *P. volubilis* aparecen continuamente en zonas tropicales y, por lo tanto, florecen y fructifican casi continuamente durante todo el año. Los frutos parecen cápsulas con un diámetro que va de 4 a 7 cm, que constan de cuatro a siete vainas, con una semilla por vaina (Chirinos *et al*., 2016; Cai *et al.,* 2011).

2.2.1. Clasificación botánica

Según Betancourth (2013) el ordenamiento botánico del sacha inchi se da de la siguiente manera:

Reino: Vegetal
División: Spermatophyta
Sub división: Angiospermae
Clase: Dicotiledónea
Orden: Euprhorbiales
Familia: Euphorbiaceae
Género: *Plukenetia*
Especie: *volubilis*
Nombre científico: *Plukenetia volubilis* Linneo.
Nombres comunes: Se conoce también con los

siguientes nombres tales como: sacha yuchi, sacha yuchiqui, sacha inchik, maní del monte, maní silvestre, maní del Inca, esto debido al lugar de origen (Dostert *et al*., 2009; Tito y Bautista, 2009).

2.2.2. Origen y distribución

El Sacha Inchi, *Plukenetia volubilis* L., es originaria de América del Sur (Cai *et al.,* 2011; Cai, 2011). Asimismo, esta planta fue sembrado desde la época prehispánica en la costa peruana, habiéndose encontrado semillas y representaciones en cerámica (Brack, 2005; Brack, 2003; Brack, 1999). Su nombre proviene de la palabra quechua “sacha”, que significa silvestre e “inchi”, por el maní que produce este cultivo. También se conoce a esta planta como sacha yuchi, sacha yuchiqui, sacha inchik, maní del monte, maní silvestre, maní del Inca según al lugar de origen (Alayon y Echeverry, 2016).

Su distribución es muy extendida comienza en las Antillas Menores y América del Sur, ubicadas principalmente en las regiones norte y oeste y en las riberas de la cuenca del Amazonas en Surinam, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Brasil (Wang *et al*., 2018; Dostert *et al*., 2009; Brack, 2005; Gillespie, 1999; Brack, 1999; Gillespie y Armbruster, 1997; Gillespie, 1993; Webster y Huft, 1988). En el Perú, *P. volubilis* fue reportado para los departamentos de Amazonas, Cusco, Huánuco, Junín, Loreto, Ucayali, Pasco, San Martín y Madre de Dios (IIAP, 2008; Briones, 2014; Dostert *et al*., 2009; Gillespie, 1993; Brako y Zarucchi, 1993).

2.2.3. Morfología general

A. Planta

Es una enredadera u trepadora leñosa perenne**,** voluble, semi-leñosa, monoica, decidua y de altura indeterminada (Vásquez, 2016; Dostert *et al*., 2009; Tito y Bautista, 2009).

B. Hojas

Son alternas tienen un tono verde oscuro; la lámina foliar es aguda u oval elíptica, puede medir de 9 hasta 16 cm de largo y de 6 a 10 cm de ancho; su margen es moderadamente aserrado. El ápice de la hoja es afinado, con base plana o semi-arriñonada (Vásquez, 2016; Herrera *et al*., 2010; Dostert *et al*., 2009; Tito y Bautista, 2009) (ver Figura 1).



Figura 1. Hojas de la planta de sacha inchi.

Fuente: Coronado (2018).

C. Inflorescencia

Es racemosa, alargada, monoica (bisexual), y de 5 a 18 cm de largo; las flores pistiladas se encuentran solitarias en los nudos basales, la columna estilar es parcial o totalmente connada, 15 a 30 mm de largo, flores masculinas subglobosas, numerosas, agrupadas en los nudos distales; estambres 16 a 30, con filamentos conspicuos, cónicos, de 0.5 mm de largo (Herrera *et al*. 2010; Dostert *et al*., 2009).

Por otro lado, las flores masculinas son pequeñas, blanquecinas y dispuestas en forma de racimos, en la base del racimo y lateralmente se puede observar una a dos flores femeninas, sin embargo, la flor femenina puede tener dos formas la primera es alargada y delgada y la segunda es corta y engrosada (Vásquez, 2016; Herrera *et al*. 2010; Tito y Bautista, 2009) (ver Figura 2).



Figura 2. Inflorescencia del sacha inchi.

Fuente: Ayala (2016).

D. Fruto

El fruto es una cápsula, glabra, lobulado, de 2.5 a 6 cm de diámetro, generalmente con 4 lóbulos (tetra lobados) aristados, dentro de los cuales se encuentran 4 semillas; pero algunos presentan cápsulas con 5 a 7 lóbulos (Vásquez, 2016; Herrera *et al*. 2010; Dostert *et al*., 2009; Tito y Bautista, 2009) (ver Figura 3).



Figura 3. Frutos de la planta del sacha inchi. La imagen A. es en su estado de maduración y la imagen B. en su estado de secado.

Fuente: Coronado (2018).

E. Semilla

Es ovalada, con un color marrón con algunas manchas irregulares más oscuras, levemente voluminosa al medio y aplastada en los bordes (comprimidas lateralmente); presenta una superficie desde lisa hasta rugosa, y su medida oscila entre 1.5 a 2.1 cm (Vásquez, 2016; Dostert *et al*., 2009; Tito y Bautista, 2009) (ver Figura 4).



Figura 4. Semillas frescas obtenidas del fruto de sacha inchi.

Fuente: Coronado (2018).

2.2.4. Ecología

El sacha inchi crece en áreas perturbadas o borde de bosque húmedo o muy húmedo de tierras bajas y se encuentra principalmente a partir del nivel del mar hasta menos de 1000 m de altitud (Bussmann *et al*., 2013; Gillespie y Armbruster, 1997). Al mismo tiempo, el hábitat de esta especie son los bosques tropicales lluviosos y bosques o matorrales pluviestacionales (Herrera *et al*. 2010).

La planta requiere abundante luz para el proceso de fotosíntesis, cuando la sombra es muy intensa, la floración disminuye y la producción se reduce (Herrera *et al*. 2010; Sánchez, y Amiquero, 2004; Arévalo, 1995). Por su rusticidad se adapta a diferentes tipos de suelo, franco arcilloso, franco arenoso (Arévalo, G. 1996).

Además, sus semillas tienen baja viabilidad de semilla, menor tasa de germinación, menor resistencia a enfermedades y retraso en el enraizamiento de las plántulas (Solis *et al.,* 2016).

2.2.5. Propagación

El sacha inchi posee un grado considerable de variación morfológica y una alta diversidad genética entre diferentes poblaciones. Es una especie alógama que generalmente se propaga por semillas y su descendencia es heterogénea (Cachique *et al.,* 2018; Valente *et al*., 2017).

La propagación vegetativa permite mantener el 100 % de la identidad de los genotipos superiores, asegura la conservación del germoplasma y aumenta la ganancia genética en períodos cortos mediante el uso de componentes aditivos y no aditivos de la varianza genética (Solis *et al.,* 2019; Solís *et al*., 2017; Zobel y Talbert, 1988). Los tiempos de germinación de las semillas han sido más cortos en la germinación in vitro que en los viveros, a pesar de ello, algunos aún son largos (Cardoso *et al.,* 2018; Kodahl *et al.,* 2018; De la Rosa y Quijada, 2013). Además, la propagación por esquejes enraizantes presenta ventajas como conferir precocidad, multiplicar especies que no producen semilla y multiplicar más plantas en espacios reducidos (Solis *et al.,* 2017; Silva *et al*., 2010).

La falta de métodos confiables para la propagación asexual ha limitado el establecimiento de plantaciones comerciales debido a que los genotipos con características sobresalientes no pueden propagarse de forma masal (Ruiz y

Mesén, 2010). Estudios previos han establecido metodologías de enraizamiento para sacha inchi utilizando propagadores de riego subterráneo y arena como sustrato (Cachique *et al*., 2011¸ Solis *et al*., 2017).

2.2.6. Importancia del cultivo

El sacha inchi se cultiva desde tiempos prehispánicos en el Perú y en la actualidad es un nuevo cultivo oleaginoso incorporado a la actividad agrícola en la Amazonía (Cachique *et al*., 2011; Brack, 1999; Arévalo, 1995).

La incorporación de cultivos poco conocidos como el sacha inchi a los sistemas agrícolas sostenibles brinda nuevas oportunidades de desarrollo y puede aumentar la resiliencia de los sistemas de producción de alimentos (Cachique *et al.,* 2018). Además, posee un alto potencial para reemplazar cultivos ilícitos como la coca (Cachique *et al*., 2011) y el establecimiento de plantaciones comerciales genera impactos ambientales positivos ya que puede instalarse en suelos degradados (Solís *et al.,* 2018).

Las semillas del sacha inchi son una excelente fuente de lípidos, 77.5 a 84.4 % son ácidos grasos poliinsaturados (omega 3, 6 y 9) (Gutiérrez *et al*., 2011**;** Guillén *et al*., 2003), 8.4 a 13.2 % son ácidos grasos monoinsaturados, y del 6.8 a 9.1 % son ácidos grasos saturados (Solis *et al.,* 2019; Pereira *et al.,* 2013; Maurer *et al.,* 2012; Tito y Bautista, 2009; Merino *et al.,* 2008). Por otro lado, posee gran potencial agroindustrial, por la cantidad de proteínas que contiene la semilla 23%, y su gran contenido de aceite con 49.9% (Castillo *et al.,* 2010). Además, sus semillas poseen aminoácidos esenciales y se utilizan como suplementos dietéticos (Sathe *et al.,* 2012).

En la última década, se ha vuelto cada vez más popular en las industrias hortícola, farmacéutica, cosmética y alimentaria (Kodahl, 2020; Wang *et al.,* 2018; Chirinos *et al*., 2016). Los alimentos enriquecidos con ácidos grasos poliinsaturados omega pueden desempeñar un rol significativo para prevenir y otras como tratamiento de malestares coronarias y neurodegenerativas, diabetes, artritis reumatoide, enfermedades pulmonares y otras enfermedades autoinmunes inflamatorias (Kerdiles *et al*., 2017; Watanabe y Tatsuno, 2017; Tenenbaum y Fisman, 2018).

2.2.7. Plagas y enfermedades

La presencia del insecto plaga *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae) este provoca en el cultivo que disminuya su producción, y la baje la calidad del fruto, esto se debe a que en su estado larval esta plaga se desarrolla en el interior del fruto, lo que impide su control y ocasiona la pérdida al no poder permitir su distribución en mercados a nivel nacional e internacional (Anteparra *et al*., 2013; Campos, 2012).

Sin embargo, la explotación comercial del sacha inchi es aún incipiente porque no se han desarrollado variedades, ya que es susceptible al nematodo agallador de las raíces (*Meloidogyne incognita*), quien es la principal enfermedad y presenta una amplia variabilidad genética, morfológica y fitoquímica (Marquez *et al*., 2013; Rodríguez *et al*., 2010).

Por su parte, Dostert *et al.* (2009) mencionan que la planta de sacha inchi también pueden ser afectados por diferentes géneros u especies de hongos: *Stagonospora*, *Leptosphaeria*, *Rhizoctonia, Cronartium* y Colletotrichum gloeosporioides, que atacan tanto tallos como hojas. Además, de *Fusarium* sp., y *Macrophomina* sp., que causan el pudrimiento total de las raíces lo que da como consecuencia la muerte (Gómez y Ríos, 2009).

2.3. Sustratos

Los sustratos para elaboración de las plantas se pueden definir como el medio apropiado para retención suficientes y necesarias de agua, oxígeno y nutrientes, además, ofrecen un pH compatible y conductibilidad eléctrica adecuada, asimismo, para elegir un sustrato, se debe buscar principalmente, sus características físicas y químicas, de la especie a ser plantada, además de los aspectos económicos, que sea de bajo costo y que sea disponible localmente (Fonseca, 2001; Frade Junior *et al*., 2011).

De acuerdo con Dos Santos *et al*. (2014) y Fonseca (1988), la materia orgánica es uno de los componentes fundamentales de los sustratos, cuya finalidad básica es aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. Es por ello, que el tipo de sustrato y sus características físicas, químicas y microbiológicas son propiedades importantes en la producción de plantas (Ortega Martínez *et al*., 2010).

Como sustratos se emplean varios materiales, entre ellos, musgos, agrolitas, perlitas, biosólidos, suelo y residuos de la industria agropecuaria u orgánicos (Sánchez *et al*., 2016) en distintas proporciones (García *et al*., 2011). La calidad del sustrato va a influir en la calidad de las plantas que se producen (Miranda y Alvarado, 2020).

2.4. Tipos de sustrato utilizados

2.4.1. Gallinaza

En los sistemas avícolas intensivamente generan gran cantidad de restos orgánicos como es la gallinaza, que al ser utilizada de manera fresca genera grandes impactos perjudiciales al ambiente, por lo que debe estar bien descompuesto para su uso (Estrada, 2005; CINSET, 1998). Así mismo, este sustrato es una importante fuente de macro y micronutrientes que son necesarias en la producción razonable de los cultivos agrícolas (Higashikawa *et al.,* 2010; Ruiz *et al*., 2008; Ayola y Makinde, 2007; Estrada, 2005; López *et al*., 2001; North y Bell, 1998).

Además, la agregación de gallinaza causa gran impacto que es beneficioso para sus propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Entre una de las propiedades físicas que tiene el suelo es la reducción de la densidad aparente el cual hace que aumente la porosidad y también la capacidad de conservación de humedad (Rodríguez *et al*., 2010; Estrada, 2005; Hernández y Cruz, 1993). Otro aspecto significativo de la gallinaza es su gran contenido de calcio, que adquiere valores como 6% en promedio, y en algunos casos se puede observar valores de 10 a 12% (Hernández y Cruz, 1993).

En cuanto a la característica biológica del suelo, el estiércol sirve como ayuda nutricional a la microflora y fauna del suelo, obteniendo de esta manera como resultado un aumento de población de hongos, bacterias y actinomycetes que poseen gran potencial para el biocontrol de diversos malestares causadas por los nemátodos fitoparásitos y también por hongos fitopatógenos del suelo (Lin *et al*., 2009; Estrada, 2005; Peacock *et al*., 2001; Hernández y Cruz, 1993). La gallinaza al ser un abono orgánico es rica en nitrógeno, además, tiene los nutrientes necesarios y en gran cantidad que las deyecciones de otros animales (Murillo, 1999; Guerrero, 1993), cuyos datos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Componentes de la gallinaza.

Macroelementos				Microelementos				pH	Relación C/N	Materia orgánica (%)
N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Fe (ppm)	Mg (%)	Mn (ppm)	Zn (ppm)			
3.7	2.2	2.7	5.7	4902	1.0	474	516	6.4	14.5	54

Fuente: Guerrero (1993).

2.4.2. Vacaza

El estiércol de vaca está formado por una mezcla de la cama de los animales y de deyecciones, que han sufrido fermentaciones más o menos avanzados en el establo y después en el estercolero (Plaster, 2000; Guerrero, 1993). Además, la vacaza ponen a disposición del cultivo elementos fertilizantes que se liberan lentamente y que los cultivos aprovechan en sucesivos años, entre los estiércoles suelen haber bastante diferencia, en primer lugar, por la especie animal de que proceden y también por el grado de humedad, tiempo de elaboración, forma en que está hecho (Guerrero, 1996; Guerrero, 1993).

A su vez se degrada aerobiamente produciendo metano, y en ocasiones es utilizado como abono directo en las plantas, pero al reaccionar con el oxígeno del aire ambiente se libera energía térmica de la reacción, capaz de inhibir la germinación de la semilla y ofrece sus nutrientes aproximadamente en un año (Pérez *et al*., 2017). En su estado fresco se presenta como una mezcla de paja con excrementos sólidos y líquidos, por lo que generalmente no se usa el estiércol fresco para el proceso de abonos orgánicos, si no el descompuesto que haya pasado por un periodo de maduración o envejecimiento de 3 a 4 meses (Iparraguirre, 2007), y así mismo presenta un valor nutritivo alto (Bollo, 1999) cuyos componentes se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Componentes de la vacaza.

Macroelementos				**Microelementos**				**pH**	**Relación C/N**	**Materia orgánica (%)**
N (%)	**P (%)**	**K (%)**	**Ca (%)**	**Fe (ppm)**	**Mg (%)**	**Mn (ppm)**	**Zn (ppm)**			
1.5	0.6	2.5	3.2	<354	0.8	264	130.6	7.7	17.5	66

Fuente: Guerrero (1993).

2.4.3. Tierra arcillosa

Los suelos arcillosos son aquellos en cuya composición predominan las partículas menores de 0.002 mm diámetro (denominadas arcillas), que si están húmedos son pegajosos. Cuando el predominio de arcillas es muy alto, se consideran suelos pesados por su alta densidad (Fernández *et al*., 2014). Debido a esto, los suelos arcillosos absorben y retienen más el agua, lo que hace que el drenaje sea pobre y el suelo mal aireado; al secarse, se forman terrones, por lo que resulta difícil de trabajar, sobre todo en agricultura (Zerbino y Altier, 2008).

Sin embargo, el color rojizo de la tierra se desarrolla por oxidación del hierro, lo que indica que es un suelo aireado, altamente meteorizado (Arias, 1998). Las arcillas son muy importantes en la fertilidad del suelo, ya que retienen las sales minerales al formar agregados con el humus y son buenas en la retención de humedad (Fernández *et al*., 2014; Arias, 1998).

2.4.4. Aserrín

Este sustrato se obtiene del residuo sobrante del proceso de aserrado de la madera, el cual se caracteriza principalmente por tener una consistencia fuerte y una densidad anhidra que regularmente es de 0.3891 gr/cm^3 (Garzón *et al.,* 2005) y se considera como ligero.

Las propiedades físicas del aserrín dependen del tamaño de sus partículas y se recomienda que del 20-40 % sean inferiores a 0.8 mm. Es un sustrato ligero, con una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g·cm^{-3}. La porosidad total es superior al 80 %, la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada (Pineda *et al.,* 2012; Maher *et al*., 2008). La ventaja principal del aserrín es su bajo costo, pero al ser un material orgánico entra en descomposición, lo que reduce su vida útil como sustrato (Pineda *et al.,* 2012).

Por otro lado, es muy usado en los trópicos para la germinación de semillas, que, mezclado con otros insumos, se convierte en un material muy positivo para acelerar la germinación de semillas, se pueden usar mezclados con otros insumos como la cascarilla de cacao, de arroz, de café, de cebada, entre otros (Peñuelas, 2008) y sus componentes se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Componentes del aserrín.

Macroelementos					Microelementos					
N (%)	**P (%)**	**Ca (%)**	**Mg (%)**	**K (%)**	**Fe (g/kg)**	**Cu (g/kg)**	**Zn (g/kg)**	**Mn (g/kg)**	**pH**	**CE**
0.24	0.06	0.70	0.08	0.29	740	6	9	22	5.79	0.020

Fuente: Murillo (1999).

2.4.5. Arena

La arena es el agregado 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).

Además, la granulometría apropiada para el uso en sustratos oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro para una buena porosidad, pero con retención hídrica mínima. Menor a 0,5 mm puede ocasionar anoxia radicular y mayor a 2 mm no retienen agua (Alvarado y Aguilar, 2002; Martínez y Roca, 2011). Pire y Pereira (2003) determinaron las propiedades físicas de la arena fina (0.05 – 1 mm de diámetro), determinando 1.6 % humedad, 37.3 % porosidad total, 4.7 % porosidad de aireación, 32.6 % retención de humedad y 1,458 mg/m³ densidad aparente.

Pero entre las ventajas están su precio relativamente bajo, estabilidad estructural, facilidad de ser desinfectado y reutilizable; sin embargo, también presenta desventajas como su elevada densidad aparente, baja retención de agua y el impacto ambiental que causa al extraerla de playas (Abad *et al*., 2004, Martínez y Roca, 2011).

2.4.6. Humus de lombriz

Este componente tiene una alta carga microbiana que supera los 20 mil millones de grano seco, aportando de esta manera se protege la raíz de diversas bacterias y hormonas como son el ácido indol acético y acido liberalice, ayudando de así el desarrollo y funciones vitales de las plantas Soto (2003). Por otra parte, este sustrato es considerado ideal como abono orgánico ya que contiene fibra bacteriana ya que posee de 40 a 60 millones de microorganismo por c.c., por el cual es idóneo para enriquecer y restablecer las tierras. Su adquisición permite bajar un 40% costos de fertilización. Una de las actividades residuales del humus de gusano es mantener el suelo hasta por cinco años y al tener el pH neutro no muestra dificultades para dosificar ni de fitotoxicidad, aún en los casos donde este abono se aplica puro (Soto, 2003; Guerrero, 1996).

Del mismo modo, muestra una perfecta proporción e inmediata disponibilidad de los macro elementos N, P, K, y gran cantidad de micro elementos, además, es un magnifico enriquecedor del suelo. Asimismo, El humus de lombriz trabaja la biodinámica del suelo; por lo que mejora la textura y estructura de la tierra, actúa como agente endurecedor de las partículas del suelo, dando origen así a estructuras granulares, el cual permite un mejor desarrollo radicular, intercambio gaseoso y activa a los microorganismos del suelo (Schuldt, 2006; Chilon, 1997).

El abono de lombriz está considerado como un excelente abono orgánico, ya que conserva un gran contenido en nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, elementos que son muy fundamentales para que la plante se desarrolle. Además, Brinda a las plantas una nutrición equitativa con los elementos primordiales que son aprovechables y asimilables por las raíces (Brechelt, 2004; Cadavid, 2002), y sus componentes se expresan en la Tabla 4.

Tabla 4. Componentes del humus de lombriz.

Elementos	Unidad	Rango
PH		6.8-7.2
Materia orgánica	%	30-50
CaC03	%	8-14
N	%	1.5-3.35
P	Ppm	700-2500
K	Ppm	4400-7700
Ca	%	2.8-8.7
Mg	%	0.2-0.5
Mn	Ppm	260-576
Cu	Ppm	85-490
Zn	Ppm	87-404
C/N		9-13

Fuente: Bollo (2001).

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

La investigación fue realizada en el vivero agroforestal de la Universidad Nacional Intercultural de la Amazonia (UNIA), ubicada en la carretera a San José 0.6 km del distrito de Yarinacocha, provincia de coronel Portillo, región Ucayali, Perú, con coordenadas UTM: Norte: 9077214 y Este: 544829, a una altitud de 154 m.s.n.m (ver Figura 5).



Figura 5. Ubicación del vivero agroforestal de la UNIA.

Fuente: Google Earth, 2020

De acuerdo con el sistema de clasificación de Holdridge, el área experimental de estudio se encuentra dentro de la zona de vida Bosque Húmedo Tropical, conformado por suelos aluviales arcilloso y limo arcilloso. Los datos meteorológicos obtenido durante el estudio se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Datos meteorológicos durante el periodo experimental 2020.

Variables climáticas	Meses		
	Febrero	Marzo	Abril
Temperatura máxima (°C)	31.30	30.80	31.02
Temperatura minima (°C)	23.87	23.47	22.84
Temperatura promedio (°C)	27.59	27.14	26.93
Humedad relativa (%)	80.76	80.52	73.03
Precipitación total (mm)	83.05	216.91	24.13

Fuente: Estación Meteorológica Agrícola de la UNU, 2020.

3.2. Identificación y descripción del material experimental

Se adquirió semillas certificadas de sacha inchi del ecotipo “pinto recodo” procedente de Tarapoto de la provincia de Lamas, San Martín, la cual fue seleccionada para este estudio debido a su alto contenido de ácidos grasos insaturados de 41.5%, con rendimiento de 0.15 Tn/ha y es resistente al nematodo *Meloidogyne incognita*.

El material experimental estuvo conformado por diferentes tipos de sustrato orgánico (gallinaza, vacaza, tierra arcillosa, arena, aserrín y humus de lombriz) incorporados en bolsas de vivero.

3.3. Procedimiento

3.3.1. Característica de la cama de vivero

El vivero donde fue instalado el experimento es considerado de tipo permanente. La cama presentó una dimensión de 12 m de largo x 1m de ancho, con un área total de 12 m^2 y se limita con bordes de material noble que alcanza los 15 cm de la superficie. El tinglado estuvo conformado por 6 postes de madera de 1.90 m de alto y con una sombra recubierto con malla tipo rashell N°0.5 que cubrió un 50% del ingreso de la luz solar.

3.3.2. Preparación de sustratos

Previamente fueron cernidos los diferentes insumos empleados en los tratamientos. Para la elaboración del T6 se mezclaron de forma manual con ayuda de una pala, 2 baldes de tierra roja (50%), 1 balde de arena de río (25%) más 1 balde de humus de lombriz (25%). Por otro lado, para la preparación de los demás tratamientos al 100 %, se utilizaron de cada insumo, 4 sacos de 49 kg de capacidad, de gallinaza, vacaza, aserrín y humus de lombriz y 4 baldes de 50 litros capacidad de tierra roja y de arena de río.

Para el T1 (100% de gallinaza), se utilizó gallinaza descompuesta y en estado seco que fue traído de una granja avícola para carne de la empresa avícola “Kokoroco”; el T2 (100% de vacaza), fue vacaza descompuesta y en estado seco procedente del fundo ganadero de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU); el T3 (100% de arena), fue arena que se consiguió de las orillas del río Ucayali; el T4 (100% de tierra arcillosa), fue tierra arcillosa que fue comprado y traído de una empresa de ventas de agregados de construcción en Pucallpa y el T5 (100% de aserrín), fue aserrín fresco de madera de la especie *Septotheca testannii* “utucuro” procedente de un aserradero en Manantay.

3.3.3. Llenado de las bolsas

La actividad de llenado fue realizada en bolsas de polietileno para vivero de 4” x 7”, de 1.5 mm de grosor perforadas con una capacidad de 1kg, conteniendo los sustratos respectivos, y se evitó de dejar espacios vacíos en las mismas y fueron acomodados en el vivero de acuerdo al croquis de distribución de unidades experimentales (ver Figura 6) y finalmente se regaron hasta humedecer el sustrato y se dejaron reposar durante 15 días antes de la siembra.

3.3.4. Siembra

Se realizó la siembra directa de las semillas de sacha inchi en las bolsas con los sustratos, de forma manual colocando una semilla por bolsa, a una profundidad de 2 cm, tomando en cuenta de poner el embrión hacia abajo para evitar problemas en la germinación.

3.3.5. Riego

Durante la etapa inicial del experimento, la aplicación del riego fue constante, realizándose dos veces al día, principalmente los días soleados. El riego se efectuó utilizando una regadera de metal de 10 litros de capacidad, una por la mañana antes que salga el sol (entre 6 a 8 am) y otra en la tarde después de la salida del sol (entre 4 a 6 pm), para evitar que las plantas se estresaran. Asimismo, conforme el crecimiento de las plantas se redujo la intensidad de riego, es decir, cuando hubo altas precipitaciones no fue necesario el riego.

3.3.6. Control de malezas

Se realizó cada quince días el deshierbe manual en las bolsas, con la finalidad de causar el menor daño posible en las plantas y evitar la competencia nutricional con las mismas, siendo las más frecuentes las ciperáceas.

3.3.7. Registro de los datos climáticos

La obtención de los datos de temperatura (°C), humedad relativa (%) y precipitación pluvial (mm) fue realizado durante el periodo lluvioso y se recopiló la información de la Estación Meteorológica Agrícola de la Universidad Nacional de Ucayali (UNU), durante el periodo de 90 días que permanecieron los plantones en vivero.

3.3.8. Evaluaciones registradas

A. Porcentaje de germinación (%)

Se registró el total de todas las plantas germinadas y sanas de cada unidad experimental que estuvo compuesta por un total de 49 plantas, identificándose cuándo aparentemente todos los cotiledones estaban sobre la superficie del sustrato, el cual se produjo a partir de los 11 días de la siembra, y uniformizándose hasta los 13 días en los tratamientos. Esta variable fue evaluada a dos semanas después de la siembra y luego se expresaron en porcentaje mediante la siguiente fórmula (Villca, 2012):

% de germinación= (Plantas emergidas/Semillas sembradas) x 100.

B. Altura de planta (cm)

Los registros de estos datos fueron a los 30, 60 y 90 días. Se tomaron 24 plantas al azar por tratamiento, donde se midió la altura con el apoyo de una regla graduada desde la base de la planta hasta el meristemo apical de la misma, para luego proceder promediar y expresar la medida en centímetros (cm) (Villca, 2012; Pinedo, 2006).

C. Diámetro del tallo (mm)

De igual manera, los datos fueron registrados a los 30, 60 y 90 días. Se tomaron 24 plantas al azar por cada tratamiento, donde se midió el diámetro con la ayuda de un vernier digital, sobre la base de la planta, para luego promediar y expresar la medida en milímetros (mm) (Villca, 2012; Pinedo, 2006).

D. Longitud de raíz (cm)

Para obtener la planta con la raíz se tuvo que remojar con agua durante un par de minutos, para que el sustrato se humedezca y pueda facilitar de esta manera la obtención de la raíz completa. Al igual que la anterior, los datos fueron registrados a los 30, 60 y 90 días. Se tomaron 24 plantas al azar por cada tratamiento, donde se midió el largo de la raíz con la ayuda de una regla graduada, desde el inicio de la misma hasta la ramificación más larga, para después promediar y expresar la medida en centímetros (Villca, 2012; Pinedo, 2006).

3.4. Variables

3.4.1. Variable independiente (X)

- Tipos de sustratos orgánicos.

3.4.2. Variable dependiente (Y)

- Germinación de semillas de sacha inchi.
- Crecimiento de plantones de sacha inchi a los 90 días.

Tabla 6. Operacionalización de las variables de estudio.

Variables	Definición	Dimensión	Indicador	Instrumento
Variable independiente (X): Tipos de sustratos orhganicos	El sustrato orgánico es el principal fertilizante natural que se utilizan en los viveros y cultivos agrícolas (Frade *et al*., 2011).	T1= 100 % de gallinaza descompuesta. T2= 100 % de vacaza descompuesta. T3= 100% de arena de río. T4= 100% de tierra arcillosa. T5= 100% de aserrín. T6= 50% de tierra arcillosa + 25% de arena de río + 25% de humus de lombriz.	Porcentaje	Observación directa
Variable dependiente (Y1): Germinación de semillas de sacha inchi.	La germinación se da inicio con el ingreso de agua en la semilla y culmina con el inicio de la elongación de la radícula (Pita y Pérez, 1998).	Germinación de semillas	Porcentaje (%)	Formato de evaluación

Variable dependiente (Y1): Crecimiento de plantones del sacha inchi.	El meristema le permite a los tallos y las raíces de la planta aumentar su longitud y diámetro (Pinedo, 2006).	Altura de planta	Centímetros (cm)	Regla graduada
		Diámetro del tallo	Milímetros (cm)	Vernier digital
		Longitud de raíz	Centímetros (cm)	

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Fue representada por 1176 semillas de sacha inchi procedente de la provincia de Lamas, Tarapoto.

3.5.2. Muestra

Se utilizó una muestra de 196 semillas de sacha inchi por cada tratamiento estudiado.

3.6. Diseño de la investigación

De acuerdo con Pinedo (2006), la disposición experimental correspondió a un diseño completo al azar (DCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, teniendo como total 24 unidades experimentales; cada repetición fue conformada con 6 bolsas. Y sus promedios fueron se sometió a la prueba de Tukey obteniéndose un nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

3.6.1. Modelo matemático

$$Yij = U + Ti + Eij$$

Donde:

Yij = j- esima observación en el i-esimo tratamiento en estudio.
U = media general.
Ti = i-esimo tratamiento en estudio.
Eij = error experimental.

3.6.2. Tratamientos

Descripción de los tratamientos empleados:

T1 = 100% de gallinaza descompuesta.
T2 = 100% de vacaza descompuesta.
T3 = 100% de arena de río.
T4 = 100% de tierra arcillosa.
T5 = 100% de aserrín.
T6 = 50% de tierra arcillosa + 25 % de arena de río + 25 % de humus de lombriz.

Tabla 7. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variabilidad	Grados libertad
Tratamiento	(t-1)= 5
Error experimental	t(r-1)= 18
Total	(tr-1)= 23

Fuente: Pinedo (2006).

3.6.3. Dimensiones de la parcela experimental

Área total del ensayo: 3 m x 12 m = 36 m^2.

Forma del ensayo: rectangular cada tratamiento con una dimensión de: 58 cm de largo y 58 cm de ancho.

Número de tratamientos: 6

Número de repeticiones: 4

Número total de unidades experimentales: 24

Distancia entre tratamientos: 0.30 m

Distancia entre bolsas con sustrato: 0.05 m

Bolsas por repetición: 49

Bolsas por tratamiento: 196

Bolsas totales del ensayo: 1176

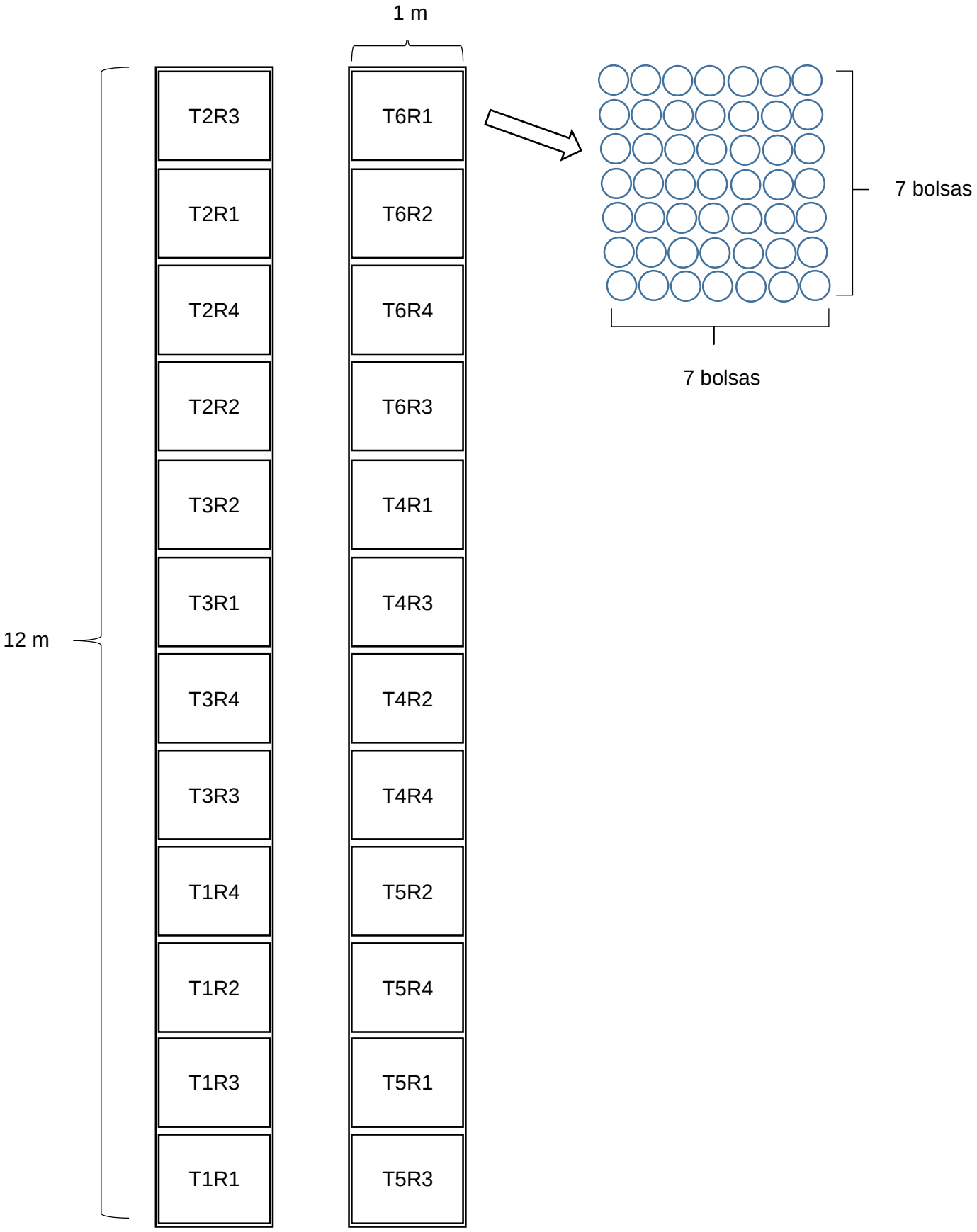


Figura 6. Distribucion de la unidades experimentales en el vivero de UNIA.

3.7. Recolección de los datos

3.7.1. Fuente de información

Se utilizó la fuente de información primaria, el cual fue obtenida de los diferentes sustratos orgánicos que contuvieron semillas de sacha inchi en el vivero de la UNIA.

3.7.2. Unidad experimental y unidad de medición

La unidad experimental fue una bolsa de sustrato con una semilla de sacha inchi sembrada.

La unidad de medida fue expresada en porcentaje de germinación (%), diámetro de tallo (mm), altura de planta (cm) y longitud de raíz (cm).

3.7.3. Tipo de muestreo

Se empleó un muestreo aleatorio simple por conveniencia, porque todas las muestras tuvieron la posibilidad de ser elegidos.

3.7.4. Técnicas para la recolección de los datos

Se utilizó la técnica de observación directa experimental, lo que permitió recoger los datos de porcentaje de germinación, diámetro de tallo, altura de planta y longitud de raíz del sacha inchi en vivero (ver Tablas 15, 16, 17 y 18 en el anexo).

3.8. Procesamiento de los datos

Los datos obtenidos del experimento fueron tabulados en una hoja de Excel 2016. Se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para verificar si los datos presentan una distribución normal y seguidamente el análisis de varianza ($p \leq 0.05$), esto con la finalidad de ver si existen algunas diferencias significativas entre los tratamientos. Luego se realizó la prueba de comparación de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), con lo que se pudo determinar el mejor tratamiento. Para el análisis estadístico, se usó el programa estadístico IBM SPSS Statistics 21.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Porcentaje de germinación de semillas de *Plukenetia volubilis*

Al realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos presentaron una distribución normal (ver Tabla 19 en el anexo). Asimismo, en la Tabla 8 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la variable porcentaje de germinación de semillas de *P. volubilis* (sacha inchi), encontrándose que hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 8. Análisis de varianza (ANVA) para el porcentaje de germinación de semilla de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	1088,435	5	217,687	38,400	,000
Error	102,041	18	5,669		
Total	1190,476	23			

Al respecto, en la Tabla 9 se muestra las medias del porcentaje de germinación de semillas de *P. volubilis* que se compararon mediante la prueba del rango múltiple de Tukey ($p\leq0.05$), encontrándose que el T5 (100% de aserrín) presentó mayor porcentaje de germinación con 97.95%, siendo estadísticamente superior a los otros tratamientos (ver Figura 7) y el coeficiente de variabilidad fue de 41.64 % (ver Tabla 9).

Tabla 9. Prueba estadística de Tukey ($p\leq 0.05$) para el porcentaje de germinación de semillas de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Tratamientos	Descripción de los sustratos	Porcentaje de germinación (%)	Días de germinación
T5	100% de aserrín.	97.95 a	10.75
T3	100% de arena de río.	95.91 a	9.25
T1	100% de gallinaza descompuesta.	88.77 b	7.75
T2	100% de vacaza descompuesta.	87.76 b	10.75
T6	50% de tierra arcillosa + 25% de arena de río + 25% de humus de lombriz.	90.30 b	9.75
T4	100% de tierra arcillosa	77.04 c	13.50
Promedio		**89.79**	**10.29**
CV (%)		**41.64**	**18.71**

Según Tukey ($p\leq0.05$) las letras minúsculas distintas indican las diferencias significativas.

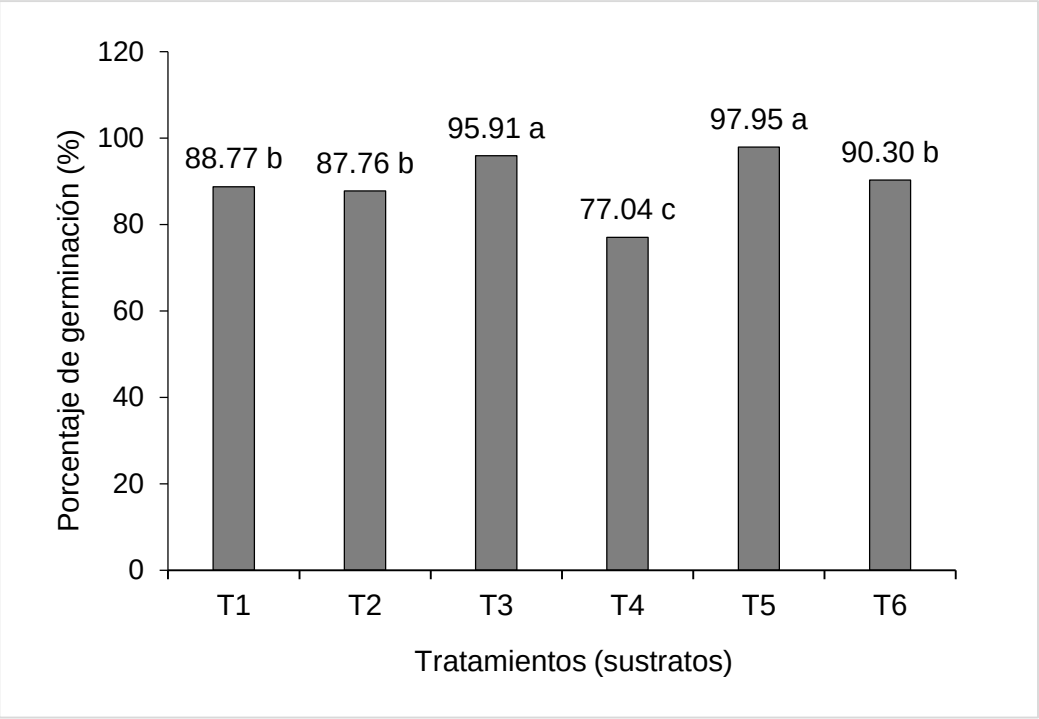


Figura 7. Porcentaje de germinación de semillas de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Tal como se observa en la Tabla 9, el mejor resultado en la germinación de sacha inchi se obtuvo con el sustrato de 100% de aserrín con un valor de 97.95% superando a los demás tratamientos, esto posiblemente se deba porque el aserrín presenta una porosidad superior al 80%, su capacidad de retener humedad es media y lo más importante es que su capacidad de aireación es adecuada (Pineda *et al.,* 2012; Maher *et al*., 2008), lo cual permitió el flujo necesario de agua y oxígeno en la germinación de semillas del sacha inchi. Además, se puede indicar que, en segundo lugar, quedó el sustrato de arena de río con 95.91%, cuyos valores son similares a los resultados obtenidos por Carbajal (2010) y Pinedo (2006) en sacha inchi para Pucallpa, con un 95% de germinación. Sin embargo, es conveniente utilizar un sustrato que permita la germinación de la semilla de sacha inchi a corto tiempo por lo que, el T1= 100% de gallinaza descompuesta se adecua a esta necesidad en el vivero, con un valor de casi 90% a los 7.75 días (ver Tabla 9) en comparación del aserrín (10.75 días) y arena de rio (9.25 días).

Por su parte, Arguello (2015) para la zona Quinindé, Ecuador, obtuvo valores de porcentaje de germinación en sacha inchi semejantes a lo obtenido en esta investigación, utilizando como sustratos, cáscara de sacha inchi + tierra común (97.50%) y aserrín de balsa + tierra de sembrado (83.75%). Mientras tanto, Villca (2012) para La Paz, Bolivia, encontró un mayor porcentaje de germinación en semillas sin escarificación utilizando un sustrato a base de tierra del lugar + arena + aserrín con un valor de 94.37%. De igual manera, La Rosa y Quijada (2013) en Lima, usando como sustrato musgo fino, obtuvieron porcentajes de germinación en sacha inchi de 70 % con testa y 95 % sin testa (escarificada).

Por otro lado, es importante indicar que el proceso de germinación de sacha inchi en esta investigación estuvo bajo las condiciones adecuadas de temperatura mínima de 22.84 °C y máxima de 31.30 °C requerida por la planta (ver Tabla 5), lo cual concuerda con los autores, Núñez *et al.* (2021), Silva *et al.* (2016) y Ávila (2015), quienes manifiestan que las almendras de sacha inchi germinan dentro del rango entre 25°C a 30°C, siendo la mínima 20°C y máxima 35°C y que al ser superado estas temperaturas los efectos del calor son letales para las semillas. Por ello, debe considerarse que la presencia de altas temperaturas al momento de la germinación puede adelantar tempranamente el proceso de brotamiento de los embriones sin que las condiciones de humedad del suelo sean propicias para su desarrollo óptimo, causando la muerte por estrés hídrico de las plántulas recién germinadas. Además, la presencia de lluvias y temperaturas intensas pueden traer problemas en la germinación de las semillas por la proliferación de microorganismos patógenos en el suelo que afectan la viabilidad para emerger y desarrollarse (Núñez *et al.*, 2021; Gentes, 2020).

4.2. Crecimiento de plantones de *Plukenetia volubilis*

A. Diámetro de tallo

Al realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos presentaron una distribución normal (ver Tabla 20 en el anexo). Asimismo, en la Tabla 10 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la variable diámetro de tallo de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi), encontrándose que no hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 10. Análisis de varianza (ANVA) para el diámetro de tallo de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	,000	5	,000	,009	1,000
Error	,018	138	,000		
Total	,018	143			

Para este caso, no fue necesario realizar la prueba del rango múltiple de Tukey ($p\leq0.05$), debido a que las evaluaciones mensuales registradas en la Tabla 16 del anexo, mostró que no hubo mucha diferencia en el diámetro de tallo de plantones de sacha inchi, siendo así el de mejor promedio el T1= 100% de gallinaza descompuesta, con 5.97 mm, tal como se observa en la Figura 8, donde las medias de los tratamientos estudiados presentan diámetros muy similares (ver Tabla 21 en el anexo).

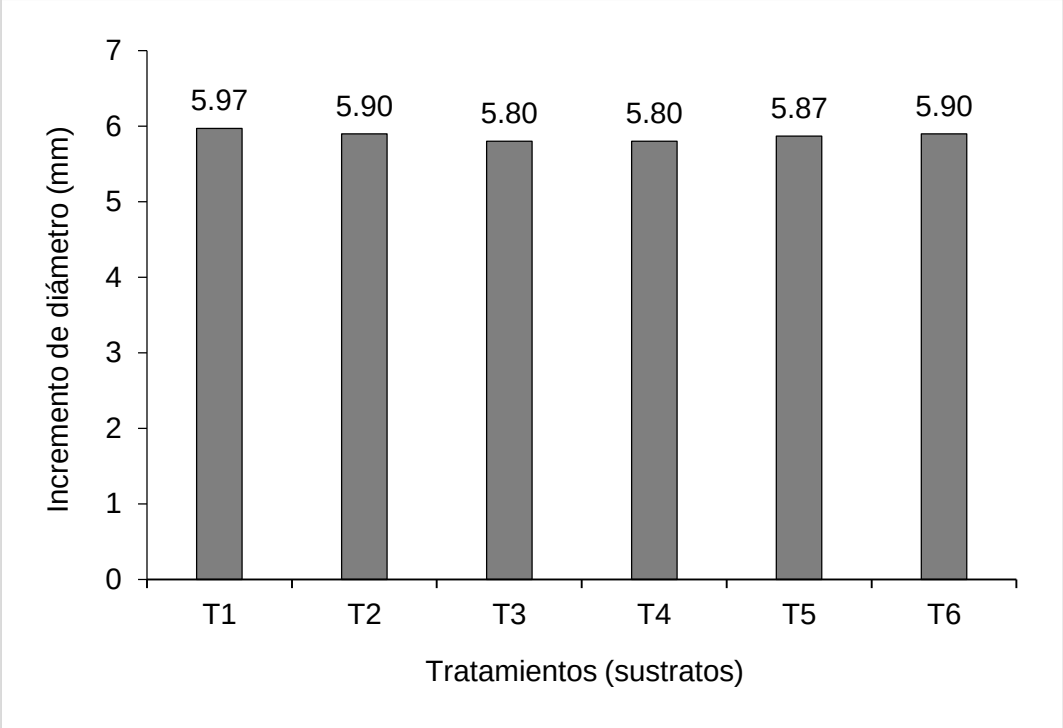


Figura 8. Diámetro de tallo de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Los resultados obtenidos del diámetro de tallo de plantones de sacha inchi no mostraron efecto significativo, ya que ninguno de los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas, esto a pesar que el T1 y T2 contienen abundantes nutrientes y minerales, lo que significa probablemente, que haya seguido su desarrollo normal la planta, tal como lo indica Pinedo (2006) y que a su vez algunos autores no recomiendan considerar el diámetro de tallo en este tipo de estudio ya que no presentan diferencias significativas en su crecimiento (Carbajal, 2010; Tello, 2008; Pinedo, 2006).

Por otra parte, los resultados de diámetro de tallo de 5.07 mm obtenidos a los 90 días en sancha inchi con el T1 (ver Figura 8) difiere al resultado obtenido por Arguello (2015) para la zona Quinindé, Ecuador, quien obtuvo a los 45 días un diámetro mayor de 21.8 mm, utilizando como sustrato cáscara de sacha inchi + tierra común. Por su parte, Villca (2012) para La Paz, Bolivia, usando un sustrato a base de la mezcla de tierra del lugar + arena + gallinaza, obtuvo un valor de 7 mm de diámetro a los 39 días.

B. Altura de planta

Al realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos presentaron una distribución normal (ver Tabla 22 en el anexo). Asimismo, en la Tabla 11 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la variable altura de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi), encontrándose que hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 11. Análisis de varianza (ANVA) para altura de la planta de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Factor de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	3564,228	5	712,846	1407,478	,000
Error	69,893	138	,506		
Total	3634,121	143			

En la Tabla 12 se muestra las medias de altura de plantones de *P. volubilis* que se compararon mediante la prueba del rango múltiple de Tukey ($p\leq0.05$), encontrándose que el T1= 100% de gallinaza descompuesta, generó mayor altura de plantones con 45.21 cm a los 90 días, siendo estadísticamente superior a los otros tratamientos (ver Figura 9) y el coeficiente de variabilidad fue de 15.18 % (ver Tabla 12).

Tabla 12. Prueba estadística de Tukey ($p\leq 0.05$) para altura de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

Tratamientos (sustratos)	Descripción	Altura de planta (cm)
T1	100 % de gallinaza descompuesta	45.21 a
T2	100% de vacaza descompuesta	39.36 b
T6	50 % de tierra arcillosa + 25 % de arena + 25% de humus de lombriz.	34.93 c
T3	100% de arena de río.	32.58 d
T5	100% de aserrín.	32.71 d
T4	100% de tierra arcillosa.	30.64 e
Promedio		**35.91**
CV (%)		**15.18**

Según Tukey ($p\leq0.05$) las letras minúsculas distintas indican diferencias significativas.

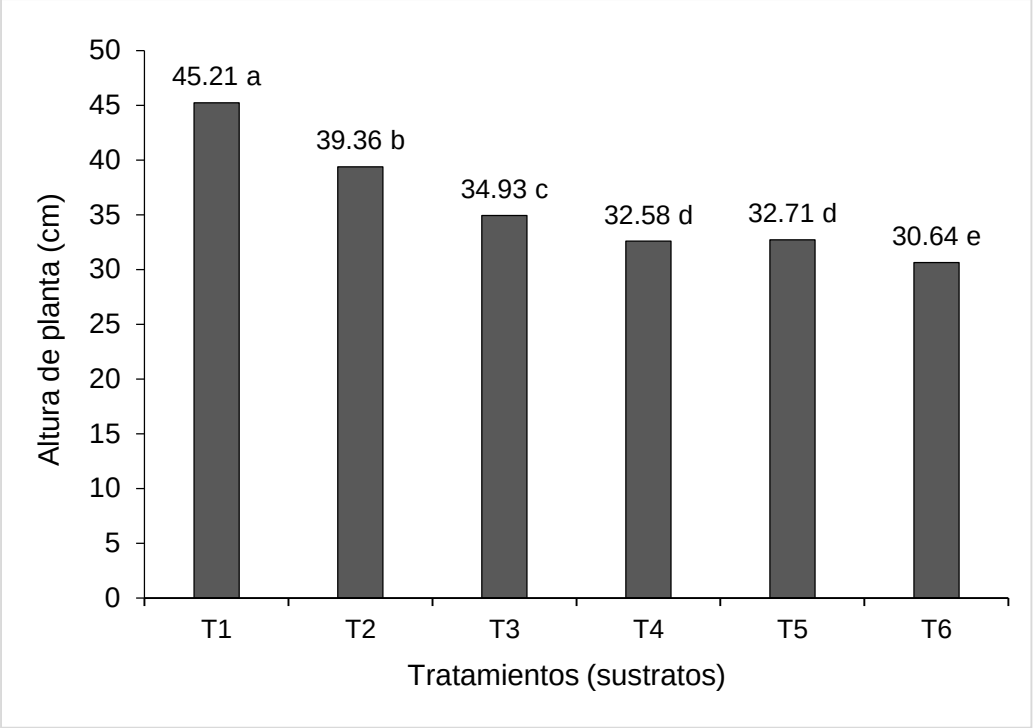


Figura 9. Altura de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustrato orgánico.

El mejor resultado en altura de plantones de sacha inchi se obtuvo con el T1= 100% de gallinaza descompuesta, con 45.21 cm (ver Figura 9) superando a los otros tratamientos, esto se debe a que se utilizó gallinaza descompuesta de aves de postura muy rica en nutrientes y que es muy utilizada en cultivos agrícolas porque ayuda a mejorar las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo, aumentando la porosidad y capacidad de retención de humedad (Rodríguez *et al*., 2010; Estrada, 2005; Hernández y Cruz, 1993), y además este sustrato se destaca por su alto contenido de N (3.7% de N) (Estrada, 2005; Murillo, 1999; Guerrero, 1993) en comparación con otros estiércoles como la vacaza que solo tiene 1.5 % de N (Iparraguirre, 2007; Guerrero, 1993), por esa razón fue que se obtuvo mejor resultado con el sustrato de gallinaza.

Por otro lado, Arguello (2015) para la zona Quinindé, Ecuador, obtuvo una altura de planta de sacha inchi a los 45 días en vivero un valor de 45.13 cm con sustrato de cáscara de sacha inchi + tierra común, lo cual difiere con el resultado de esta investigación donde se obtuvo 45.21 cm de altura recién a los 90 días en vivero usando como sustrato la gallinaza. Sin embargo, Villca (2012) para La Paz, Bolivia, no obtuvo diferencias significativas entre los sustratos utilizados para la variable altura de planta en sacha inchi, el cual todas respondieron iguales al usar como sustratos: tierra del lugar + arena, tierra del lugar + arena + aserrín y tierra del lugar + arena + gallinaza, lo cual es contrario al resultado de esta investigación que si presentó diferencias significativas.

Además, el resultado obtenido en plantones de sacha inchi con 22 cm de altura (ver Tabla 17 en el anexo) a los 30 días en vivero son superiores a los resultados encontrados por Carbajal (2010), quien obtuvo una altura de planta de sacha inchi de 13.15 cm empleando como sustrato, 80% de tierra aluvial + 20% de gallinaza + 4-10-10 NPK; seguido por los resultados de Pinedo (2006) con 13 cm de altura utilizando un sustrato a base de 30% de gallinaza descompuesta + 70% de suelo de restinga. Sin embargo, Tello (2008) obtuvo resultados similares a esta investigación con 18.17 cm de altura usando el sustrato (30% de tierra aluvial + 30% de arena de río + 40% de humus de lombriz.

C. Longitud de raíz

Al realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los datos presentaron una distribución normal (ver Tabla 23 en el anexo). Asimismo, en la Tabla 13 se muestra el análisis de varianza (ANVA) para la variable longitud de raíz de plantones de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi), encontrándose que hubo diferencias significativas ($p<0.05$) entre los tratamientos.

Tabla 13. Análisis de varianza (ANVA) para longitud de raíz de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	2040,049	5	408,010	599,595	,000
Error	93,906	138	,680		
Total	2133,954	143			

En la Tabla 14 se muestra las medias de longitud de raíz de plantones de *P. volubilis* que se compararon mediante la prueba del rango múltiple de Tukey ($p\leq0.05$), encontrándose que el T1= 100 % de gallinaza descompuesta, generó mayor longitud de raíz con 33.30 cm a los 90 días, siendo estadísticamente superior a los otros tratamientos (ver Figura 10) y el coeficiente de variabilidad fue de 15.04 % (ver Tabla 14).

Tabla 14. Prueba estadística de Tukey (p≤ 0.05) para longitud de raíz de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Tratamientos	Descripción de sustratos	Longitud de raíz (cm)	IR (%)
T1	100% de gallinaza descompuesta.	33.30 a	7.6
T2	100% de vacaza descompuesta	31.22 b	6.7
T3	100% de arena de río.	26.10 c	5.6
T6	50 % de tierra arcillosa + 25 % de arena + 25% de humus de lombriz.	26.65 c	5.3
T5	100% de aserrín.	25.01 d	5.6
T4	100% de tierra arcillosa.	22.15 e	5.9
Promedio		**27.41**	**6.12**
CV (%)		**15.04**	**14.23**

Según Tukey (p≤0.05) las letras minúsculas distintas indican diferencias significativas. Abreviatura: IR= Índice de robustez.

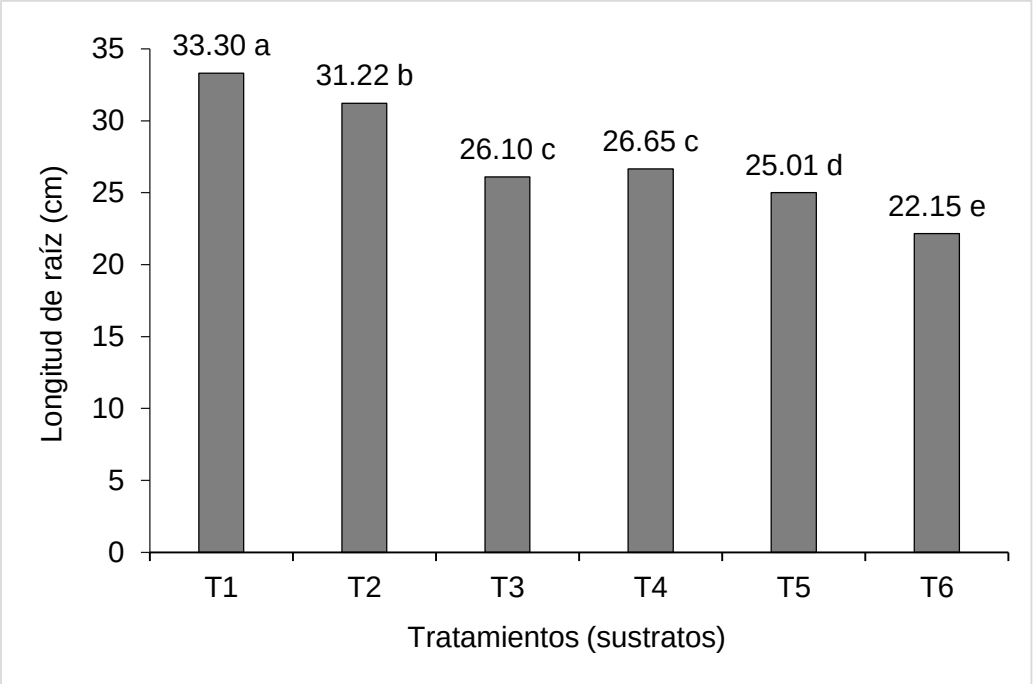


Figura 10. Longitud de raíz de plantones de *P. volubilis* L. (sacha inchi) bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

En tal sentido, el mejor resultado de longitud de raíz de plantones de sacha inchi se obtuvo con el sustrato de gallinaza descompuesta con 33.30 cm a los 90 días (ver Figura 10) superando a los demás tratamientos, esto se debe a que la gallinaza aumenta el incremento y desarrollo de las raíces de las plantas, y además por los nutrientes que se encuentran en su composición con valores altos (Estrada, 2005; Murillo, 1999;

Guerrero, 1993). Por su parte, Arguello (2015) para la zona Quinindé, Ecuador, encontró mejores resultados a los 45 días en vivero para su testigo (sin sustrato) con 41.65 cm de longitud de raíz, seguido por el sustrato de cascarilla de arroz + tierra de sembrado con una longitud de 30.78 cm, lo cual difiere con el resultado de esta investigación donde se obtuvo 33.30 cm de longitud de raíz a los 90 días en vivero usando como sustrato la gallinaza.

Por su parte, Villca (2012) para La Paz, Bolivia, refiere que la variable longitud de raíz de sacha inchi en su estudio no tuvieron diferencias significativas entre los sustratos utilizados, siendo los resultados entre ellos iguales al usar como sustratos: tierra del lugar + arena, tierra del lugar + arena + aserrín y tierra del lugar + arena + gallinaza, lo cual es contrario al resultado de esta investigación que si presentó diferencias significativas.

Por otro lado, es trascendental indicar que el proceso de crecimiento de sacha inchi en este estudio estuvo bajo las condiciones casi adecuadas de temperatura promedio con 27°C (ver Tabla 5), lo cual supera al rango reportado por Anteparra *et al*. (2013), donde mencionan que el período vegetativo de sacha inchi está influenciada en gran parte por el clima, ya que es una planta de la Amazonia y se desarrolla con gran facilidad en climas tropicales o subtropicales, con temperatura que van desde los 10°C hasta los 26°C.

Por esta razón, debe considerarse que el efecto negativo de altas temperaturas en el crecimiento de plantones de sacha inchi ocasiona un incremento en la transpiración, el cual genera un marchitamiento provocando que se cierren los estomas de las hojas durante el día, que da como resultado final la disminución de la fotosíntesis y además, también causa una reducción de reserva de carbohidratos esto debido al aumento de la intensidad respiratoria durante la noche y disminución del proceso fotosintético perjudicando de esta manera a la planta (Jaradat, 2016; Manco, 2006; Arévalo, 1996).

V. CONCLUSIONES

Se logró obtener una buena germinación de semillas de sacha inchi a los 7.75 días, y mayor crecimiento de plantones a los 90 días en vivero con el sustrato de 100% de gallinaza descompuesta.

Ningún sustrato orgánico tuvo efecto significativo sobre el diámetro de tallo de plantones de sacha inchi en vivero.

VI. RECOMENDACIONES

Usar el sustrato de 100% de gallinaza descompuesta para la germinación de semillas y crecimiento de plantones de sacha inchi en vivero.

No se debe considerar el estudio de la variable diámetro de tallo en este cultivo ya que no muestran diferencias significativas.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Abreu, M.F.; Abreu, C.A.; Bataglia, O.C. 2002. Uso da análise química na avaliação da qualidade de substratos e componentes. In: Encontro Nacional Sobre Substrato Para Plantas, Anais Campinas: Instituto Agronômico. (Documentos IAC, 70): 17-28.

Abad, M; Noguera, P; Carrió, C. 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In Urrestarazu, M (ed.). Barcelona. p. 113-158.

Arias, J.A. 1998. Suelos tropicales. Universidad Estatal Distancia. Edición San José, Costa Rica. 168 p.

Alvarado, MA; Solano, JA. 2002. Producción de sustratos para Viveros. CR. 50 p.

Anteparra, M.; Berrios, M.; Granados, L.; Díaz, W. 2013. Algunos insectos fitófagos asociados el cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* l.) en el distrito de Chinchao, Huánuco, Revista Investigación y Amazonia, 3(1): 1-7.

Arévalo, G. 1996. El Cultivo de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Amazonía. Instituto de Investigación Agraria, Proyecto Suelos Tropicales. Lima, Perú. 68 p.

Arévalo, G. 1995. Colección, caracterización y mantenimiento de germoplasma de oleaginosas nativas. In Tarapoto, Perú. INIA, Estación Experimental El Porvenir. Informe Anual. Tarapoto, Perú. 20 p.

Arguello, C.A. 2015. Diferentes tipos de sustrato en el comportamiento agrónomico de plantas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en vivero, en la zona Quinindé. Tesis de pregrado. Universidad Técnica estatal de Quevedo, Facultad de Agronomía, Ecuador. 101 p.

Ávila, C.A.; Matos O.A.; Lima, B.E.; Jovelina S.C.; Silva, R.H. Factores ambientales sobre la germinación de semillas, la supervivencia de las plántulas y el crecimiento inicial de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Revista Journal of Seed Science, 37(2), 111-116.

Alayon, A.; Echeverri, I. 2016. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo): ¿una experiencia ancestral desaprovechada? Evidencias clínicas asociadas a su consumo. Revista chilena de nutrición, 43(2): 167- 171.

Ayala, M.G 2016. Análisis de crecimiento y producción de 3 variedades de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), en el municipio de Tena Cundinamarca. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Facultad de Ingeniería. 59 p.

Ayola, T.; Makinde, E. 2007. Complementary Organic and inorganic fertilizer application: Influence on growth and yield of cassava/maize/melon Intercrop with a relayed cowpea.

Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 1(3): 187-192.

Barcelo, J.; Nicolás, G.; Sabater, B.; Sánchez, R. 2005. Fisiología Vegetal. Ediciones Pirámide. Madrid. España. 566 p.

Betancourth, L. C. 2013. Aprovechamiento de la torta residual de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* Linneo) mediante extracción por solventes de su aceite. Tesis de Maestría. Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas. Manizales, Colombia. 32 p.

Bewley, J.D.; Black, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445 p.

Bollo, E.T. 2001. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Soboc Grafic, Quito, Ecuador. 158 p.

Bollo, E. 1999. Lombricultura, una alternativa de reciclaje. Ediciones Mundiprensa, Barcelona, España. 150 p.

Brack, A. 2003. Perú: diez mil años de domesticación – plantas, árboles y animales. Asociación Editorial Bruño. Lima, Perú. 60 p.

Brack, A.; Bravo, F. 2005. Perú Legado Milenario. Editorial Universidad San Martín de Porres. Lima, Perú. 204 p.

Brack, A. 1999. Diccionario Enciclopédico de Plantas Medicinales Útiles del Perú. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo; Cuzco: Centro De Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas. 550 p.

Brako, L.; Zarucchi, J.L. 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 45: 1-1286.

Brechelt, A. 2004. Manejo Ecológico del Suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente. República Dominicana. 28 p.

Briones, M.M. 2014. Estudio de factibilidad para la industrialización de un aceite de alta calidad nutricional y medicinal extraído de sacha inchi. Tesis de pregrado. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Facultad de Especialidades empresariales, Guayaquil. 124 p.

Bussmann, R.; Paniagua, Z.N.; Téllez, C. 2013. *Plukenetia carolis-vegae* (Euphorbiaceae): a new useful species from Northern Peru. Econ. Bot. 67(4): 387-392.

Cadavid, J. 2002. Biblioteca del campo. Manual de la granja integrada autosuficiente Bogotá,

Colombia. 192 p.

Cachique, D.H.; Solsol, H.R.; García Sanchez, M.A.; Arévalo López, L.A.; Kodahl, N. 2018. Vegetative propagation of the underutilized oilseed crop sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Genetic Resources and Crop Evolution, 65(7): 2027-2036.

Cai, Z.Q. 2011. Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. Ind. Crops Prod. 34:1235-1237.

Cai, Z.Q.; Yang, Q.; Tang, S.X.; Dao, X.S. 2011. Nutritional evaluation in seeds of a woody oil crop, *Plukenetia volubilis* Linneo. Acta Nutr. Sin. 33:193-195.

Campos, L. 2012. Identificación y estudio de la biología de *Gymnandrosoma aurantianum* Costa Lima "perforador del fruto de sacha inchi" (*Plukenetia volubilis* L.) en Tingo María. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria de La Selva, Facultad de Agronomía. 105 p.

Carrillo, F.; Rucabado, A. 2021. Evaluación de la viabilidad de semillas de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L., conservadas a 4°C. Anales Científicos, 82(2), 303-311.

Cardoso, A.A.; Lopes, M.T.; Valente, M.S., Quisen, R.C.; Chaves, F.C. 2018. Seed morphometry, in vitro germination and vegetative propagation in sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Revista Brasileña de Ciencias Agrarias, 13(3): 1–7.

Carbajal, O.R. 2012. Efectos de la fertilización inorgánica NPK en el sustrato del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la etapa de vivero en Pucallpa. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 72 p.

Castillo, S.E.; Castillo, V.S.; Reyes, A.C. 2010. Estudio fitoquímico de *Pluckenetia volubilis* L. y su efecto antioxidante en la lipoperoxidación inducida por Fe3/ascorbato en hígado de *Rattus rattus* var. Albinus. UCV-Scientia, 2: 11-21.

CINSET. 1998. En paz con la naturaleza. Diagnóstico de la corporación para la investigación socioeconómica y tecnológica de Colombia. En: Revista Avicultores, 41: 24-27.

Chirinos, R.; Necochea, O.; Pedreschi, R.; Campos, D. 2016. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) shell: An alternative source of phenolic compounds and antioxidants. International Journal of Food Science y Technology, 51(4): 986-993.

Chilon, E. 1997. Manual de Fertilidad de Suelos y Nutrición de Plantas. Prácticas de campo, Invernadero y Laboratorio. Fertilización. Primera Edición. Ediciones C.I.D.A.T. La Paz, Bolivia. 34 p.

Coronado, R.N. 2018. Evaluación de características morfológicas y niveles de infección fúngica natural en la germinación de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) provenientes de diferentes regiones de Colombia. Tesis de pregrado. Universidad de Santander. Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agropecuarias. Bucaramanga. 105 p.

Dostert, N.; Roque, J.; Brokamp, G.; Cano, A.; La Torre, M.; Weigend, M. 2009. Datos botánicos de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L., ResearchGate, (12)1: 1-4.

Dos Santos, V.S.; Alves, R.M.; Melo, G.F.; Martins Filho, S. 2014. Uso de diferentes substratos na produção de mudas de cupuaçuzeiro. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia, 10(18): 2941-2953.

Estrada, P.M. 2005. Manejo y procesamiento de la gallinaza. Revista Lasallista de Investigación, 2(1): 43-48.

Frade Junior, E.F.; Araújo, J.A.; Silva, S.B.; Moreira, J.G.V.; Souza, L.P. 2011. Substratos de resíduos orgânicos para produção de mudas de Ingazeiro (*Inga edulis* Mart) no vale do Juruá - Acre. Enciclopédia Biosfera, Goiânia, 7(13) 959-969.

Fernández, C.; Cora, J. 2004. Bulk density and relationship air/water of horticultural substrate. Sci. Agric. 61 (4): 446-450.

Fernández F.M.; Aguilar P.M.; Carrique P.J.; Tortosa D.J.; García G.C.; López R.M.; Pérez, M.J. 2014. Suelo y Medio ambiente en invernaderos. 5ª ed. Sevilla: Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. 135 p.

Fonseca, E.P, Valéri, S.V.; Miglioranza, E.; Fonseca, N.A.N.; Couto, L. 2002. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, producidas sob diferentes períodos de sombreamento. Revista Árvore, 26(4): 515-523.

Fonseca, E.P. 1988. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em Win-strip. Dissertação (Mestrado em Ciencia Florestal), Universidade Federal de Viçosa, Brasil. 81 p.

García, M.C.; Taboada, G.O.; López, S.H.; López, P.A.; Mora, A.G.; Tlapal, B.B. 2011. Calidad de plántulas de chile 'poblano' en la Sierra Nevada de Puebla, México. Revista fitotecnia mexicana, 34(2): 115-121.

Garzón, G.; Montenegro, E.; López, F. 2005. Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de *Quercus humboldtii* (roble). Colombia Forestal, 9(18): 98-108.

Gentes, Z. 2020. Las semillas ofrecen un nivel de resistencia a los efectos nocivos del cambio climático en los ecosistemas de todo el mundo. Sociedad Ecológica de América, Mundo agropecuario. Sembrando el desarrollo. Recuperado (25 de setiembre de 2022) de https://mundoagropecuario.com/semillas-en-el-tibet-enfrentan-impactos-del-cambio-climatico/.

Guerrero, J. 1993. Abonos Orgánicos. Tecnología para el manejo Ecológico del suelo. RAAA. Lima, Perú. 90 p.

Guerrero, A. 1996. El Suelo, los abonos y la Fertilización de Cultivos. Ediciones Mundi-Prensa. Bilbao España. 206 p.

Gillespie, L.J. 1993. A synopsis of neotropical *Plukenetia* (Euphorbiaceae) including two new species. Syst. Bot. 18(4): 575–592.

Gillespie, L.J.; Armbruster, W.S. 1997. A Contribution to the Guianan Flora: Dalechampia, Haematostemon, Omphalea, Pera, Plukenetia and Tragia (Euphorbiaceae) with Notes on Subfamily Acalyphoideae. Washington: Smithsonian Institution Press. 48 p.

Gillespie, L.J. 1999. *Plukenetia* L. In: Steyermark, J.; Berry, P.E.; Yatskievych, K., Holst, K. (Eds.). Flora of the Venezuelan Guayana Project, Missouri Botanical Garden Press, 5: 207-211.

Gómez, A.L.; Ríos, T.S. 2009. Estudio de viabilidad económica del cultivo de *Plukenetia volubilis* Linneo, sacha inchi, en el departamento de San Martín. Iquitos, Perú. Avances Económicos Nº 3: 1-68.

Gorriti, A.; Arroyo, J.; Quispe, F.; Cisneros, B.; Condorhuamán, M.; Almora, Y.; Chumpitaz, V. 2010. Toxicidad oral a 60 días del aceite de sacha inchi (*Pluckenetia volubilis* L.) y linaza (*Linum usitatissimun* L.) y determinación de la dosis letal 50 en roedores. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 27: 352-360.

Gutiérrez, L.F.; Rosada, L.M.; Jiménez, A. 2011. Chemical composition of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and characteristics of their lipid fraction. Grasas y aceites 62(1):76-83.

Guillén, M.D.; Ruiz, A.; Cabo, N.; Chirinos, R.; Pascual, G. 2003. Characterization of sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil by FTIR spectroscopy and H NMR. Comparison with linseed oil. J. Am. Oil Chem. Soc.80(8): 755-762.

Herrera, W.; Hernández C.; Montealegre Y. 2010. Plantas oleaginosas del Caquetá, Amazonia colombiana. Revista Ingenierías y Amazonia 3(1):28-39.

Hernández, J.; Cruz, A. 1993. Boletín informativo sobre el uso de subproductos: Gallinaza. Ministerio de Agricultura y Ganadería. San José, Costa Rica. p. 5.

Higashikawa, F.; Silva, C.; Bettiol, W. 2010. Chemical and physical properties of organic residues. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 34(5): 1742-1752.

Huamán, J.; Chávez, K.; Castañeda, E.; Carranza, S.; Chávez, T.; Beltrán, Y.; Caffo, C.; Cadillo, R.; Cadenillas, J. 2008. Efecto de la *Plukenetia volubilis* Linneo (sacha inchi) en la trigliceridemia posprandial. Anales de la Facultad de Medicina, 69: 263-266.

Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana - IIAP. 2008. Estudio de Económica del cultivo de (*Plukenetia volubilis* Linneo), Sacha Inchi, en el departamento de San Martin. Primera Edición, Iquitos - Perú. 68 p.

Iparraguirre, R. 2007. Tipos de excretas y degradación aeróbica del estiércol en el compostaje. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 96 p.

Jaradat, A. 2016. Breeding Oilseed Crops for Sustainable Production: Opportunities and Constraints. Chapter 18- Breeding Oilseed Crops for Climate Change, 421-472. Edited by: Surinder Kumar Gupta.

Kameswara, R.; Hanson, J.; Dulloo, E.; Ghosh, K.; Nowell, D.; Larinde, M. 2007. Manual para el Manejo de Semillas en Bancos de Germoplasma N° 8. Bioversity International. Roma, Italia. 165 p.

Kämpf, A.N. 2000. Produção comercial de plantas ornamentais. Guaíba. Agropecuária. Brasil. 254 p.

Kelly, K.M.; Van Staden, J.; Bell, W.E. 1992. Seed coat structure and dormancy. Plant Growth Regulation, 11: 201–209.

Kerdiles, O.; Layé, S.; Calon, F. 2017. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and brain health: Preclinical evidence for the prevention of neurodegenerative diseases. Trends in Food Science y Technology, 69(Part B): 203–213.

Kodahl, N.; García, D.C.; Cachique, D., Sorensen, M.; Lütken, H. 2018. An in vitro seed germination protocol for Plukenetia volubilis L. ISHS Acta Horticulturae, 1201: 549–554.

Kodahl, N. 2020. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges. Planta, 251(4): 1-22.

La Rosa, R.; Quijada, J. 2013. Germinación del sacha inchi, *Plukenetia volubilis* L. (Mcbride, 1951) (Malpighiales, Euphorbiaceae) bajo cuatro diferentes condiciones. The Biologist, 11(1): 9-14.

Lin, X.J.: Wanga, F.; Cai, H.S.; Lin, R.B.; He, C.M.; Li, Q.H.; Li, Y. 2009. Effects of different organic fertilizers on soil microbial biomass and yield of peanut. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 17(2): 235-238.

López, M.J.; Díaz, E.A.; Martínez, R.E.; Ricardo, D.; Valdez, C.R. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. Terra, 19: 293-299.

Maher, M.; Prasad, M.; Raviv, M. 2008. Organic Soilless Media Components. In Soiless Culture: Theory and Practice. RAVIV, M.; LIETH J.H. (Eds.). Editorial Elsevier. United Stated of America, 459-504 p.

Maurer, N.E.; Hatta, S.B.; Pascual, C.G.; Rodriguez, S.L. 2012. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. Food Chemistry, 134(2): 1173-1180.

Maroto, J.V. 1990. Elementos de horticultura general. Madrid, Mundi Prensa. 533 p.

Manco, E. 2006. Cultivo de Sacha Inchi. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA). San Martín. 7 p.

Matilla, A. 2003. Ecofisiología de la germinación de semillas. En: La Ecofisiología Vegetal. Reigosa, M.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (Eds.). Thompson Editores Spain paraninfo S.A. 1º Ed. 2da. reimpresión. pp. 901-922.

Márquez, D.K.; Gonzales, R., Arévalo, L.; Solis, R. 2013. Respuesta de accesiones de sacha inchi *Plukenetia volubilis* L. a la infestación inducida del nematodo *Meloidogyne incognita* (Kofoit and White, 1919) Chitwood, 1949. Folia Amazónica 22(1-2):97103.

Martínez, P; Roca, D. 2011. Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. (en línea). Bogotá, CO. Consultado 24 set. 2022. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/237100771_Sustratos_para_el_cultivo_sin_suel o_Materiales_propiedades_y_manejo.

Merino, C.; Sotero, V.; Del Castillo, D.; Vásquez, G.; Cachique, D.; Vásquez, O.P. 2008. Caracterización química de nueve ecotipos de *Plukenetia volubilis* L. de los departamentos de Loreto y San Martin. Folia Amazónica, 17: 39-45.

MIDAGRI, 2021. Perfil Productivo Regional. Sistema de Integrado de Estadística Agraria. Disponible en línea: https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNDljNzdiOGYtYmYzZi00YjNhLTg0YWItNDA3OGY5YzkxNjg2IiwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9. Acceso 2022-09-15.

Miranda, Q.M.; Alvarado, C.G. 2020. Guía base para el establecimiento de viveros forestales. San José, Costa Rica. 30 p.

Morales, M.E.; y Casanova, L.F. 2015. Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. Agronomía Mesoamericana, 26(2): 365-372.

Murillo, T. 1999. Alternativa de uso para la gallinaza. XI Congreso Nacional Agronómico. San José de Costa Rica. Conferencia 94: 427-436.

North, M.O.; Bell, D.D. 1998. Manual de producción avícola. Editorial El manual moderno S.A. México, DF. p. 65-78.

Núñez, R.J.; Carvajal, R.J.; Ramírez, N.L. 2021. Influencia de las variaciones climáticas en la producción de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático, *7*(13): 1499-1517.

Ortiz, F.D.; Yambay, C.D. 2020. Evaluación de la germinación de semillas de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) y crecimiento inicial de las plántulas aplicando tratamientos pregerminativos. Universidad Estatal Amazónica, facultad de Ciencias de la Tierra. 64 p.

Ortega, M.L.; Sánchez, O.J.; Díaz, R.R.; Ocampo, M.J. 2010. Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Revista Ra Ximhai, 6(3): 365-372.

OIRSA. 2002. Producción de sustratos para viveros. Costa Rica: Vifinex. 50 p.

Park, J.; Lamb, D.; Paneerselvam, P.; Choppala, G.; Bolan, N.; Chung, J. 2011. Role of organic amendments on enhanced bioremediation of heavy metal (loid) contaminated soils. J. Hazardous Material, 185:549-574.

Plaster, E.J. 2000. La Ciencia del Suelo y su manejo. Editorial Paraninfo. España. 312 p.

Peña, S.; Lara, I.; Zárate, P.; Lolay, M.; Marín, P. 2008. Protocolo del cultivo de sacha inchi. Informe final del Subproyecto: “Adaptación y validación participativa de paquete tecnológico para la producción competitiva del sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en la Cuenca del Perené”. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED) Selva Central, Junín - Perú. 86 p.

Pereira, S.A.; Gohara, A.; Rodrigues, A.; Evelázio, S.N.; Visentainer, J.; Matsushita, M. 2013. Sacha inchi as pontencial source of essencial fatty acids and tocopherols: multivariate study of nut and shell. Acta Scientiarum. Technology, 35(4): 757-763.

Peacock, A.D.; Mullen, M.D.; Ringelbergc, D.B.; Tyler, D.D.; Hedrick, D.B.; Gale, P.; White, D.C. 2001. Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. Soil Biology and Biochemistry, 33: 1011-1019.

Peñuelas, R. 2008. Cultivo de plantas forestales en contenedor. 2da edición. Ediciones Mundiprensa. Mexico,190 p.

Pérez, B.S.; Bautista, V.M.; Hernández, S.A.; Enriquez, P.J. 2017. Evaluación del potencial de generación de estiércol como materia prima para la producción de biogás en la Zona Altamira, Tamaulipas. Revista de Sistemas Experimentales, 4(10): 34-40.

Pinedo, L.R. 2006. Evaluación de tres tipos de sustrato en la fase de vivero en el cultivo de sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 62 p.

Pineda, P.J.; Sánchez, C.F.; Armando, R.A.; Castillo, G.A.; Valdés, A.L.; Moreno, P.E. 2012. Aserrín de pino como sustrato hidropónico. i: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. Revista Chapingo Serie Horticultura 18(1): 95-111.

Pita, W.J.; Pérez, G.F. 1998. Germinación de la semilla. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Hojas divulgadoras 2090, Madrid, España. 20 p.

Pire, R; Pereira, A. 2003. Propiedades físicas de componentes de sustratos de uso común en la horticultura del estado Lara. Propuesta metodológica. Bioagro 15(1):55-63.

PeruBiodiverso. 2014. Sacha Inchi: El comercio sostenible del maní de la Amazonía del Perú. Folleto técnico. Lima, Perú. 2 p.

PeruBiodiverso. 2009. Manual de producción de sacha inchi para el Biocomercio y la Agroforestería sostenible. Lima, Perú. 52 p.

Reyes, M.J. 2013. Reacción asistida por microondas para la obtención de hidrocarburos a partir de aserrín de madera. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Químicas. 109 p.

Rodríguez, A.J.; Velandia M.J.; Viteri, R.S. 2010. Evaluación de Microorganismos Aislados de Gallinaza por su Potencial para el Biocontrol de *Fusarium oxysporum* en Plántulas de Uchuva (*Physalis peruviana*). Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín, 63(2):

5499-5509.

Rodríguez, A.; Corazon, G.M.; Cachique, D.; Mejía, K.; Del Castillo, D.; Renno, J.F.; García, D.C. 2010. Diferenciación morfológica y por ISSR (Inter simple sequence repeats) de especies del género *Plukenetia* (Euphorbiaceae) de la Amazonía Peruana: propuesta de una nueva especie. Rev. Peruana de Biología, 17(3): 325-330.

Ruiz, S.H.; Mesén, F. 2010. Efecto del ácido indolbutírico y tipo de estaquilla en el enraizamiento de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.). Agronomía Costarricense 34(2): 259-267.

Ruiz, C.; Piña, Z.; Túa, D. 2008. Fertilizantes orgánicos procedentes del municipio Federación, estado Falcón. INIA Divulga, 11: 27-30.

Sánchez, R.; Amiquero B. 2004. Manual de cultivo de sacha inchi. Agroservicios LIMAG. Lima. 46 p.

Sánchez, H.D.; Fortis, H.M.; Esparza Rivera, J.R.; Rodríguez, O.J.; De la Cruz, L.E.; Sánchez, C.E.; Preciado, R.P. 2016. Empleo de vermicompost en la producción de frutos de melón y su calidad nutraceútica. Interciencia, 41(3): 213-217.

Silva, P.N.; Costa, E.; Ferreira, A.F.; Silva, A.C.; Gomes, V.A. 2010. Enraizamento de estacas de aceroleira: efeitos de recipientes e substratos. Revista Agrarian 3(8): 126-132.

Silva, Z.G.; Vieira, A.B.; Boneti, E.J.; Melo, F.L.; Martins, C.C. 2016. Temperatura y sustrato en *Plukenetia volubilis* L. Germinación de semillas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 20(11): 1031-1035.

Sathe, S.K.; Kshirsagar, H.H.; Sharma, G.M. 2012. Solubilization, Fractionation, and electrophoretic characterization of inca peanut (*Plukenetia volubilis* L.) Proteins. Plant Foods for Human Nutrition, 67(3): 247-255.

Schuldt, M. 2006. Lombricultura: Teoría y Práctica. Editorial Mundiprensa. 308 p.

SENAMHI. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. 2018. Glosario de términos meteorológicos. Primera Edición. Lima, Perú. 31 p.

Sandoval, A.; Stuardo, A. 2000. Compost: una buena alternativa de sustrato. Notas del Centro Productor de Semillas de Árboles Forestales. CESAF-Chile No 13. (En linea) Disponible en www.uchile.ci/facultades/cs_forestales /publicaciones/cesaf/n13/htm/

Solis, R.; Pezo, M.; Diaz, G.; Arévalo, L.; Cachique, D. 2016. Vegetative propagation of *Plukenetia polyadenia* by cuttings: effects of leaf area and indole-3-butyric acid

concentration. Brazilian Journal of Biology, 77(1): 580–584.

Solis, R.; Pezo, M.; Diaz, G.; Arévalo, L.; Cachique, D. 2017. Vegetative propagation of *Plukenetia polyadenia* by cuttings: effects of leaf area and indole-3-butyric acid concentration. Braz. J. Biol. 77(3): 580-584.

Solis, R.; Cachique, D.; Guerrero, A.J.; Ruiz, M.E.; Tapia, L. 2018. In vitro propagation of sacha inchi through organogenesis. Pesq. Agrop. Bras. 53(11): 1285-1288.

Solis, R.; Gonzales, N.; Pezo, M.; Arévalo, L.; Vallejos, T.G. 2019. Rooting of sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) juvenile cuttings in microtunnels. Acta Agronómica, 68(11); 35-40.

Soto, M. G. 2003. Abonos orgánicos: definiciones y procesos. En: Abonos orgánicos: principios, aplicaciones e impactos en la agricultura. Ed Meléndez, G. San José, Costa Rica, pp. 20-49.

Tenenbaum, A.; Fisman, E. Z. 2018. Omega-3 polyunsaturated fatty acids supplementation in patients with diabetes and cardiovascular disease risk: Does dose really matter? Cardiovascular Diabetology, 17(1): 1–3.

Tito, H.P.; Bautista, F.E. 2009. Estrategias de comercialización del sacha inchi. Gestión en el Tercer Milenio, Rev. de Investigación de la Facultad de Ciencias Administrativas - UNMSM, 12(23): 1-13.

Tello, C.O. 2008. Evaluación de cuatros sustratos en el crecimiento y desarrollo del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) en vivero y su efecto en el rendimiento en Pucallpa. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 64 p.

Torres, M. 2012. Efectos del ablandamiento y escarificado en la germinación de semillas del sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Ecotipo pinto recodo en Pucallpa. Tesis de pregrado. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 70 p.

Turco, G.; Vidal, C.; Basconsuelo, S.; Malpassi, R. 2018. Biología: Crecimiento y desarrollo ¿son sinónimos en las plantas?. 1ra edición Río Cuarto. 38 p.

Vásquez, O. D. 2016. Aprovechamiento de subproductos de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Desarrollo de un producto alimenticio, empleando harina proveniente de torta residual en la extracción del aceite. Tesis de Maestría. Corporación Universitaria Lasallista. Facultad de Ingeniería. Caldas – Antioquia. 146 p.

Valente, M.S.; Lopes, M.T.; Chaves, F.C.; Pantoja, M.C.; Sousa, F.M.; Chagas, E.A. 2017. Molecular genetic diversity and mating system in sacha inchi progenies. Pesq. Agrop. Trop. 47(4): 480-487.

Villca, L.D. 2012. 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 pregrado. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Bolivia. 101 p.

Villanueva, R.; Sánchez, G.E.; Rodríguez, M.N.; Villanueva, N.E.; Ortiz, M.N.; Gutiérrez, E.J. 1998. Efecto de reguladores de crecimiento y tipo de sustrato en el enraizamiento de kalanchoe. Terra 16 (1): 33-41.

Watanabe, Y.; Tatsuno, I. 2017. Omega-3 polyunsaturated fatty acids for cardiovascular diseases: present, past and future. Expert Review of Clinical Pharmacology, 10(8): 865–873.

Wang, S.; Zhu, F.; Kakuda, Y. 2018. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. Food Chemistry, 265: 316–328.

Webster, G.; Huft, J. 1988. Revised synopsis of Panamanian Euphorbiaceae. Ann. Missouri Bot. Gard. 75(3): 1087-1144.

Zerbino, S.; Altier, N. 2008. La biodiversidad del suelo: su importancia para el funcionamiento de los ecosistemas. En: Suplemento tecnológico 2008. Montevideo: INIA. p. 23-25.

Zobel, B.; Talbert, J. 1988. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Editorial Limusa, México. 554 p.

VIII. ANEXOS

Tabla 15. Base de datos de germinación de semillas de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Repetición	Tratamientos (Sustratos)	N° semillas germinadas	N° semillas no germinadas	Total	% germinación	Días
1	Gallinaza	43	6	49	87.76	8
2	Gallinaza	42	7	49	85.71	7
3	Gallinaza	44	5	49	89.80	8
4	Gallinaza	45	4	49	91.84	8
Total		**174**	**22**	**Promedio**	**88.78**	**7.75**
1	Vacaza	42	7	49	85.71	11
2	Vacaza	41	8	49	83.67	11
3	Vacaza	45	4	49	91.84	10
4	Vacaza	44	5	49	89.80	11
Total		**172**	**24**	**Promedio**	**87.76**	**10.75**
1	Arena	46	3	49	93.88	9
2	Arena	48	1	49	97.96	9
3	Arena	47	2	49	95.92	9
4	Arena	47	2	49	95.92	10
Total		**188**	**8**	**Promedio**	**95.92**	**9.25**
1	Tierra arcillosa	37	12	49	75.51	13
2	Tierra arcillosa	38	11	49	77.55	14
3	Tierra arcillosa	37	12	49	75.51	14
4	Tierra arcillosa	39	10	49	79.59	13
Total		**151**	**45**	**Promedio**	**77.04**	**13.50**
1	Aserrín	49	0	49	100.00	11
2	Aserrín	48	1	49	97.96	10
3	Aserrín	48	1	49	97.96	11
4	Aserrín	47	2	49	95.92	11
Total		**192**	**4**	**Promedio**	**97.96**	**10.75**
1	TA + AR + HL	45	4	49	91.84	10
2	TA + AR + HL	45	4	49	91.84	9
3	TA + AR + HL	44	5	49	89.80	10
4	TA + AR + HL	43	6	49	87.76	10
Total		**177**	**19**	**Promedio**	**90.31**	**9.75**

Fuente: Elaboración propia. Abreviaturas: TA= tierra arcillosa, AR= arena de rio y HL= humus de lombriz.

Tabla 16. Base de datos de diámetro de tallo de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Repetición	Tratamientos (Sustratos)	Diamétro (mm)		
		30 días	60 días	90 días
1	Gallinaza	4.10	5.50	5.90
1	Gallinaza	4.20	5.40	6.10
1	Gallinaza	4.10	5.40	6.00
1	Gallinaza	4.00	5.40	5.90
1	Gallinaza	4.00	5.40	5.80
1	Gallinaza	4.20	5.50	6.10
Promedio		**4.10**	**5.43**	**5.97**
2	Gallinaza	4.10	5.50	6.00
2	Gallinaza	4.00	5.40	5.70
2	Gallinaza	4.10	5.40	6.00
2	Gallinaza	4.20	5.40	6.10
2	Gallinaza	4.10	5.40	6.10
2	Gallinaza	4.00	5.50	5.80
Promedio		**4.08**	**5.43**	**5.95**
3	Gallinaza	4.10	5.50	5.90
3	Gallinaza	4.00	5.40	5.70
3	Gallinaza	4.10	5.40	5.90
3	Gallinaza	4.20	5.40	6.20
3	Gallinaza	4.10	5.40	6.00
3	Gallinaza	4.20	5.50	6.00
Promedio		**4.12**	**5.43**	**5.95**
4	Gallinaza	4.10	5.40	5.80
4	Gallinaza	4.20	5.40	6.20
4	Gallinaza	4.10	5.40	5.90
4	Gallinaza	4.00	5.40	5.70
4	Gallinaza	4.20	5.40	5.80
4	Gallinaza	4.10	5.50	5.80
Promedio		**4.12**	**5.42**	**5.87**
1	Vacaza	4.10	5.40	5.90
1	Vacaza	4.00	5.30	5.90
1	Vacaza	4.10	5.40	6.00
1	Vacaza	4.00	5.30	5.90
1	Vacaza	4.10	5.40	5.90
1	Vacaza	4.10	5.50	6.00
Promedio		**4.07**	**5.38**	**5.93**
2	Vacaza	4.10	5.40	6.00
2	Vacaza	4.00	5.30	5.70
2	Vacaza	4.10	5.30	6.00
2	Vacaza	4.00	5.30	5.90
2	Vacaza	4.00	5.40	6.00
2	Vacaza	4.10	5.50	5.90

Promedio		**4.05**	**5.37**	**5.92**
3	Vacaza	4.10	5.40	5.90
3	Vacaza	4.00	5.30	5.70
3	Vacaza	4.00	5.30	5.80
3	Vacaza	4.00	5.30	6.00
3	Vacaza	4.00	5.40	5.90
3	Vacaza	4.10	5.30	5.90
Promedio		**4.03**	**5.33**	**5.87**
4	Vacaza	4.10	5.40	5.70
4	Vacaza	4.00	5.30	6.00
4	Vacaza	4.00	5.40	5.80
4	Vacaza	4.10	5.30	5.80
4	Vacaza	4.00	5.40	5.60
4	Vacaza	4.10	5.30	5.90
Promedio		**4.05**	**5.35**	**5.80**
1	Arena	4.00	5.30	5.80
1	Arena	3.90	5.20	5.80
1	Arena	3.90	5.30	5.80
1	Arena	3.90	5.20	5.80
1	Arena	3.90	5.30	5.70
1	Arena	4.00	5.20	5.90
Promedio		**3.93**	**5.25**	**5.80**
2	Arena	4.00	5.30	5.90
2	Arena	3.90	5.20	5.60
2	Arena	3.90	5.30	5.80
2	Arena	4.00	5.20	5.90
2	Arena	3.90	5.20	5.90
2	Arena	4.00	5.20	5.80
Promedio		**3.95**	**5.23**	**5.82**
3	Arena	4.00	5.20	5.80
3	Arena	3.90	5.30	5.60
3	Arena	3.90	5.30	5.70
3	Arena	4.00	5.30	6.00
3	Arena	3.90	5.20	5.80
3	Arena	3.90	5.30	5.70
Promedio		**3.93**	**5.27**	**5.77**
4	Arena	4.00	5.20	5.60
4	Arena	4.00	5.30	6.00
4	Arena	3.90	5.30	5.70
4	Arena	4.00	5.30	5.70
4	Arena	3.90	5.30	5.50
4	Arena	3.90	5.30	5.60
Promedio		**3.95**	**5.28**	**5.68**
1	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.80
1	Tierra arcillosa	3.90	5.20	5.80
1	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.90
1	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.90

1	Tierra arcillosa	3.90	5.30	5.70
1	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.90
Promedio		**3.97**	**5.27**	**5.83**
2	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.90
2	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.70
2	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.90
2	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.90
2	Tierra arcillosa	3.90	5.30	5.90
2	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.80
Promedio		**3.98**	**5.25**	**5.85**
3	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.80
3	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.60
3	Tierra arcillosa	3.90	5.30	5.70
3	Tierra arcillosa	4.00	5.20	6.00
3	Tierra arcillosa	3.90	5.30	5.80
3	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.80
Promedio		**3.97**	**5.25**	**5.78**
4	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.70
4	Tierra arcillosa	3.90	5.20	5.90
4	Tierra arcillosa	3.90	5.30	5.70
4	Tierra arcillosa	4.00	5.20	5.70
4	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.60
4	Tierra arcillosa	4.00	5.30	5.70
Promedio		**3.97**	**5.27**	**5.72**
1	Aserrín	4.10	5.50	5.90
1	Aserrín	4.00	5.40	5.90
1	Aserrín	4.10	5.30	6.00
1	Aserrín	4.00	5.40	5.90
1	Aserrín	4.00	5.40	5.80
1	Aserrín	4.00	5.40	5.90
Promedio		**4.03**	**5.40**	**5.90**
2	Aserrín	4.10	5.50	6.00
2	Aserrín	4.00	5.40	5.70
2	Aserrín	4.10	5.30	6.00
2	Aserrín	4.00	5.40	5.90
2	Aserrín	4.00	5.40	6.00
2	Aserrín	4.00	5.40	5.80
Promedio		**4.03**	**5.40**	**5.90**
3	Aserrín	4.10	5.40	5.90
3	Aserrín	4.00	5.30	5.70
3	Aserrín	4.10	5.30	5.90
3	Aserrín	4.00	5.40	6.00
3	Aserrín	4.00	5.40	5.90
3	Aserrín	4.00	5.40	5.80
Promedio		**4.03**	**5.37**	**5.87**
4	Aserrín	4.10	5.40	5.70
4	Aserrín	4.00	5.40	6.00

4	Aserrín	4.10	5.30	5.90
4	Aserrín	4.00	5.40	5.70
4	Aserrín	4.00	5.40	5.60
4	Aserrín	4.00	5.40	5.70
Promedio		**4.03**	**5.38**	**5.77**
1	TA+AR+HL	4.10	5.50	5.90
1	TA+AR+HL	4.00	5.50	5.90
1	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.00
1	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.00
1	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.90
1	TA+AR+HL	4.10	5.50	6.00
Promedio		**4.08**	**5.45**	**5.95**
2	TA+AR+HL	4.10	5.50	6.00
2	TA+AR+HL	4.00	5.50	5.70
2	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.00
2	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.00
2	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.10
2	TA+AR+HL	4.10	5.50	5.90
Promedio		**4.08**	**5.45**	**5.95**
3	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.90
3	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.80
3	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.90
3	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.10
3	TA+AR+HL	4.10	5.50	6.00
3	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.90
Promedio		**4.10**	**5.42**	**5.93**
4	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.90
4	TA+AR+HL	4.10	5.40	6.10
4	TA+AR+HL	4.10	5.50	5.90
4	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.80
4	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.70
4	TA+AR+HL	4.10	5.40	5.80
Promedio		**4.10**	**5.42**	**5.87**

Fuente: Elaboración propia. Abreviaturas: TA= tierra arcillosa, AR= arena de rio y HL= humus de lombriz.

Tabla 17. Base de datos de atura de planta de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Repetición	Tratamientos (Sustratos)	Altura de planta (cm)		
		30 días	60 días	90 días
1	Gallinaza	20.13	34.80	44.70
1	Gallinaza	21.80	33.13	45.10
1	Gallinaza	22.83	35.83	45.83
1	Gallinaza	20.13	35.83	45.83
1	Gallinaza	22.82	34.80	44.80
1	Gallinaza	22.83	34.80	44.80
Promedio		**21.76**	**34.87**	**45.18**
2	Gallinaza	20.13	35.82	45.83
2	Gallinaza	21.83	35.82	45.83
2	Gallinaza	22.93	35.82	44.30
2	Gallinaza	22.94	33.11	45.80
2	Gallinaza	21.83	33.13	45.80
2	Gallinaza	22.94	33.13	44.32
Promedio		**22.10**	**34.47**	**45.31**
3	Gallinaza	22.94	34.80	44.10
3	Gallinaza	22.90	33.13	44.10
3	Gallinaza	21.83	33.13	45.80
3	Gallinaza	22.94	34.80	45.80
3	Gallinaza	22.94	35.82	45.83
3	Gallinaza	21.82	35.80	44.80
Promedio		**22.56**	**34.58**	**45.07**
4	Gallinaza	21.80	35.82	44.80
4	Gallinaza	22.94	35.80	45.80
4	Gallinaza	22.94	33.13	45.83
4	Gallinaza	21.83	33.10	45.83
4	Gallinaza	21.83	34.70	44.80
4	Gallinaza	22.91	35.82	44.80
Promedio		**22.38**	**34.73**	**45.31**
1	Vacaza	19.33	34.82	39.80
1	Vacaza	19.05	32.82	38.90
1	Vacaza	18.68	32.13	39.83
1	Vacaza	18.06	33.10	38.83
1	Vacaza	18.50	34.70	38.90
1	Vacaza	18.09	32.82	39.90
Promedio		**18.62**	**33.40**	**39.36**
2	Vacaza	19.33	34.82	39.80
2	Vacaza	19.03	34.82	40.90
2	Vacaza	18.68	33.13	39.83
2	Vacaza	18.02	32.10	38.83
2	Vacaza	18.68	34.70	38.90
2	Vacaza	18.00	33.82	38.90

	Promedio	**18.62**	**33.90**	**39.53**
3	Vacaza	19.33	34.82	39.80
3	Vacaza	19.03	32.12	39.90
3	Vacaza	18.68	33.13	39.83
3	Vacaza	18.50	32.10	38.83
3	Vacaza	18.50	33.70	38.90
3	Vacaza	18.00	34.82	38.90
	Promedio	**18.67**	**33.45**	**39.36**
4	Vacaza	19.33	34.82	39.80
4	Vacaza	18.05	32.22	38.90
4	Vacaza	18.68	32.13	38.83
4	Vacaza	19.06	32.32	38.83
4	Vacaza	18.50	34.70	38.90
4	Vacaza	18.09	32.32	39.90
	Promedio	**18.62**	**33.09**	**39.19**
1	Arena	14.85	28.74	31.80
1	Arena	15.65	30.22	32.90
1	Arena	14.44	30.18	33.43
1	Arena	15.75	30.32	33.43
1	Arena	14.44	28.70	32.93
1	Arena	14.44	28.52	32.12
	Promedio	**14.93**	**29.45**	**32.77**
2	Arena	15.75	28.73	31.80
2	Arena	15.65	30.22	32.40
2	Arena	14.44	30.13	33.43
2	Arena	14.34	30.32	33.43
2	Arena	14.44	30.22	31.33
2	Arena	14.85	30.18	32.42
	Promedio	**14.91**	**29.97**	**32.47**
3	Arena	14.85	30.32	32.40
3	Arena	14.85	28.74	33.43
3	Arena	14.85	30.32	33.43
3	Arena	15.75	30.22	33.43
3	Arena	15.65	30.12	31.33
3	Arena	14.34	30.32	31.33
	Promedio	**15.05**	**30.01**	**32.56**
4	Arena	14.85	28.70	33.43
4	Arena	15.75	28.32	31.33
4	Arena	15.75	28.34	31.33
4	Arena	14.34	30.22	33.43
4	Arena	14.30	30.20	33.43
4	Arena	15.75	30.11	32.40
	Promedio	**15.12**	**29.32**	**32.56**
1	Tierra arcillosa	11.85	29.22	29.43
1	Tierra arcillosa	12.75	29.18	31.23
1	Tierra arcillosa	12.85	29.32	31.80
1	Tierra arcillosa	12.75	28.60	30.42
1	Tierra arcillosa	12.67	28.62	30.80

1	Tierra arcillosa	11.75	28.44	31.60
Promedio		**12.44**	**28.90**	**30.88**
2	Tierra arcillosa	12.85	29.22	31.43
2	Tierra arcillosa	12.75	29.18	30.23
2	Tierra arcillosa	11.75	29.12	30.30
2	Tierra arcillosa	12.75	28.65	30.42
2	Tierra arcillosa	12.85	28.62	30.60
2	Tierra arcillosa	11.85	28.44	30.62
Promedio		**12.47**	**28.87**	**30.60**
3	Tierra arcillosa	11.85	29.18	30.23
3	Tierra arcillosa	12.75	29.12	29.80
3	Tierra arcillosa	12.85	28.65	30.42
3	Tierra arcillosa	12.75	28.65	30.33
3	Tierra arcillosa	12.67	28.62	31.60
3	Tierra arcillosa	12.75	29.12	30.52
Promedio		**12.60**	**28.89**	**30.48**
4	Tierra arcillosa	12.67	29.12	30.42
4	Tierra arcillosa	11.75	28.65	30.33
4	Tierra arcillosa	12.65	28.60	30.60
4	Tierra arcillosa	11.85	28.62	30.62
4	Tierra arcillosa	12.67	28.40	31.43
4	Tierra arcillosa	11.75	29.18	30.23
Promedio		**12.22**	**28.76**	**30.61**
1	Aserrín	15.75	30.22	33.43
1	Aserrín	15.65	30.18	33.23
1	Aserrín	14.40	30.32	31.80
1	Aserrín	15.75	28.70	32.60
1	Aserrín	15.55	28.70	31.80
1	Aserrín	15.75	29.44	32.60
Promedio		**15.48**	**29.59**	**32.58**
2	Aserrín	15.75	30.22	31.80
2	Aserrín	14.44	30.22	32.60
2	Aserrín	15.75	30.18	33.43
2	Aserrín	14.40	30.32	33.23
2	Aserrín	15.45	28.70	32.63
2	Aserrín	15.54	30.22	31.82
Promedio		**15.22**	**29.98**	**32.59**
3	Aserrín	14.55	29.44	31.80
3	Aserrín	15.75	30.22	32.90
3	Aserrín	14.44	30.18	33.43
3	Aserrín	15.75	30.32	33.43
3	Aserrín	14.44	28.70	32.93
3	Aserrín	15.40	29.50	32.72
Promedio		**15.06**	**29.73**	**32.87**
4	Aserrín	14.55	29.44	32.60
4	Aserrín	15.75	30.22	33.43
4	Aserrín	14.46	30.18	33.43
4	Aserrín	15.44	30.22	31.80

4	Aserrín	14.50	30.18	32.90
4	Aserrín	15.47	30.18	32.72
Promedio		**15.03**	**30.07**	**32.81**
1	TA+AR+HL	17.33	31.82	35.01
1	TA+AR+HL	17.80	30.22	35.48
1	TA+AR+HL	17.80	30.13	35.20
1	TA+AR+HL	17.00	32.32	33.85
1	TA+AR+HL	17.32	31.30	34.27
1	TA+AR+HL	17.80	31.32	34.75
Promedio		**17.51**	**31.19**	**34.76**
2	TA+AR+HL	17.33	32.82	33.38
2	TA+AR+HL	17.05	30.22	35.21
2	TA+AR+HL	17.80	30.13	35.48
2	TA+AR+HL	17.00	32.32	35.83
2	TA+AR+HL	17.00	32.30	34.18
2	TA+AR+HL	17.80	31.32	34.08
Promedio		**17.33**	**31.52**	**34.69**
3	TA+AR+HL	17.43	31.82	34.68
3	TA+AR+HL	17.05	30.22	34.20
3	TA+AR+HL	17.60	30.13	36.59
3	TA+AR+HL	17.00	31.32	34.68
3	TA+AR+HL	17.60	32.30	36.09
3	TA+AR+HL	17.80	31.32	35.12
Promedio		**17.41**	**31.19**	**35.23**
4	TA+AR+HL	17.00	31.82	35.05
4	TA+AR+HL	17.05	31.22	34.73
4	TA+AR+HL	17.60	30.13	36.57
4	TA+AR+HL	17.00	31.32	33.36
4	TA+AR+HL	17.80	32.30	36.20
4	TA+AR+HL	17.00	32.32	34.45
Promedio		**17.24**	**31.52**	**35.06**

Fuente: Elaboración propia. Abreviaturas: TA= tierra arcillosa, AR= arena de rio y HL= humus de lombriz.

Tabla 18. Base de datos de longitud de raíz de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Repetición	Tratamientos (Sustratos)	Longitud de raíz (cm)		
		30 días	60 días	90 días
1	Gallinaza	18.50	24.00	34.30
1	Gallinaza	19.20	25.30	34.90
1	Gallinaza	18.30	25.10	33.24
1	Gallinaza	19.10	24.20	34.20
1	Gallinaza	18.50	24.30	32.46
1	Gallinaza	18.50	25.20	32.21
Promedio		**18.68**	**24.68**	**33.55**
2	Gallinaza	18.50	25.13	33.40
2	Gallinaza	18.20	25.30	32.10
2	Gallinaza	19.30	24.10	35.20
2	Gallinaza	19.20	24.20	33.30
2	Gallinaza	18.50	24.30	31.40
2	Gallinaza	19.23	24.20	33.81
Promedio		**18.82**	**24.54**	**33.20**
3	Gallinaza	19.50	25.13	35.40
3	Gallinaza	18.20	25.30	34.10
3	Gallinaza	18.30	25.10	32.20
3	Gallinaza	18.20	25.20	32.30
3	Gallinaza	19.50	24.30	33.63
3	Gallinaza	19.23	25.20	34.81
Promedio		**18.82**	**25.04**	**33.74**
4	Gallinaza	19.50	25.13	33.40
4	Gallinaza	19.20	25.30	32.10
4	Gallinaza	18.30	25.10	33.20
4	Gallinaza	18.10	25.20	30.95
4	Gallinaza	19.30	24.30	31.90
4	Gallinaza	19.23	25.20	34.81
Promedio		**18.94**	**25.04**	**32.73**
1	Vacaza	18.50	23.13	31.30
1	Vacaza	18.20	24.30	32.90
1	Vacaza	17.30	24.10	31.24
1	Vacaza	18.10	24.20	31.20
1	Vacaza	17.30	23.30	31.16
1	Vacaza	17.23	24.20	31.94
Promedio		**17.77**	**23.87**	**31.62**
2	Vacaza	18.50	23.13	31.40
2	Vacaza	18.20	23.30	32.10
2	Vacaza	17.30	24.10	30.20
2	Vacaza	17.10	23.20	29.20
2	Vacaza	18.30	24.30	29.20
2	Vacaza	18.23	24.20	31.81

	Promedio	**17.94**	**23.71**	**30.65**
3	Vacaza	17.20	23.23	30.10
3	Vacaza	17.20	24.30	32.10
3	Vacaza	18.30	24.10	32.20
3	Vacaza	17.16	23.22	30.26
3	Vacaza	18.32	24.30	31.95
3	Vacaza	17.25	23.25	30.83
	Promedio	**17.57**	**23.73**	**31.24**
4	Vacaza	18.30	23.23	31.20
4	Vacaza	18.23	24.30	32.13
4	Vacaza	18.30	24.10	32.20
4	Vacaza	17.16	23.20	31.01
4	Vacaza	18.32	24.30	30.92
4	Vacaza	17.25	24.20	30.83
	Promedio	**17.93**	**23.89**	**31.38**
1	Arena	15.50	19.00	26.40
1	Arena	14.20	20.30	25.10
1	Arena	15.30	20.10	26.20
1	Arena	15.10	19.20	26.30
1	Arena	16.50	19.30	26.00
1	Arena	15.70	20.20	26.20
	Promedio	**15.38**	**19.68**	**26.03**
2	Arena	16.50	19.00	26.40
2	Arena	15.20	20.30	25.10
2	Arena	15.30	20.10	26.20
2	Arena	16.10	19.20	26.60
2	Arena	15.50	19.30	25.00
2	Arena	15.70	20.20	26.20
	Promedio	**15.72**	**19.68**	**25.92**
3	Arena	16.50	20.00	26.40
3	Arena	15.20	19.30	25.10
3	Arena	15.30	20.10	25.20
3	Arena	16.10	20.20	26.30
3	Arena	16.50	19.30	27.13
3	Arena	15.70	20.10	26.20
	Promedio	**15.88**	**19.83**	**26.06**
4	Arena	16.10	19.20	26.30
4	Arena	15.30	20.10	27.20
4	Arena	16.10	19.20	26.30
4	Arena	16.50	20.12	26.40
4	Arena	15.20	19.30	26.10
4	Arena	15.20	19.30	26.10
	Promedio	**15.73**	**19.54**	**26.40**
1	Tierra roja	13.50	18.10	23.22
1	Tierra roja	13.20	19.30	22.10
1	Tierra roja	14.30	18.10	23.20
1	Tierra roja	14.10	18.20	23.30
1	Tierra roja	13.50	17.30	22.12

1	Tierra roja	15.70	18.20	23.20
Promedio		**14.05**	**18.20**	**22.86**
2	Tierra roja	13.20	19.10	21.22
2	Tierra roja	13.20	19.30	22.10
2	Tierra roja	14.15	18.10	22.20
2	Tierra roja	14.10	18.20	23.30
2	Tierra roja	13.50	19.30	22.12
2	Tierra roja	14.70	18.20	22.20
Promedio		**13.81**	**18.70**	**22.19**
3	Tierra roja	13.20	19.20	21.22
3	Tierra roja	13.30	18.30	22.20
3	Tierra roja	14.25	18.10	22.20
3	Tierra roja	14.10	18.15	21.25
3	Tierra roja	13.50	19.30	22.12
3	Tierra roja	14.20	18.20	22.20
Promedio		**13.76**	**18.54**	**21.87**
4	Tierra roja	13.20	19.20	21.22
4	Tierra roja	13.10	19.30	22.20
4	Tierra roja	14.25	18.10	21.20
4	Tierra roja	14.10	19.15	22.25
4	Tierra roja	14.50	18.30	21.12
4	Tierra roja	14.20	18.20	22.20
Promedio		**13.89**	**18.71**	**21.70**
1	Aserrín	16.51	18.00	26.42
1	Aserrín	16.50	20.30	26.10
1	Aserrín	17.30	20.10	25.20
1	Aserrín	16.10	19.20	24.30
1	Aserrín	17.50	19.30	24.00
1	Aserrín	16.70	19.20	25.20
Promedio		**16.77**	**19.35**	**25.20**
2	Aserrín	16.51	18.00	25.42
2	Aserrín	17.50	20.30	24.10
2	Aserrín	17.30	19.10	25.20
2	Aserrín	16.10	18.20	25.30
2	Aserrín	16.50	19.30	24.00
2	Aserrín	16.10	18.20	26.20
Promedio		**16.67**	**18.85**	**25.04**
3	Aserrín	16.51	18.00	24.42
3	Aserrín	17.50	20.30	25.22
3	Aserrín	17.30	18.10	25.20
3	Aserrín	16.10	18.20	25.30
3	Aserrín	17.20	18.10	25.00
3	Aserrín	16.10	18.20	24.20
Promedio		**16.79**	**18.48**	**24.89**
4	Aserrín	16.51	19.21	25.42
4	Aserrín	16.50	20.30	25.22
4	Aserrín	17.30	19.10	24.20
4	Aserrín	17.32	18.20	24.30

4	Aserrín	16.30	19.10	25.00
4	Aserrín	16.50	18.20	25.20
Promedio		**16.74**	**19.02**	**24.89**
1	TA+AR+HL	16.50	19.00	26.32
1	TA+AR+HL	16.40	19.30	26.10
1	TA+AR+HL	17.26	22.10	27.20
1	TA+AR+HL	16.10	19.20	27.20
1	TA+AR+HL	17.26	19.10	26.12
1	TA+AR+HL	16.50	19.20	26.20
Promedio		**16.67**	**19.65**	**26.52**
2	TA+AR+HL	16.50	19.00	27.40
2	TA+AR+HL	16.20	19.30	26.10
2	TA+AR+HL	16.30	22.10	26.20
2	TA+AR+HL	17.10	22.20	27.20
2	TA+AR+HL	17.20	22.30	26.12
2	TA+AR+HL	16.70	19.20	26.20
Promedio		**16.67**	**20.68**	**26.54**
3	TA+AR+HL	17.50	19.00	27.40
3	TA+AR+HL	17.20	19.30	26.10
3	TA+AR+HL	16.30	22.10	27.20
3	TA+AR+HL	17.10	19.20	27.20
3	TA+AR+HL	17.50	19.30	27.12
3	TA+AR+HL	16.70	19.20	26.20
Promedio		**17.05**	**19.68**	**26.87**
4	TA+AR+HL	17.50	19.00	27.40
4	TA+AR+HL	16.20	22.30	26.10
4	TA+AR+HL	16.30	22.10	27.20
4	TA+AR+HL	17.10	22.20	26.20
4	TA+AR+HL	16.50	19.30	27.12
4	TA+AR+HL	16.70	19.20	26.20
Promedio		**16.72**	**20.68**	**26.70**

Fuente: Elaboración propia. Abreviaturas: TA= tierra arcillosa, AR= arena de rio y HL= humus de lombriz.

Tabla 19. Prueba de normalidad para el porcentaje de germinación de la semilla de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T1	,993	4	,972
T2	,950	4	,714
T3	,945	4	,683
T4	,863	4	,272
T5	,945	4	,683
T6	,863	4	,272

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20. Prueba de normalidad para el diámetro del tallo de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T1	,938	24	,145
T2	,851	24	,062
T3	,945	24	,209
T4	,902	24	,064
T5	,872	24	,066
T6	,914	24	,072

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Estadística descriptiva del diámetro del tallo de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Diámetro (mm)	Tratamientos (sustratos)					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Media	5,933	5,879	5,767	5,796	5,858	5,925
Mediana	5,900	5,900	5,800	5,800	5,900	5,900
Varianza	,023	,013	,017	,012	,015	,012
Desv. típ	,1523	,1141	,1308	,1083	,1213	,1113

Mínimo	5,7	5,6	5,5	5,6	5,6	5,7
Máximo	6,2	6,0	6,0	6,0	6,0	6,1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Prueba de normalidad para altura de la planta de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T1	,931	24	,101
T2	,935	24	,127
T3	,923	24	,067
T4	,943	24	,191
T5	,962	24	,473
T6	,968	24	,606

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Prueba de normalidad para longitud de la raíz de sacha inchi bajo diferentes tipos de sustratos orgánicos.

Tratamientos	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T1	,922	24	,066
T2	,928	24	,086
T3	,938	24	,151
T4	,962	24	,480
T5	,974	24	,759
Testigo	,928	24	,089

a. Corrección de la significación de Lilliefors.

Fuente: Elaboración propia.

IX. ICONOGRAFÍA



Figura 11. Retirando los insumos orgánicos de los respectivos sacos.



Figura 12. Zarandeando los insumos orgánicos previamente al llenado de bolsas.



Figura 13. Mezclando tierra roja, arena y humus de lombriz para obtener el sustrato testigo.



Figura 14. Llenando las bolsas de vivero con los diferentes sustratos estudiados.



Figura 15. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de 100% de arena de río.



Figura 16. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de 100% de tierra arcillosa.



Figura 17. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de 100% de gallinaza.



Figura 18. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato de 100% de vacaza.



Figura 19. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato 100% de aserrín.



Figura 20. Semillas de sacha inchi germinadas en el sustrato del testigo.



Figura 21. Midiendo la altura y diámetro del tallo de sacha inchi en los diferentes sustratos.



Figura 22. Midiendo la longitud de raíz del sacha inchi en los diferentes sustratos.



Figura 23. Plantones de sacha inchi de un mes de edad obtenidos en vivero.



Figura 24. Plantones de sacha inchi de dos meses de edad obtenidos en vivero.

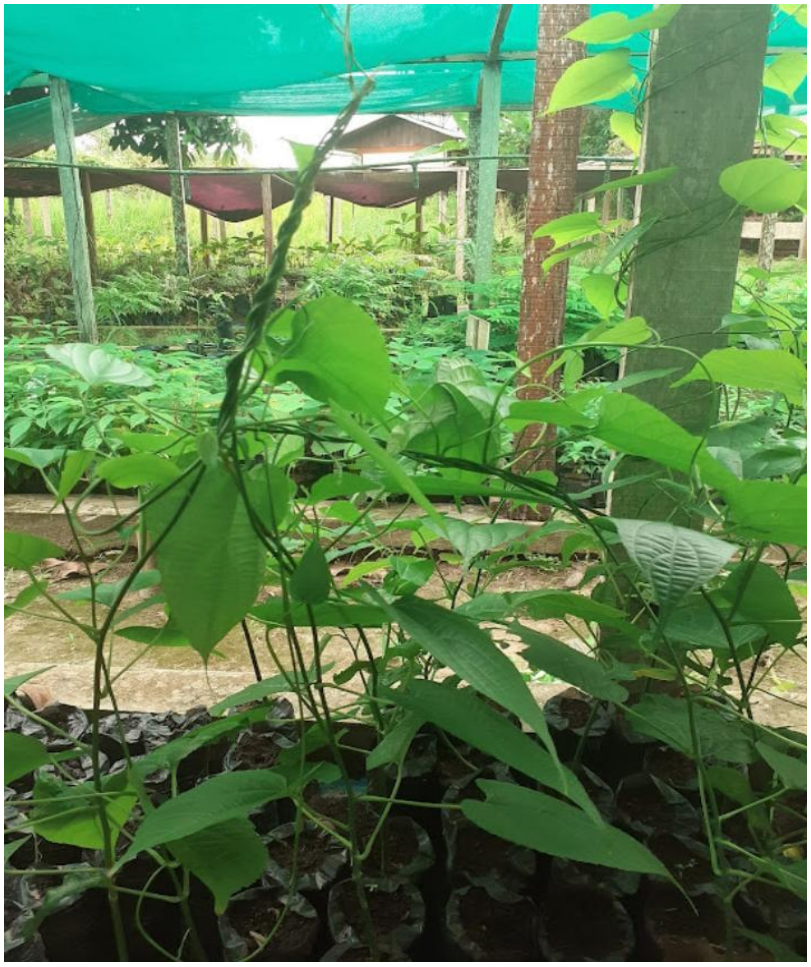


Figura 25. Plantones de sacha inchi de tres meses de edad obtenidos en vivero.